

**Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava**

číslo 1, rok 2011, ročník XI, řada stavební

článek č. 15

**Milan SEDLÁČEK<sup>1</sup>, Roman MAREK<sup>2</sup>****ZAJIŠTĚNÍ STABILITY ZEMNÍHO TĚLESA V PODLOŽÍ SILNICE II/469 V OBCI DĚHYLOV****ENSURE THE STABILITY OF EARTH IN THE SUBSOIL OF II/469 ROAD  
IN THE VILLAGE DĚHYLOV****Abstrakt**

Cílem příspěvku je popsat postup zajištění stability zemního tělesa v podloží silnice II/469 vedoucí obcí Děhylov pomocí výstavby lehkých kotvených opěrných zdí. Jedná se o opěrné zdi v km 4,5 o délce 68 m a v km 4,7 o délce 48 m, jejichž funkcí je zabránit vodorovnému pohybu zemin vytlačovaných zpod silnice. Vliv opěrných zdí byl posuzován pomocí matematických modelů v charakteristickém příčném řezu, vytvořených v programovém systému PLAXIS 2D založeném na numerické metodě konečných prvků. Výsledky matematických modelů umožnily porovnání horizontálních posunů a smykových ploch ve svahovém tělese před a po výstavbě opěrných zdí.

**Klíčová slova**

Stabilita, opěrná zeď, silnice, horizontální posuny, smyková plocha.

**Abstract**

This paper aims to describe the process to ensure the stability of earth in the subsoil of II/469 road passes Děhylov village using lightweight anchored retaining walls construction. This are retaining wall in 4,5 kilometer length 68 m and retaining wall in 4,7 kilometer length 48 m, whose function is to prevent horizontal movement of soil extruded from under the road. Impact of retaining walls were assessed using mathematical models in a characteristic cross-section created in the programming system PLAXIS 2D, based on numerical finite element method. Results of mathematical models allow comparison horizontal displacements and shear surfaces in the slope before and after the construction retaining walls.

**Keywords**

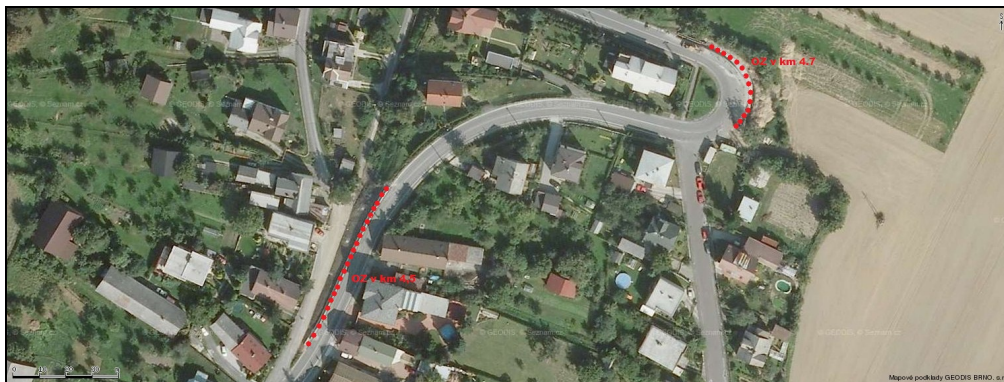
Stability, retaining wall, road, horizontal displacements, shear surface.

**1 ÚVOD**

Zájmové území se nachází v úseku silnice II/469 v obci Děhylov. Terén lokality je tvořen poměrně příkrým svahem, v němž je komunikace situována z části zářezem do terénu a z části násypy. Stavba řešila nestabilitu zemního tělesa v podloží silnice II/469 v km 4,5 (vlevo) a km 4,7 (vpravo) ve směru provozního staničení (Obr. 1). Obě lokality byly zajištěny pomocí lehkých kotvených opěrných zdí [3].

<sup>1</sup> Ing. Milan Sedláček, EUROVIA CS, a.s., závod Ostrava, Starobělská 3040/56, 704 16 Ostrava - Zábřeh, tel.: (+420) 724 829 864, e-mail: milan.sedlacek@eurovia.cz.

<sup>2</sup> Ing. Roman Marek, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 928, e-mail: roman.marek@vsb.cz.



Obr. 1: Zájmové území v obci Děhylov

## 2 INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY

Předkvartérní podloží zájmového území vytvářejí horniny kulmu s pískovci, prachovci a jílovci různého stupně navětrání. Svoji negativní úlohu sehrávají četné zlomové linie a tektonická porušení. Předkvartérní podloží překrývá vrstva přeplavených sedimentů na bázi svahového deluvia. Jedná se o jílovité, prachovité až hlinito-písčité hlíny, splavené a promísené s hrubými kameny zvětralého kulmu.

V nadloží hlín se nachází vrstva antropogenních navážkových materiálů, tvořených makadamem o velikosti zrn kameniva 2-5 cm s příměsí hlín (0,75 m). Mocnost jílové vrstvy nacházející se pod vrstvou antropogenních navážkových materiálů je 2,75 m. Oblast deluviálních hlín byla zachycena v hloubce cca 3,5 m pod úrovní vozovky.

## 3 TECHNICKÝ POPIS STAVBY

### 3.1 Opěrná zeď v km 4,5

V místě dlouhodobé nestability zemního tělesa byla podél silnice ve větší vzdálenosti provedena ocelová štětovnicová stěna typu Larsen, která nebyla ukotvena a dle postupného sesuvu zemního tělesa byla nefunkční.

Proto bylo nutné demontovat nefunkční štětovnicovou stěnu a provést zajištění svahu pod silnicí pomocí lehké kotvené stěny v horní části svahu o délce 68 m. Kotvená stěna zabrání vodorovnému pohybu zemin vytlačovaných zpod silnice postupně se zvětšujícím se provozem na velmi frekventované komunikaci.

V místě největší nestability má nová kotvená stěna výšku 2,2 m (28 m), na obou koncích zajišťuje konstrukci silnice kotvený opěrný práh výšky 0,8 m (12 a 28 m).

### 3.2 Opěrná zeď v km 4,7

Lokalita se nachází v úseku klopené levotočivé zatáčky s poměrně velkým podélným spádem, tudíž při průjezdu vozidel zatáčkou dochází ke vzniku extrémních odstředivých sil a s tím souvisejících vodorovných pohybů zemin vytlačovaných zpod silnice společně se vznikem podélných tahových trhlin živichých vrstev komunikace.

K zajištění stability svahu pod silnicí byla provedena lehká kotvená stěna o délce 48 m a konstantní výšce 2,2 m.

## 4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ OPĚRNÝCH ZDÍ

V první fázi bylo třeba provést odkop svahu včetně stávající husté zeleně a následně zajištění výkopu osazením kari sítí ukotvených ocelovými hřebíky  $\varnothing$  16 mm a délky 1200 mm zastříkaných betonem.

Opěrné zdi, výšky 2200 mm a tloušťky 500 mm navrženy v dilatacích à 4 m z betonu C 20/25 s osazením kari sítí při obou površích, byly zajištěny proti pootočení svislými mikropilotami Ø 89/10 mm (2 ks/1 dilatace), délky 3000 mm, z toho 1000 mm vetknuto do opěrné zdi a zbytek do zemního tělesa. Mikropiloty (Obr. 2) měly osovou vzdálenost 2000 mm. Jako injektážní médium bylo navrženo cementové mléko.



Obr. 2: Mikropiloty Ø 89/10 mm

Následně po pilotáži byl proveden podkladní beton o mocnosti 100 mm z betonu C 12/15. Na podkladní beton bylo prováděno armování opěrných zdí včetně římsy po jednotlivých dilatacích oddělených pomocí desek CETRIS. V armatuře bylo třeba vytvořit kapsy a navařit kovové průchodky pro budoucí osazení injektovaných kotev TITAN 30/16 pod úhlem 25° a ve spodní části PVC průchodky pro prostrčení drenážního potrubí (Obr. 3).



Obr. 3: Armatura včetně průchodek pro kotvy a drenážní potrubí

Zaarmované dilatace byly zabetonovány a následně vybetonovány betonem C 20/25. Po zatvrdnutí betonu a následném odbednění byly opěrné zdi chráněny na rubové straně proti zemní vlhkosti 2x penetračním nátěrem a 1x asfaltovým nátěrem a na lícové straně proti degradaci betonu vlivem atmosférických podmínek 2x nátěrem Antikon CK-S. Pohledová hrana a vrch římsy byly vybroušeny brusku na beton do hladka a opatřeny nátěrem hydrofobizačním roztokem Imesta IW 290. Následně byl na římsu osazen bezpečnostní záchytný systém pomocí podlitých kotevních patek.

Proti vodorovnému posunu byly opěrné zdi zajištěny řadou injektovaných kotev TITAN 30/16 (3 ks/1 dilatace), délky 8000 mm s osovou vzdáleností 1,4 m. Kotvy (Obr. 4) byly s ohledem na měkké deluviální zeminy s větší saturací injektovány pomocí ihned tuhnutí dvousložkové

pryskyřice CarboPur WFA. Dotažení matice na konci kotvy bylo provedeno silou 500 N na 0,5 m dlouhém klíči. Po dotažení kotev se kotevní kapsy zalily betonem.



Obr. 4: Zemní kotvy TITAN 30/16

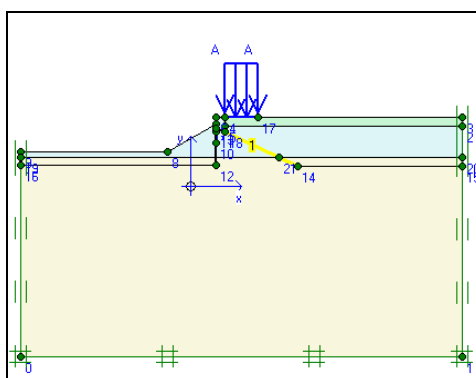
## 5 ODVODŇOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Po ukončení výše popsaných prací na opěrných zdech byla podél jejich rubu uložena drenáž z flexibilního potrubí DN 150 se štěrkopískovým obsypem. Drenážní systém zachytává vodu z atmosférických srážek, která prosákne přes krajnici a zároveň odvádí podzemní vodu, která prosakuje přes zemní těleso silnice. Tyto zachycené vody jsou odvedeny odbočkami (po cca 15 m) skrz opěrnou zeď na svah zemního tělesa pod silnicí.

## 6 POSOUZENÍ VLIVU OPĚRNÝCH ZDÍ NA STABILITU NÁSYPU

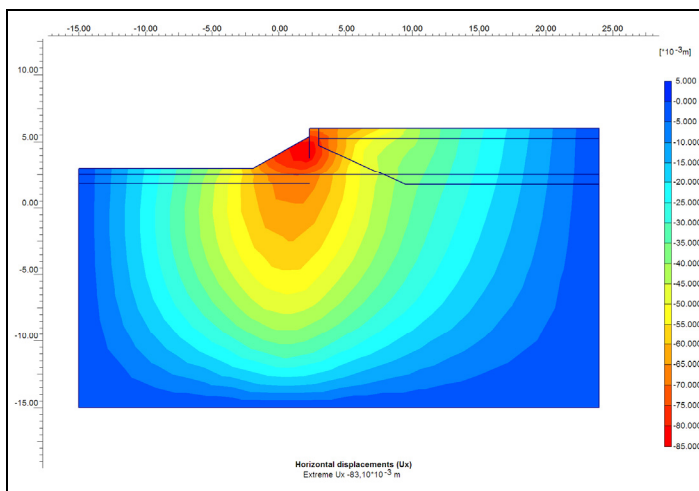
Posouzení vlivu opěrných zdí na stabilitu násypu bylo provedeno pomocí programového systému PLAXIS 2D, který je založen na metodě konečných prvků a řeší deformační a stabilitní analýzy geotechnických úloh [4]. Posouzení zemního tělesa bylo provedeno v příčném řezu (Obr. 5) – inženýrsko-geologický profil řezu dle kapitoly 2, v němž je provedeno posouzení a vzájemné porovnání získaných hodnot posunů a stupňů stability ve fázích před a po výstavbě opěrných zdí. Jako výpočetní model byl použit konstituční model Mohr – Coulombův, charakterizovaný soudržností a úhlem vnitřního tření. Vlastní výpočet stupně stability je založen na metodě redukce parametrů pevnosti a je definován jako poměr původní smykové pevnosti zeminy určené soudržností  $c$  a úhlem vnitřního tření  $\varphi$  k redukované smykové pevnosti charakterizované soudržností a úhlem vnitřního tření na mezi porušení

$$F = \frac{c}{c_r} = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi_r}$$

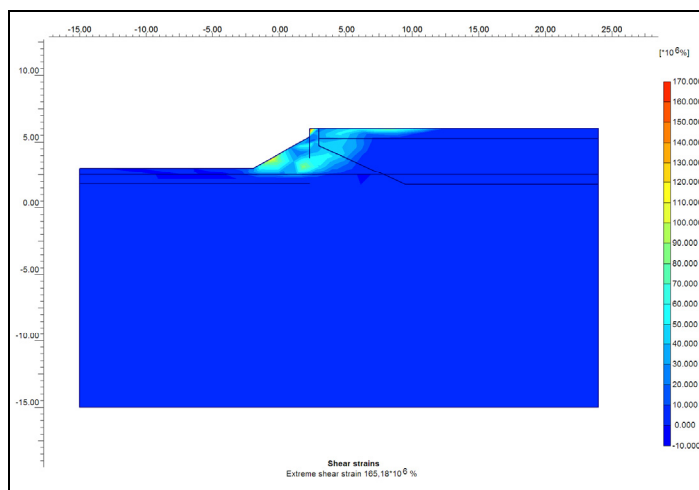


Obr. 5: Příčný řez v programu Plaxis 8.2

V první fázi byl posuzován původní stav bez opěrné zdi, tudíž je v modelu počítáno pouze se zatížením od komunikace (dle statického výpočtu projektanta stavby). Výsledné největší horizontální posuny byly v místě svahu násypu s maximálním posunem 83,1 mm (Obr. 6) a projevovaly se postupným sesouváním svahu a tím docházelo ke snižování únosnosti násypu. Hloubka smykové plochy (Obr. 7) byla 3,75 m a stupeň stability byl v této fázi 1,15.

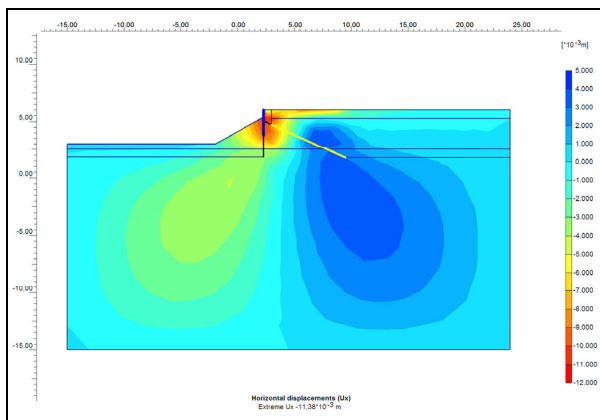


Obr. 6: Horizontální posuny – 1. Fáze:  $U_x = -83,10 \cdot 10^{-3}$  m

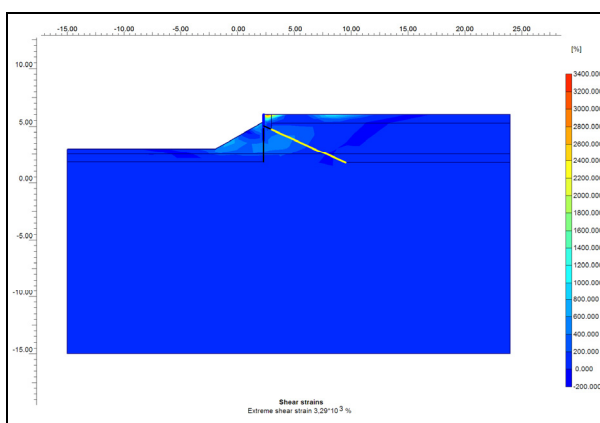


Obr. 7: Smyková plocha – 1. Fáze: Max smykové přetvoření =  $165,18 \cdot 10^6$  %

Ve druhé fázi je modelován stav po výstavbě lehkých kotvených opěrných zdí, tudíž je v modelu uvažováno nejen se zatížením od komunikace, ale i s železobetonovou opěrnou stěnou zajištěnou proti pootočení svislými mikropilotami  $\varnothing$  89/10 a proti vodorovnému posunu řadou injektovaných kotev TITAN 30/16. Horizontální posuny jsou v této fázi minimální a nejvyšší hodnoty (Obr. 8) se objevují v místě za rubem opěrné zdi, která je z velké části zachytává. Smyková plocha je zanedbatelná a největší smykové přetvoření se nachází v horní části za rubem opěrné zdi (Obr. 9). Stupeň stability je v této konečné fázi 2,08.



Obr. 8: Horizontální posuny – 2. fáze:  $U_x = -11,38 \cdot 10^{-3}$  m



Obr. 9: Smyková plocha – 2. fáze: Max smykové přetvoření =  $3,29 \cdot 10^3$  %

## 7 ZÁVĚR

Na základě výsledků matematických modelů lze říci, že vybudováním lehkých kotvených opěrných zdí došlo ke stabilizaci svahu násypu, ke zvýšení únosnosti zemního tělesa silnice a tím k zajištění bezpečnosti provozu. Opěrné zdi jsou výškově navrženy tak, že z velké části zabráňují horizontálním posunům násypu a přerušují aktivní a predisponované smykové plochy v zemním tělese.

### LITERATURA

- [1] TURČEK P., HULLA J.: *Zakladanie stavieb*. Jaga group, s.r.o., Bratislava 2004, 360s.
- [2] HULLA J., TURČEK P., BALIAK F., KLEPSATEL F.: *Predpoklady a skutočnosť v geotechnickom inžinierstve*. Jaga group, s.r.o., Bratislava 2002, 256s.
- [3] Realizační dokumentace stavby „Silnice II/469 Děhylov – úprava směrového vedení vč. opěrné zdi“, Dopravní projektování, spol. s r.o., Janáčkova 12, 702 00 Ostrava 1.
- [4] PLAXIS. *Manuál programu Plaxis 2D, verze 8.0*.

### Oponentní posudek vypracoval:

Ing. Ondřej Minich, PROMINECON GROUP, a.s., Revoluční 25/767, 110 00 Praha 1

Doc. Ing. Marian Marschalko, Ph.D., Institut geologického inženýrství, HGF, VŠB-TU Ostrava.