

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Stabilizace zeminových svahů násypů a zářezů dopravních komunikací roštovou strukturou ze
zeminových svorníků (hřebíků)

A Soil Nail Matting of the Soil at the Slopes of Road Embankments and Cuts

Student:

Alžběta Šimáčková

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Zadání bakalářské práce

Student: **Alžběta Šimáčková**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3647R017 Geotechnika
Téma: Stabilizace zeminových svahů násypů a zářezů dopravních komunikací roštovou strukturou ze zeminových svorníků (hřebíků)
A Soil Nail Matting of the Soil at the Slopes of Road Embankments and Cuts

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Současný stav stabilizace svahů násypů a zářezů v zeminách na dopravních komunikacích
3. Princip roštové struktury a její stabilizační funkce
4. Návrh obecného řešení dvou jednoduchých modelových příkladů, jeden pro zářez, druhý pro násyp.
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Hulla, Jozef; Turček, Peter. *Zakladanie stavieb*. Bratislava : Jaga group, 1998. ISBN 978-80-88905-05-2.
Sawicki, Andrzej. *Mechanics of Reinforced Soil*. Rotterdam : A.A.Balkema, 2000. ISBN 90 5809330 1.
Bakker, Jan, Klass. *Soil Retaining Structures*. Rotterdam : A.A.Balkema, 2000. ISBN 90 5809321 2.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 06.05.2013

doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Darja Kubečková, Ph.D.
děkanka fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci, včetně příloh, vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

Anotace

Práce se zabývá problematikou stabilizace zeminového prostředí - zeminových svahů zářezů a násypů s využitím zeminových hřebíků. Práce mapuje současný stav v této problematice.

Téma vyztužování zeminových svahů hřebíkovými systémy uvádí metodu vyztužování svahů roštovými strukturami ze zeminových hřebíků. Práce uvádí jednoduché alternativy aplikace roštových struktur při řešení stability svahu.

Klíčová slova

Zeminový hřebík

Stabilizace zeminových svahů

Roštová struktura

Annotation

This paper is focused on the stabilization of slopes of the soil embankments and the cuttings in the soil using soil nails. This paper displays the state of art in the soil slope nailing.

It presents an approach of soil slope nailing system that utilises a mat structure to reinforce soil. Finally there are on display some simple examples of mat application at slope structures.

Key notes

Soil nail

Stabilization soil slope

Mat structure

Obsah bakalářské práce

Seznam použitého značení	1
1 Úvod.....	2
2 Současný stav stabilizace svahů násypů a zářezů v zeminách na dopravních komunikacích	3
2.1 Zemina	3
2.2 Hřebíky	3
2.3 Injektáž	4
2.4 Lícové opevnění.....	4
2.5 Technologické postupy prací	4
2.6 Výkop zeminy.....	6
2.7 Hloubení vrtů pro hřebíky	6
2.8 Odvodnění hřebíkové konstrukce	6
2.9 Zkoušky	7
2.10 Klimatické omezení	8
2.11 Příklad použití hřebíkování.....	8
3 Princip roštové struktury a její stabilizační funkce.....	11
4 Návrh řešení stabilizace zářezu soustavou roštů.....	16
4.1 Návrh technologie provedení roštu a roštové soustavy	21
5 Závěr	22
6 Seznam obrázků.....	23
7 Seznam použité literatury	24

Seznam použitého značení

D - minimální průměr vrtu [mm]

F - výsledná síla [N]

G - tíha [N]

H - celková výška svahu [m]

N - newton

Pa - pascal

Sa - zemní tlak [Pa]

d - vnější průměr hřebíku [mm]

l - délka vrtu [m]

m - metr

min. - minimální

θ - teta [°]

1 Úvod

Hřebíkování slouží k zajištění stability násypu nebo zářezu svahu technickým způsobem. V zářezu se při hřebíkování postupně odkopává svah. Hřebíkováný svah se skládá z tahových prvků, zpravidla ocelových, zvané hřebíky, v některých případech jsou tyto hřebíky zality cementovou zálivkou. Poté se líc svahu zajistí stříkaným betonem s výztužnou sítí proti vypadávání zeminy. Dále se práce bude zabývat průměrem a hloubkou vrtů, postupy výstavby konstrukce i druhy instalace hřebíků.

Máme dva druhy instalace hřebíků: zarážení nebo vrtání s injektáží. Vrty pro hřebíky se realizují pod nejběžnějším sklonem 5° - 10° od vodorovné roviny, aby se vrt mohl vyplnit zálivkou.

Hřebíkování se vyvinulo z rakouské metody, která byla používána na podzemní hloubení ve skále. První hřebíkování bylo použito v roce 1972 ve Francii na budování železniční trati, byl zde stabilizován 18 metrový svah z písčité půdy. Hřebíkování se osvědčilo jak z hlediska časového, tak i z finančního.

Potřebné informace k hřebíkování musí být opatřeny před zahájením prací, jako např. geotechnický průzkum, vlastnosti zeminového masivu či postup výstavby. Hřebíkováná konstrukce se skládá ze základních postupů: přípravné práce, hloubení s úpravou líce, instalace hřebíků, odvodnění a lícové opevnění.



Obr. 1 - Hřebíkování

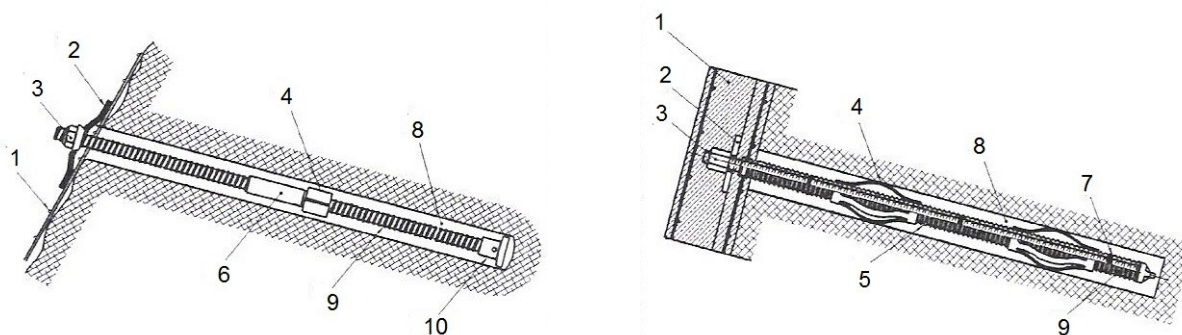
2 Současný stav stabilizace svahů násypů a zářezů v zeminách na dopravních komunikacích

2.1 Zemina

Aby mohl být vybudován svah, musí se skládat z vhodné zeminy. Instalovat hřebíky není vhodné do zeminy se zrnitostí větší než 2 mm (šterky a balvany). Geotechnický průzkum nám stanoví kvalitu zemního masivu, délky odvodňovacích vrtů, nebo i podmínky pro vrtání.

2.2 Hřebíky

Na hřebíkování svahu se používají ocelové prvky, většinou dráty, trubky nebo tyče, ale mohou být použity i lamináty či uhlíková vlákna, která musí být uvedena v dokumentaci stavby. Nejčastěji se používá betonářská ocel nebo svorníkové tyče. Ocelové plné tyče mají v průměru nejméně 8 mm, ocelové trubky mají tloušťku stěny nejméně 2 mm. Pokud je hřebíkování prováděné záražením, což znamená, že hřebík je v bezprostředním kontaktu se zeminou a musí se zajistit odolnost proti korozi.



Obr. 2 - Hřebíky záražené a vrtané s injektáží

Legenda

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1 - lícové opevnění | 6 - spojka |
| 2 - podložka | 7 - vnitřní rozpěrka |
| 3 - upevňovací matice | 8 - zainjektované mezikruží |
| 4 - vnější rozpěrka | 9 - výztužný prvek |
| 5 - pouzdro (protikoroziní ochrana) | 10 - vrtná korunka |

2.3 Injektáž

Při injektování musíme brát v úvahu životnost hřebíku, agresivitu prostředí a propustnost zeminy. Pevnost v tahu injektážní směsi musí být před zatížením hřebíku min. 5 MPa, po 28 dnech musí být pevnost 25 MPa.

2.4 Lícové opevnění

Z lícového opevnění se přenáší napětí na hřebík, nejběžnější typy jsou betonové bloky, panely nebo stříkaný beton. Pro dočasné konstrukce je tloušťka stříkaného betonu 100 mm, pro trvalé konstrukce je to 150 mm. Stříkaný beton je nanášen v jedné či více vrstvách.

Dělení lícového opevnění dle tuhosti:

měkké - tvořeno z ocelové sítě, geosyntetické sítě nebo mříže, případně vegetačním pokryvem, protože má pouze protierozní funkci,

pružné - tvořeno z ocelové mříže s dostatečnou tuhostí, přenáší osově i smykové síly,

tvrdé - tvořeno ze stříkaného betonu bez ocelové sítě, ze stříkaného betonu vyztužený ocelovou sítí nebo je na místě vytvořena betonová stěna nebo stěna z betonových prefabrikátů. [1]

2.5 Technologické postupy prací

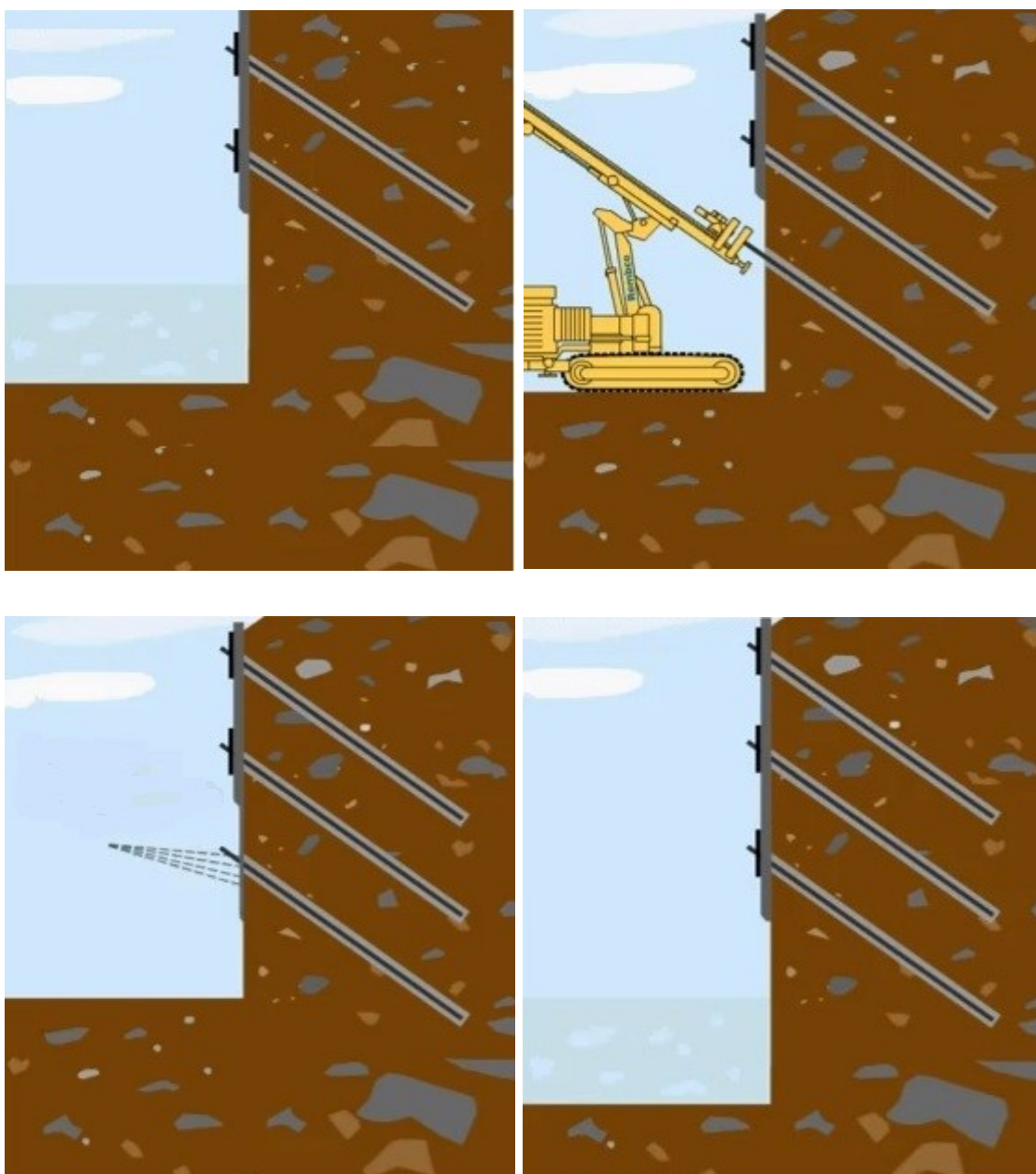
Zásady

Hřebíkování zářezu se stříkaným betonem tzv. tvrdé lícové opevnění, se vytváří opakováním těchto kroků:

- a) odkopem 1 až 2 m zeminy na výšku,
- b) vyhloubením vrtů,
- c) zalitím vrtů cementovou zálivkou,
- d) osazením hřebíků do vrtu,
- e) vytvořením vrstvy ze stříkaného betonu.

Je povoleno zaměnit bod c) a d). Pokud je způsob instalace hřebíků zarážením, odpadá bod b) a c). Jestliže máme nesoudržnou zeminu, můžeme vytvořit vrstvu ze stříkaného betonu hned po bodu a).

U pružného nebo měkkého opevnění se úprava povrchu provádí až po zajištění svahu všemi hřebíky.



Obr. 3 - Postup výkopu a instalace

1 - odkop

2 - instalace hřebíku

3 - vyztužení stříkaným betonem

4 - odkop

2.6 Výkop zeminy

U svahu s tvrdým lícovým opevněním není povoleno nechat odkopanou zeminu bez zpevnění, body a) až e) musí být splněny v jeden den. Instalace hřebíku do zeminy musí být provedena v co nejkratší době, aby se zamezilo riziku vypadávání zeminy.

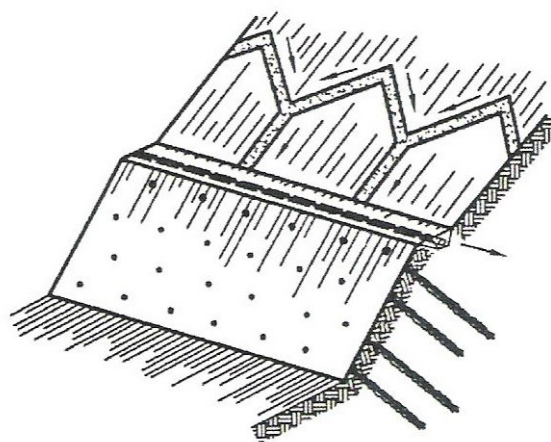
2.7 Hloubení vrtů pro hřebíky

Vrty se provádí pod nejčastějším sklonem 10° od vodorovné roviny. Vrty vyplachujeme vzduchem, nedoporučuje se voda z důvodu změny konzistence v soudržných zeminách, tím by se totiž změnila i únosnost hřebíků. Minimální průměr vrtu musí být $D = d + 40$ mm, kde d je vnější průměr hřebíku, a na každou stranu musíme připočíst 20 mm cementové zálivky, která nám zajišťuje ochranu proti korozi. Délka vrtu v horní části svahu je minimálně $0,6 H$, kde H je celkové výška svahu, pokud dokumentace nestanovuje jinak, v patě svahu může být délka vrtu menší. Délka hřebíku musí být navržena tak, aby byla zajištěna potřebná stabilita, pokud se v horninovém masivu objevují oslabené plochy. Délka hřebíku je delší minimálně o 50 mm, aby se mohl napojit na lícové opevnění.

2.8 Odvodnění hřebíkované konstrukce

Povrchové odvodnění

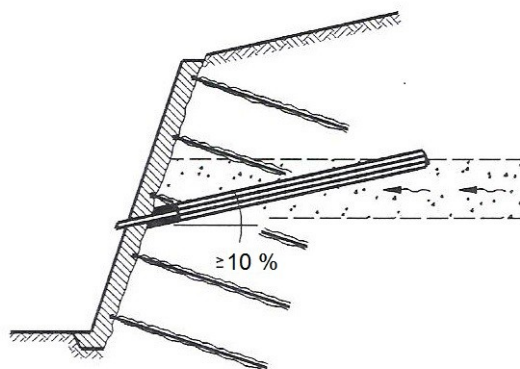
Povrchové odvodnění zachytí a odvede vodu, která teče na povrchu formou příkopu se zpevněným dnem. Musí být zde zajištěn spád, aby voda odtékala do sběrného místa.



Obr. 4 - Povrchové odvodnění

Hlubkové odvodnění zemního masivu

Voda je odváděna k povrchu svahu, a tím se snižuje tlak, který působí na hřebíkovanou konstrukci. Vrtý pro odvodnění jsou ukloněny o 10° od vodorovné roviny směrem nahoru, mají průměr minimálně 40 mm, ale většinou dosahují průměru kolem 100 mm. Délka vrtu je větší, jak délka hřebíku, a má v sobě, podle druhu zeminy, filtr.



Obr. 5 - Hlubkové odvodnění

2.9 Zkoušky

Únosnost hřebíku se zjišťuje tahovou zkouškou simulovanou ve skutečných podmínkách. Hřebík je zatěžován tahovou silou až do meze porušení.

Přípustné odchylky při instalaci

Směrová a výšková odchylka osy hřebíku v místě zavrtání: ± 100 mm

Hloubka vrtu: $\pm 1/30$ délky vrtu

Sklon vrtu: $\pm 5^\circ$

Délka hřebíku: ± 50 mm

V blízkosti podzemních sítí může dokumentace požadovat přísnější tolerance.

[1]

2.10 Klimatické omezení

Těžbu zeminy, vrtání a osazování hřebíků lze provádět při teplotách pod 0 °C. Teplotu nad 5°C musíme udržet při vyplnění vrtů cementovou zálivkou a při úpravě svahu stříkaným betonem, pokud teplota klesne pod 5 °C, musíme pracoviště zateplit, přidat směsi nebo zastavit práci. Pokud svah upravujeme pomocí prefabrikátů, ocelových mříží nebo sítí, tak na teplotě nezáleží.

2.11 Příklad použití hřebíkování

V České republice bylo hřebíkování použito na mnoha stavbách. Zde si představíme stavbu silničního okruhu kolem Prahy část Lahovice - Slivenec.

Stavební jáma byla vyztužena hřebíkováním, výztužnou sítí a vrstvou stříkaného betonu. Hřebíky zde byly použity z betonářské žebírkové oceli R 10505 o průměru 25 mm, délky 5 m a rozmístěny v rastru 1,5 x 1,5 m. Hřebíky byly usazovány do předem vyvrtaného vrtu zaplněného jílocementovou zálivkou, aby byl hřebík pevně upnut. Požadovaná únosnost jednoho hřebíku byla 150 kN. Stříkaný beton byl použit C 16/20 v tloušťce 200 mm. Jedna vrstva stříkaného betonu musí mít maximální tloušťku 50 - 100 mm, proto se beton nanášel ve více vrstvách. Výztužná síť zde byla použita 8 x 8 / 150 x 150 mm z oceli R 10505.

Hloubení jámy bylo rozděleno do části po 1,5 m hloubky. Vždy po odkopání se musela jáma zajistit hřebíky, výztužnou sítí a stříkaným betonem, aby se mohlo dál pokračovat. Bez zajištění mohl být svah maximálně 12 hodin.

Jáma musela být odvodněna podélnými žlaby o velikosti 0,5 x 0,25 m z nevyztuženého stříkaného betonu a příčnými žlaby z železobetonu ústícími do čerpací jímky. Bylo zde použito i hloubkové odvodnění, kdy se po 5 m zřídilo svislé drenážní odvodnění, které ústilo do podélného.



Obr. 6 - Tunel v silničním okruhu kolem Prahy



Obr. 7 - Zajištění jámy výztužnou sítí



Obr. 8 - Hloubení vrtů a osazování hřebíků

3 Princip roštové struktury a její stabilizační funkce

Vyztužení zemin „roštovou strukturou“ lidé uplatnili v dávné minulosti, například na soustavně obranných zdí - Velká čínská zeď, které měly chránit čínské císařství před nájezdy kočovných mongolských kmenů. Zeď byla stavěna v souladu s místními podmínkami z materiálu, který byl k dispozici v jejím okolí. Na úsecích, kde zeď prochází stepmi a pouštěmi, je postavena z hlín, do kterých se přidávala sláma, nebo byly vrstvy hlíny prokládány otepmi z proutí „red willow.“



Obr. 9 - Velká čínská zeď a red willow

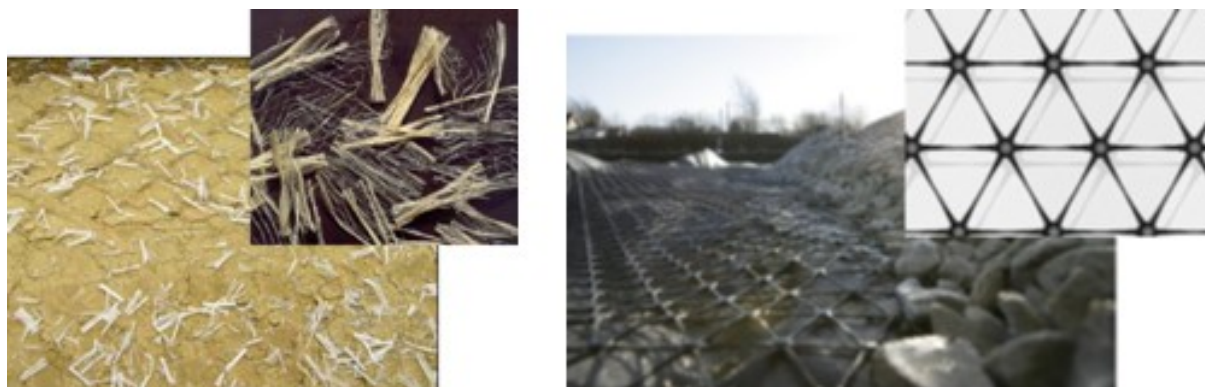
V přírodě kořenové soustavy rostlin, keřů a stromů dokáží udržet zeminový pokryv na strmých svazích, kořenový systém stromu je schopen stabilizovat vysoký strom namáhaný poryvy větru.

Hlína smísená se stéblý slámy byla vkládaná do dřevěných kvádrových forem a po vysušení byly kvádry použity na stavbu. Rozptýlená stébla slámy brání rozpadu hlíny a slouží jako „pojivo“.



Obr. 10 - Hliněné kvádry se slámou

Stébla slámy, pruty keřů a kořenové soustavy jsou na soudobých geotechnických konstrukcích nahrazeny ekvivalentními jednoduchými průmyslově vyráběnými prvky, krátkými vlákny, zeminovými hřebíky a mřížovou sítí ze syntetických materiálů. Nejčastější uplatnění nalézají na konstrukcích násypů dopravních komunikací, zejména jestliže očekávaný stav napjatosti na jeho hranici a uvnitř tělesa násypu překračuje smykovou pevnost zeminy, jejíž hodnota má své nepřekročitelné hranice.

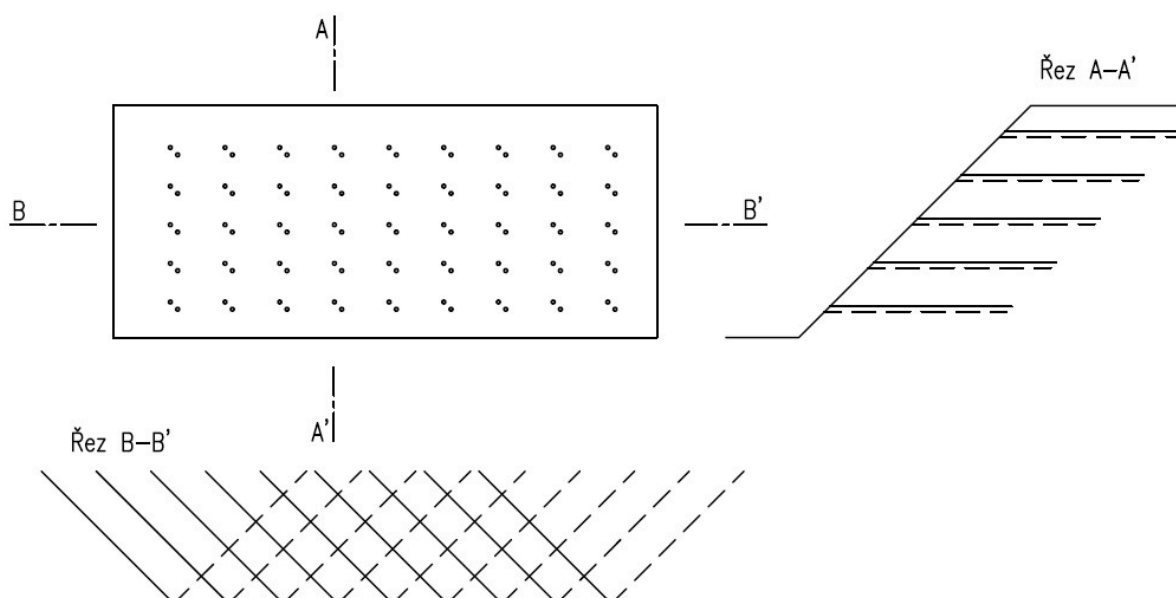


Obr. 11 - Rozptýlená výztuž a geomříž (zdroj pan Kresta)

Geomříže a krátká vlákna však nelze aplikovat na dokončených násypech, hloubení zářezů a na přírodních svazích. Na těchto geotechnických konstrukcích jsou aplikovány zeminové hřebíky. Ty jsou dnes nejčastěji uspořádány tím nejjednodušším způsobem, tj. kolmo ke směru svahu. Toto uspořádání vytváří v zeminovém prostředí paralelní soustavu stabilizačních prvků (hřebíků). Jednotlivé prvky této soustavy nejsou navzájem provázány

tak, jako je tomu u geomříží. Nízká instalovaná intenzita (hustota) spolu s paralelním uspořádáním výztužných prvků v prostředí nezaručuje dostatečně účinnou vzájemnou spolupráci. Stabilizační činnost jednotlivých prvků se neintegruje do celku a je omezena jen na jejich nejbližší okolí. Cesta zvýšení efektivity součinnosti soustavy výztužných prvků spočívá ve zvýšení hustoty a sofistikovanější sestavě rozmístění instalovaných výztužných prvků v prostředí.

Roštová struktura je tvořena zeminovými svorníky, které jsou uspořádány do dvou rovinných paralelních soustav ležících nad sebou. Směr zeminových svorníků není kolmý ke směru svahu, ale je u obou soustav od kolmého směru odkloněn tak, aby se směry zeminových svorníků křížily a vytvářely roštové uspořádání (obr. 12).

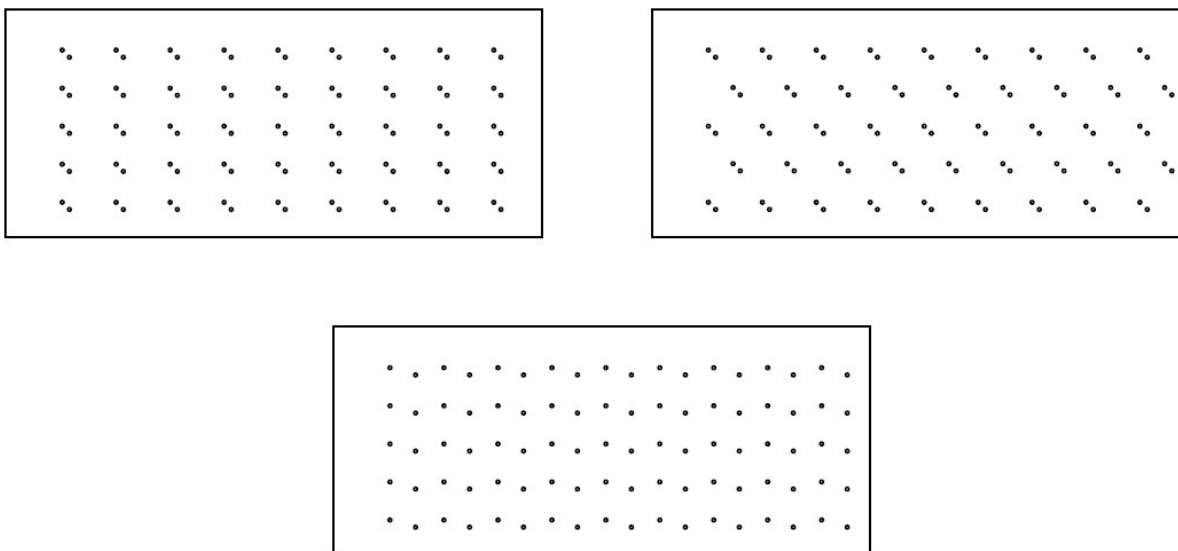


Obr. 12 - Schéma roštové struktury

Uspořádání zeminových svorníků do roštové soustavy vytváří podmínky pro intenzivnější současnou spolupráci několika zeminových svorníků. Efekt spolupráce je rozložen rovnoměrně na celou plochu roštem vyztuženého zeminového prostředí. Podobně jako geomříže i roštové struktury mohou být ve vertikálním směru multiplikovány a uspořádány do soustavy několika paralelních roštů. Na rozdíl od geomříží roštové struktury nemusí být orientovány pouze v horizontální rovině, ale mohou být ukloněny. Multiplikací rovinných roštů vzniká prostorové vyztužení tělesa prostředí. Efekt prostorového vyztužení dále umocňuje, jestliže roštové struktury budou ukloněny tak, aby horizontálním řezem prostředí procházelo několik roštových struktur.

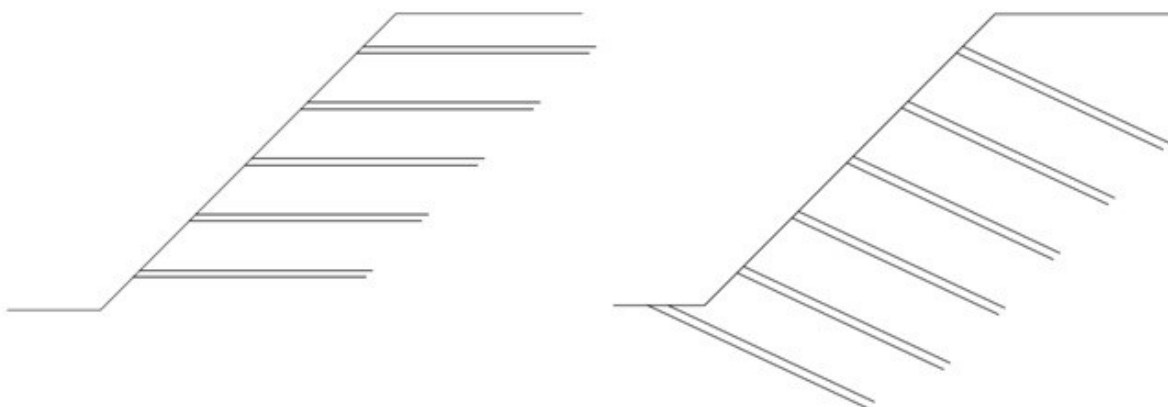
Obrázky č. 13, 14 a 15 uvádí návrhy aplikací roštové struktury pro stabilizaci svahů.

Obrázek č. 13 uvádí schémata návrhů rozmístění stabilizačních prvků roštových struktur v čele svahu.



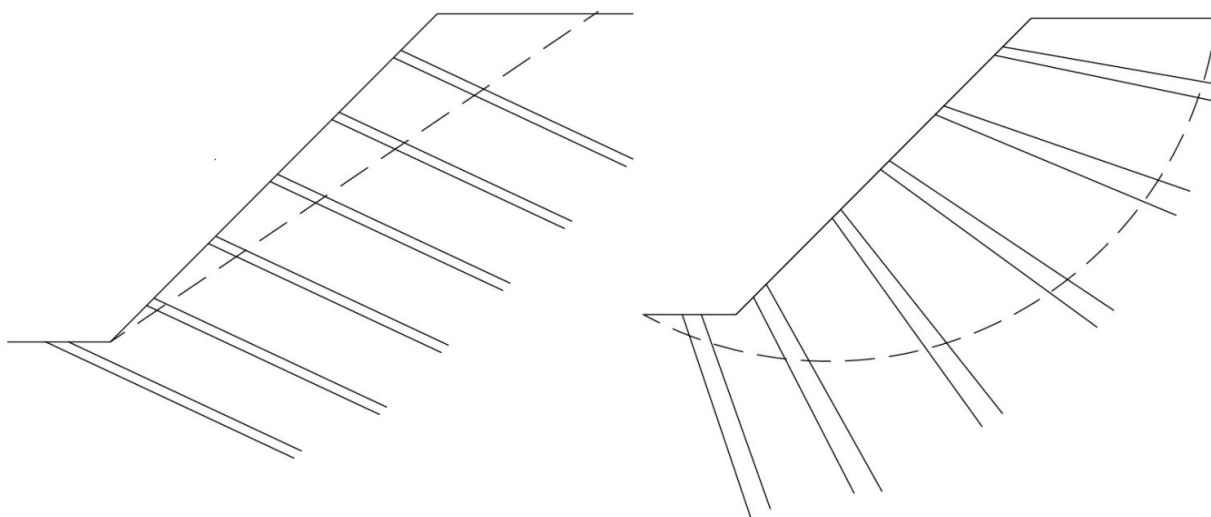
Obr. 13 - Roštová struktura v čele svahu

Obrázek č. 14 uvádí schémata návrhů rozmístění stabilizačních prvků roštových struktur vzhledem ke svahu.



Obr. 14 - Roštová struktura vzhledem k svahu

Obrázek č. 15 uvádí schémata návrhů rozmístění stabilizačních prvků roštových struktur vzhledem k smykové ploše.



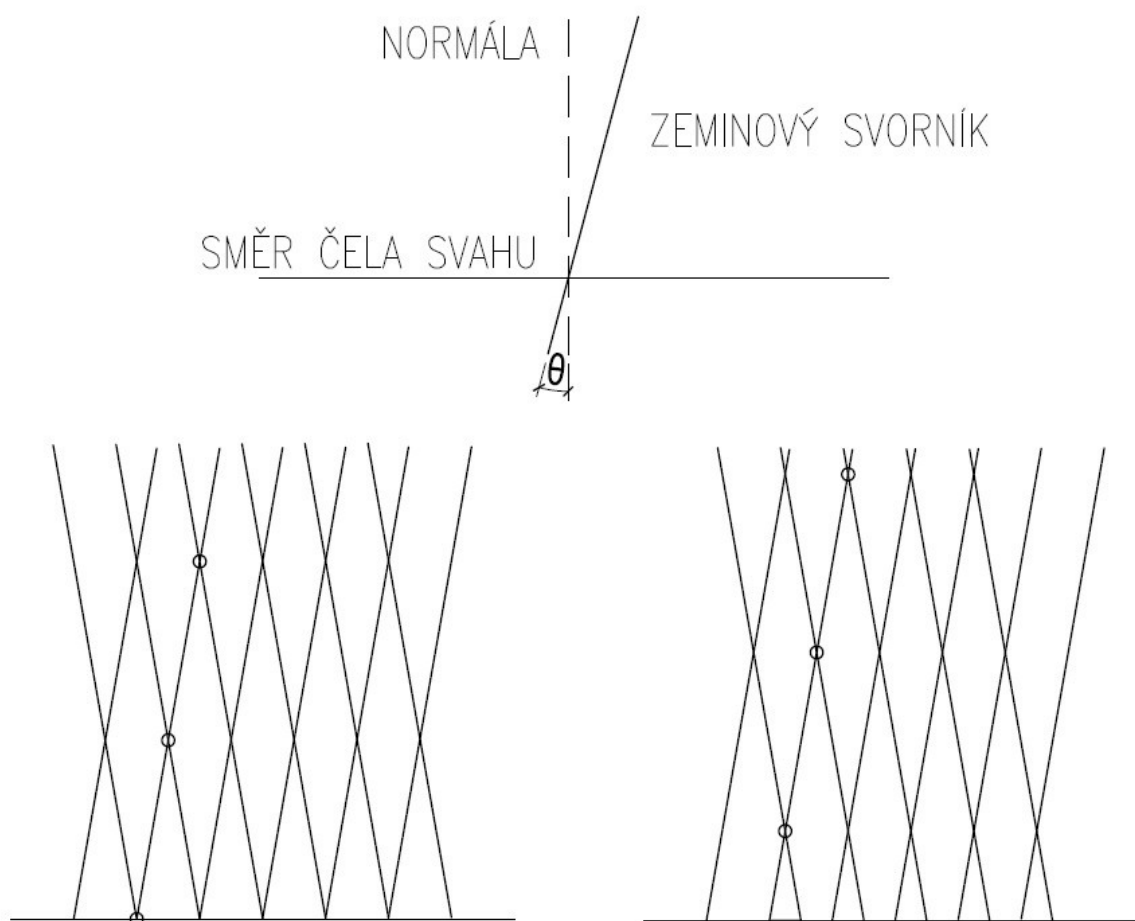
Obr. 15 - Roštová struktura vzhledem k smykové ploše

4 Návrh řešení stabilizace zářezu soustavou roštů

Návrh řešení je založen na silové metodě a geometrických podmínkách, kterými je podmíněno vytvoření roštových struktur a sestavení z nich stabilizačního 3D systému, kterým bude vyztužena zemina v oblasti svahu zářezu.

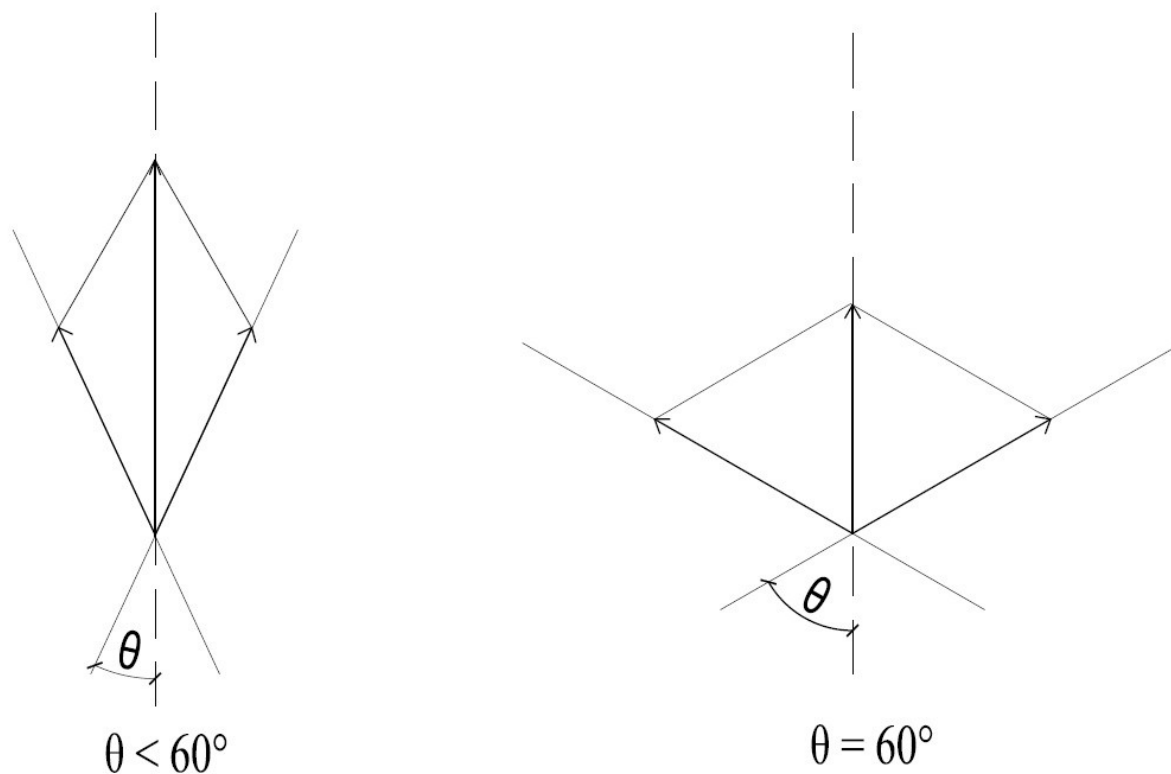
Návrh řešení zahrnuje následující body:

Stanovení odchýlení jednotlivých zeminových svorníků od normály ke směru čela svahu (θ) (viz. obr. 16)



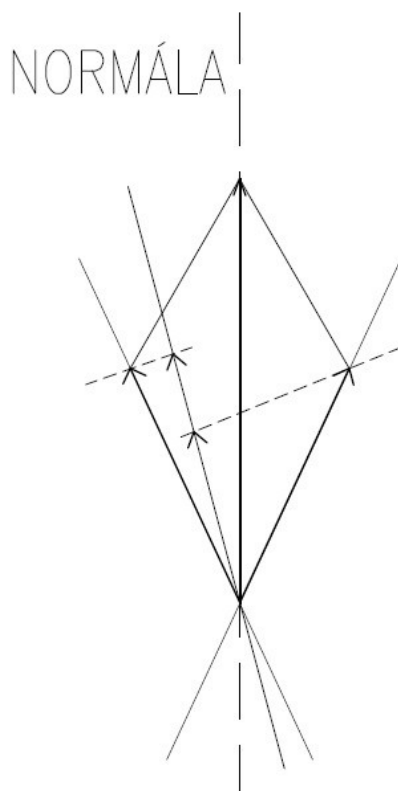
Obr. 16 - Odchýlení svorníků

Hodnotu úhlu θ určuje geometrická podmínka vytvořit rošt. Vytvoření roštu je podmíněno existencí minimálně tří křížení zeminových svorníků v ploše. Maximální velikost úhlu θ je omezena hodnotou 60° . Vyšší hodnoty úhlu θ ztrácí význam, neboť vektorový součet sil dvou křížících zeminových svorníků pro hodnoty úhlu θ vyšší než 60° bude nižší, než je hodnota síly v jednom zeminovém svorníku. Výslednice vektorového součtu dvou křížících se svorníků bude kolmá ke směru čela svahu (viz. obr. 17).



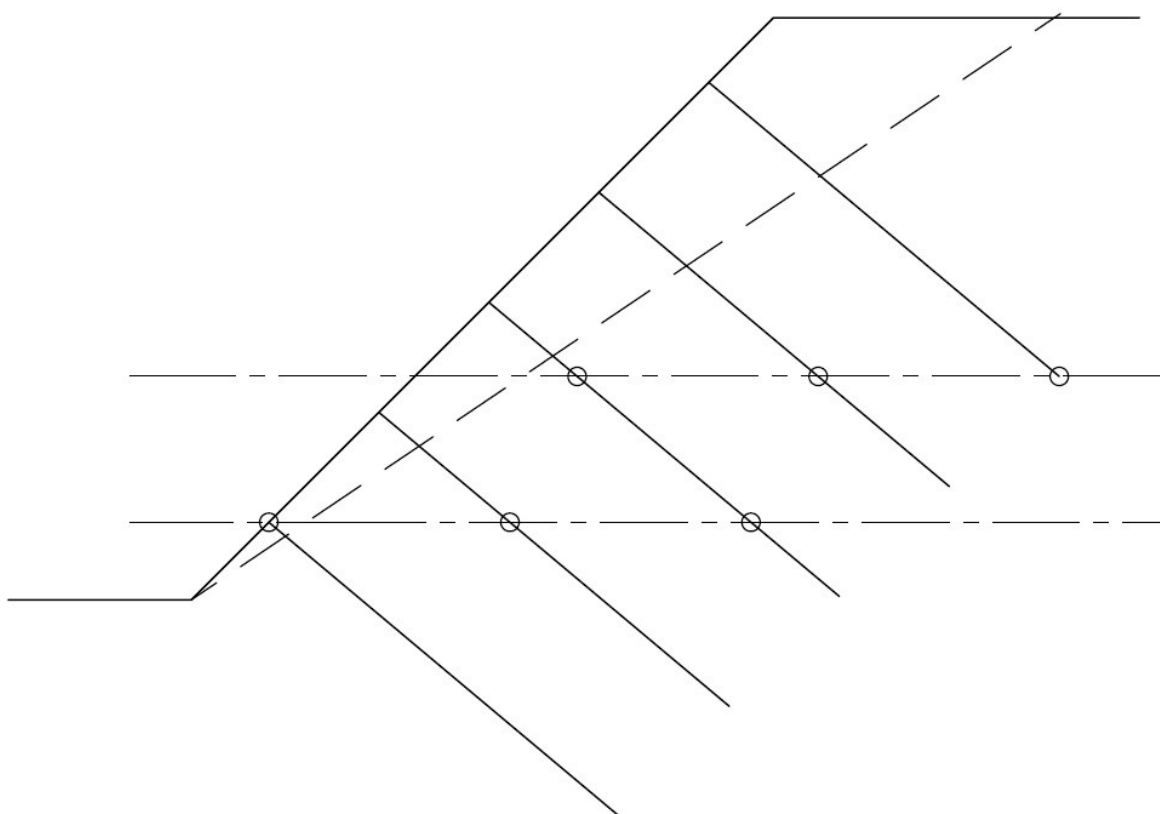
Obr. 17 - Vektorový součet sil ve svornících

Významným znakem statického působení roštové struktury v zemině, který plyne z křížení zeminových svorníků v ploše je, že silové stabilizační působení je rozloženo do všech směrů na celou plochu (viz. obr. 18). Toto silové stabilizační působení je velmi intenzivní uvnitř oblasti vymezené vnitřním úhlem, který mezi sebou svírají zeminové svorníky.



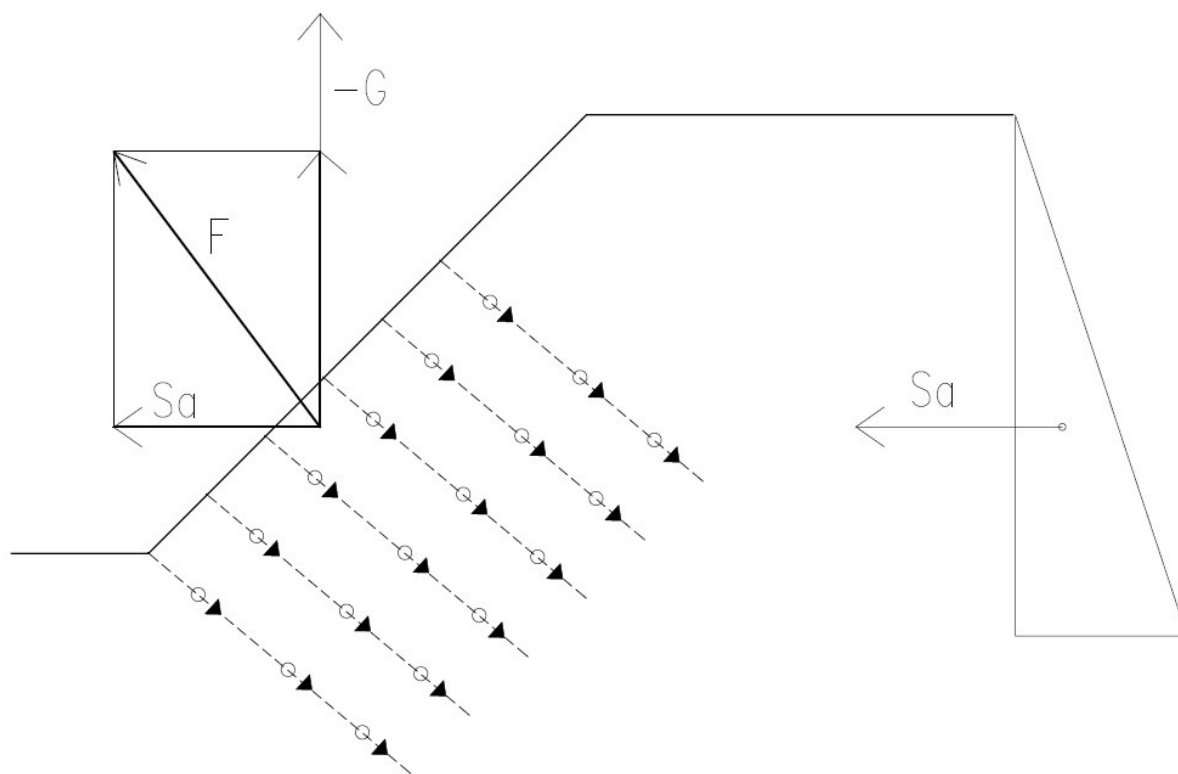
Obr. 18 - Silové stabilizační působení svorníků

Druhým okruhem jsou parametry, které definují uspořádání roštů v tělese svahu. Těmito parametry jsou směr úklonu roštů a vzájemné rozteče mezi jednotlivými rošty. Oba jmenované parametry jsou odvozeny z podmínky vytvořit z roštů soustavu, která vyztuží těleso svahu způsobem, který poskytne širokospektrální směrové zachycení vnitřních sil uvnitř tělesa svahu. Toho lze vhodným návrhem hodnot úklonu a rozteče roštů tak, aby obecný horizontální řez tělesa svahu protínaly minimálně tři rošty (obr. 19) a druhou podmínkou pro dosažení 3D vyztužení svahu je minimální existence tří roštů.



Obr. 19 - Uspořádání roštů v tělese

Statické řešení roštové soustavy je založeno na předpokladu dosažení rovnováhy sil. Výslednice sil (F) od zemního tlaku (S_a) a tíhy odtěženého materiálu nad plochou svahu (G) musí být rovna nebo menší než je součet od všech stabilizačních sil generovaných rošty v bodech křížení zeminových svorníků (viz obr. 20).



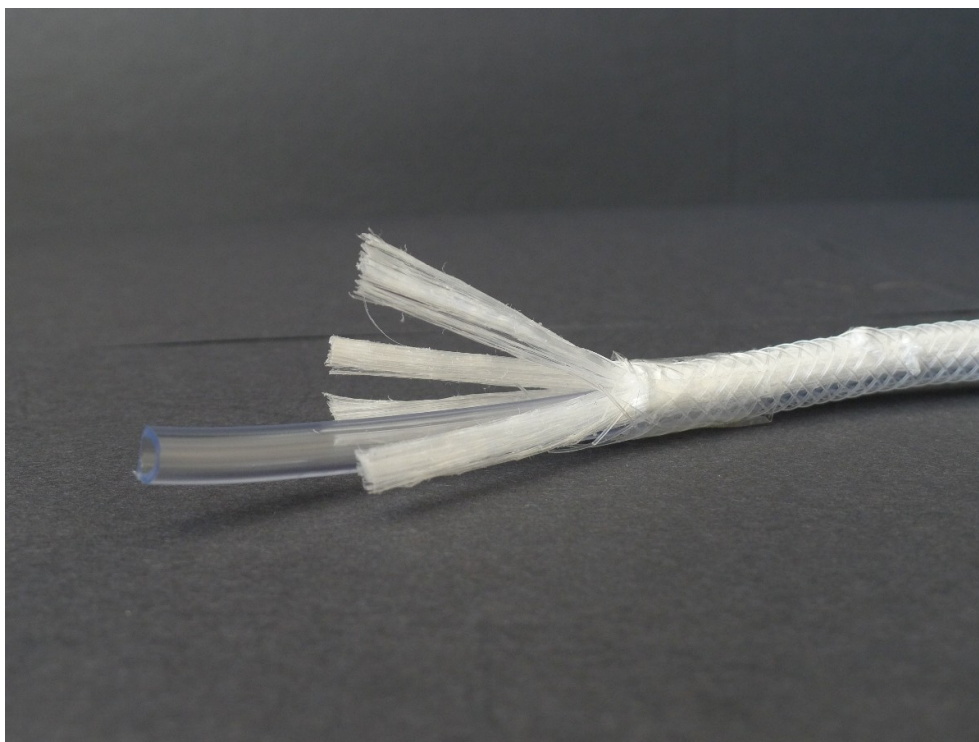
Obr. 20 - Rovnováha sil

Návrh parametrů roštu a systému roštů z hledisek geotechnických parametrů zeminy tělesa svahu (úhel vnitřního tření, soudržnosti), stavu napjatosti v tělese svahu a geometrických parametrů svahu (úklon, výška) bakalářská práce neřeší. Uvedená témata přesahují rámec poznatků a znalostí absolventa v bakalářském stupni vzdělání.

4.1 Návrh technologie provedení roštu a roštové soustavy

Výstavba roštů ze zeminových svorníků nevyžaduje vývoj nových technologií a instalace zeminových hřebíků může být provedena technickými prostředky, které se užívají běžně pro hřebíkování svahů. Instalování zeminových svorníků bude však klást větší nároky na přesnost umístění zeminových svorníků, tj. na jejich přesné polohování a směřování.

K výstavbě roštů mohou být použity tradiční, komerčně používané konstrukce zeminových svorníků. Je zde prostor pro vývoj nových netradičních konstrukcí, i jejich aplikování, například „Flexibilní vícepramenný svorník se staticky nezávisle činnými prameny“ (patent č. 303418) (viz. obr. 21).



Obr. 21 - Flexibilní vícepramenný svorník

5 Závěr

Vyztužování zemin pomocí roštové struktury má historické kořeny. Na vhodnost použití přišli už staří Číňané při výstavbě svých monumentů, nepoužívali však moderní materiály, jaké používáme v dnešní době, ale využívali přírodních materiálů. V současnosti se dříve používané stébla slámy, pruty keřů a kořenové soustavy nahrazují průmyslově vyráběnými prvky, zeminovými hřebíky či mřížovou sítí. Nejčastěji se dané prvky užívají do zeminových násypů a zářezů.

Do konstrukcí, kde nelze aplikovat geomříže nebo krátká vlákna, se používají zeminové hřebíky. Nejčastější uspořádání je kolmo ke směru svahu a hřebíky nejsou navzájem provázány tak, jak u geomříží.

Efektivita roštové struktury spočívá ve zvýšení hustoty a v sofistikovanější sestavě rozmístění instalovaných výztužných prvků. Výhoda roštové struktury oproti geomříži spočívá v tom, že roštová struktura nemusí být jen v horizontální rovině, ale můžeme ji uklonit.

Práce se zabývá efektem roštové struktury, který je závislý na uklonění hřebíků tak, aby horizontálním řezem prostředí procházely minimálně 3 roštové struktury a dále je závislý na rozteči mezi jednotlivými rošty. Dalším efektem pro zvýšení únosnosti je úhel θ , což je úhel mezi svorníkem a normálou, který nám musí zajistit minimální protnutí 3 svorníků v rovině a zároveň nesmí být větší než 60° .

Pro vytvoření roštové struktury používáme běžné technologie používané u klasického hřebíkování, ale můžeme se zaměřit i na vývoj nových technologií, např. flexibilní vícepramenný svorník.

6 Seznam obrázků

VŠB – Technická univerzita Ostrava	1
Obr. 1 - Hřebíkování	2
Obr. 2 - Hřebíky zarážené a vrtané s injektáží	3
Obr. 3 - Postup výkopu a instalace	5
Obr. 4 - Povrchové odvodnění	6
Obr. 5 - Hloubkové odvodnění	7
Obr. 6 - Tunel v silničním okruhu kolem Prahy	9
Obr. 7 - Zajištění jámy výztužnou sítí	9
Obr. 8 - Hloubení vrtů a osazování hřebíků	10
Obr. 9 - Velká čínská zeď a red willow	11
Obr. 10 - Hliněné kvádry se slámou	12
Obr. 11 - Rozptýlená výztuž a geomříž (<i>zdroj pan Kresta</i>)	12
Obr. 12 - Schéma roštové struktury	13
Obr. 13 - Roštová struktura v čele svahu	14
Obr. 14 - Roštová struktura vzhledem k svahu	14
Obr. 15 - Roštová struktura vzhledem k smykové ploše	15
Obr. 16 - Odchýlení svorníků	16
Obr. 17 - Vektorový součet sil ve svornících	17
Obr. 18 - Silové stabilizační působení svorníků	18
Obr. 19 - Uspořádání roštů v tělese	19
Obr. 20 - Rovnováha sil	20
Obr. 21 - Flexibilní vícepramenný svorník	21

7 Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN 14490 *Provádění speciálních geotechnických prací - Hřebíkování zemin*
- [2] http://www.pjpk.cz/TKP_30.pdf
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Soil_nailing
- [4] <http://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/doprava/sanace-nasypu-dopravnich-staveb-172.html>
- [5] <http://www.youtube.com/watch?v=cRAEZTOCBm0>
- [6] http://www.travelchinaguide.com/picture/china_great_wall/facts/construction.htm
- [7] <http://www.ceskestavby.cz/shop/capro/capro-brugg-contec-fibrofor-high-grade-1-kg-m3-high-grade-je-inovovane-svazkovite-fibrilovane-vysoko-pevnostni-vlakno-680810/fotografie.html>
- [8] <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Milyanfan-adobe-bricks-8038.jpg>
- [9] <http://www.aacpragocel.cz/produkty/geotextilie/geomriz-agm-dor-c>
- [10] <http://www.redwillowcounseling.com/>
- [11] <http://rueandhyssop.blogspot.cz/2012/02/wildcrafting-red-willow.html>
- [12] <http://www.protext.cz/zprava.php?id=9397>
- [13] <http://www.stavba-strecha.cz>
- [14] <http://www.colbond-geosynthetics.com/cms/generated/pages/products/enkagrid/productfamily/1%C2%A7Enkagrid%20PRO.html>
- [15] <http://www.tensar.cz/Syst%C3%A9my-a-v%C3%BDrobky/Tag/Syst%C3%A9my-Tensartech-/Syst%C3%A9m-op%C4%9Brn%C3%BDch-zd%C3%AD-TW1->
- [16] FIRMA: Geoindustrie s. r.o.