

ZAMEDZENIE PORÚCH NÁSYPOV ZAKLADANÝCH NA SÚDRŽNÝCH ZEMINÁCH

Ing. Miloslav Mikula

Cofra – Chémia s.r.o. Bratislava

Prof. Ing. Mirko Matys, PhD.

UK PRIF Katedra inžinierskej geológie

Mgr. Ivan Vlasko, ml.

VLASKO – inžinierskogeologický prieskum, Bratislava

Prevention from failures of the embankments founded on the soft soils.

Foundation of the embankments on soft soils with high content of water leads to increasing of pore water pressure and decreasing of shear strength till the limit conditions of stability and settlement of the subsoil are overstepped. To speed up the consolidation of subsoil vertical consolidations elements are realized, which also prohibit the creation of named negative effects. In this article is presented an example, where in site of about 1200 m long embankment section was realized cca 150 km of Mebradrains.

1. ÚVOD

Pri výstavbe násypov na neúnosných horninách dochádza k zvyšovaniu tlaku vody v póroch, znižovaniu šmykovej pevnosti až prekročeniu medzných stavov únosnosti a deformácie podložia a stability násypu. Pri nesprávnom návrhu alebo nerešpektovaní geologického prostredia došlo na viacerých lokalitách k poruchám podložia a násypov komunikácií. Možno spomenúť napr. poruchy násypov v Rači, Devínskej Novej Vsi, Podlešíne, Buchloviciach a mnohé iné opísané napríklad (Záruba, Mencl 1987) a (Nemčok 1982). Po získaní skúseností s výstavbou násypov v zložitých inžinierskogeologických pomeroch sa tieto už navrhujú tak, aby k ich poruchám či dokonca k deštrukciám nedochádzalo. Opíšeme jeden z možných spôsobov zamedzenia porúch podložia násypu z neúnosných nasýtených zemín pomocou zvislých konsolidačných geodrénov z lokality rekonštrukcie železničnej trate v okolí Šenkvic.

2. INŽINIERSKOGEOLOGICKÉ POMERY V OSI NÁSYPU

Pri modernizácii železničnej trate Bratislava Rača – Trnava na návrhovú rýchlosť 160 km/hod, je potrebné zväčšiť polomer oblúka trasy v oblasti Šenkvic. Vzhľadom na nepriaznivé geologické pomery, výškové vedenie trasy, bude potrebné časť úseku v dĺžke cca 1,2 km navrhnuť na neúnosných veľmi stlačiteľných zeminách na násype vysokom až do 7,0 m a na estakáde dĺžky okolo 800 m (obrázok č.1). Dôležitou požiadavkou zo strany ŽSR je dosiahnuť vysoký stupeň konsolidácie podložia, tj. veľký podiel konečného sadania ešte pred uvedením trate do prevádzky.

Inžinierskogeologické pomery v úseku trasy násypu pri Šenkvicach sú veľmi zložitú. Územie je po geologickej stránke budované sedimentami kvartéru, v podloží ktorého sa nachádzajú sedimenty neogénu. Hrúbka kvartérnych sedimentov je po dĺžke trasy premenná, dosahujúca 4 – 10m. Všeobecne sú tvorené prevažne hlinami, piesčitými hlinami, pieskom,

sprašami a prachovitými hlinami, ílovitohlinitými sedimentami s výskytom organických sedimentov. Povrchovú vrstvu predstavujú humusovité hliny mocnosti 0.3 – 2m, pod ktorými sa nachádzajú prevažne íly piesčité alebo íly tuhej až pevnej konzistencie F4 CS, miestami íly s vysokou plasticitou F8 CH pevnej konzistencie a íly organické. Neogénne sedimenty sú zastúpené vápnitými ílmi s polohami pieskov, lignitov a uhoľných ílov. Polohy súdržných a nesúdržných sedimentov sa nepravidelne striedajú aj v krátkych vzdialenostiach. Zistené piesčité polohy sú charakteru pieskov s prímiesou jemnozrnej zeminy S3 S-F až pieskov hlinitých S4 SM, do hĺbky cca 3m pod terén kypré až slabo uľahnuté, hlbšie stredne uľahnuté až uľahnuté. Súdržné jemnozrnné zeminy sú tvorené hlinami so strednou plasticitou F5 MI pevnej konzistencie, hlinami s vysokou plasticitou F7 MH pevnej konzistencie, ílmi piesčitými F4 CS tuhej až pevnej konzistencie a ílmi s vysokou plasticitou F8 CH až ílmi s veľmi vysokou plasticitou F8 CV. V stredno a vysokoplastických íloch sa nachádzajú vápnité konkrécie veľkosti 0.3 – 2 cm v obsahu 3 – 25 %. Neogénne sedimenty v hĺbkach 15 – 30m sú tvorené prevažne sedimentami charakteru piesčitých ílov F4 CS, ílov so strednou plasticitou F6 CI, ílov s vysokou plasticitou F8 CH a veľmi vysokou plasticitou F8 CV a organické íly resp. rašelina a lignit.

Tabuľka 1: Časť výsledkov laboratórnych skúšok (spracované podľa DANKO et.al. 1999)
Table 1: Part of the soils laboratory test results (after DANKO et. al. 1999)

	F4 CS mäkký	F4 CS tuhý	F4 CS pevný	F6 CL mäkká	F6 CI tuhá	F6 CL pevná	F7 MH pevná	F8 CH tuhý	F8 CH pevný
w _n	23	22.7	18.4	30.1	24.7	18.58	25.8	25.8	21.93
ρ _n		1941			2045	2077	2010	2035	2085
ρ _d		1584			1641	1755	1556	1636	1720
ρ _s		2733			2755	2773	2784	2758	2781
γ		19.035			20.057	20.369	19.711	19.956	20.446
w _L	25	34.3	33	31	43	42	59	54	57
w _P	17	20.3	20	20	21.75	23	34	23.5	26
I _p	18	14	13	11	21.25	19	25	30.5	31
n		42			40	37	44	41	38
e		0.72			0.67	0.08	0.79	0.69	0.6
S _r		84.9			96.93	87	93.5	96.8	91.45
I _c	0.22	0.8	1.12	0.09	0.86	1.22	1.34	0.93	1.12
uhlič.%	14.9	15.25		23.8	19.46	28.84	21.5	14.3	17

Tabuľka 2: Oedometrický modul pre jednotlivé zaťažovacie stupne (DANKO et.al. 1999)
Table 2: Oedometer modulus for loading steps (after DANKO et. al. 1999)

Zaťažovací stupeň (kPa)	Oedometrický modul E _{oed} (MPa)			
	F4 CS tuhá	F6 CI Tuhá	F8 CH tuhá	F8 CH pevná
0 – 50	7.62	7.93	6.17	4.65
50 – 100	7.28	6.02	4.85	12.09
100 – 200	8.78	6.93	20.67	10.09
200 – 300	13.93	11.5	9.06	
300 – 400	14.46	12.49	10.04	11.10
400 - 0	21.26	14.65	17.13	18.95

Hladina podzemnej vody sa nachádza v hĺbke 0.5 až 1.5m, je tlaková a vystupuje až k povrchu. V niektorých častiach je povrch terénu stále zamokrený. Voda nie je agresívna na betón, avšak pre oceľ je prostredie charakterizované v zmysle STN 03 8375 ako veľmi vysoko agresívne.

Navrhovaný násyp sa podľa STN 73 0036 nachádza v území v 4. zdrojovej oblasti seizmického rizika so zrýchlením $a_r = 0,3 \text{ m.s}^{-1}$. Podľa informatívnej prílohy tejto STN sa násyp nachádza na území s intenzitou seizmicity 6 – 7° M.C.S. (Danko et al. 1999).

4. NÁVRH KONSOLIDAČNÝCH GEODRÉNOV

Vzhľadom na zložitosť geologických pomerov a náročnú stavbu násypu s prísnyimi požiadavkami na deformáciu násypu a konsolidáciu podložia (3. geotechnická kategória), projektant sa rozhodol urýchliť konsolidáciu podložia, násyp zakladať na geobunkovej štruktúre a pri výstavbe násypu v súlade s STN pENV 1997-1 použiť observačnú metódu (monitorovacie metódy). V ostatnej fáze výberu vhodnej konsolidačnej metódy ostali tri metódy a to vápenné pilóty, štrkové resp. pieskové pilóty a geodrény. Po zvážení všetkých kladov metód, časovej i finančnej náročnosti sa vybrala, teoreticky zdôvodnila, navrhla a realizovala metóda urýchlenia konsolidácie podložia násypov pomocou geosyntetických geodrénov (Baslík et al. 2001).

Na zníženie nerovnomernej deformácie podložia i násypu v priečnom a pozdĺžnom smere, a najmä na dosiahnutie požadovanej stability násypu sa použila geobunková štruktúra zostavená z pásov tuhých jednoosových spojitéch geomreží. Priestorová geobunková štruktúra s výškou 1,0 m sa umiestnila na teréne v základovej škáre násypu, kde tvorí tuhú roznosnú vrstvu. Geobunková štruktúra pretína kritické klzné plochy a mení ich sklon do únosnejších vrstiev podložia. Kritickým mechanizmom porušenia podložia sa potom stáva plastické porušenie mäkkej vrstvy zeminy pod geobunkovou štruktúrou. Geobunková štruktúra zvyšuje stabilitu násypu aj tým, že vďaka drsnému povrchu na kontakte s podloží mobilizuje šmykovú pevnosť zeminy v podloží (Matys et al. 2003).

5. METODIKA VÝSTAVBY GEODRÉNOV

Po predchádzajúcom návrhu a následnom presnom geodetickom vytýčení základnej trojuholníkovej siete so stranou trojuholníka 14 m sa pristúpilo k výtýčeniu miest vpichov samotných geodrénov. Tieto miesta tvorili vrcholy podrobnejšej trojuholníkovej siete so stranou trojuholníka 1,4 m, v najnepriaznivejších geologických pomeroch so stranou veľkosti 1,0 m. Sieť bola výtýčená na už vybudovanom spevňujúcom prvotnom násype so zabudovanou geomrežou. Hrúbka násypu sa pohybuje v závislosti od priebehu terénu v trase od niekoľko centimetrov do niekoľko desiatok centimetrov. Tento násyp bol vybudovaný nielen ako budúca plošná drenážna vrstva, ale slúžila aj pre potreby bezproblémového pohybu samotného mechanizmu pre zatlačenie geodrénov, keďže podložie je tvorené plastickými zeminami (pozri kapitolu 2).

Strojné vybavenie pre budovanie geodrénov predstavovalo hydraulické pásové rýpadlo LIEBHERR typu R 954 BV s vymeniteľným nádstavcom hydraulického ramena. Na rameno bola nainštalovaná inštalačná hlavica - viac ako 20 m dlhá oceľová konštrukcia (obrázok č. 2). Keďže samotné rýpadlo má operačnú hmotnosť v závislosti od typu nadstavca cca od 51 do 64 t, opodstatnenosť budovania spevňujúceho násypu sa potvrdila. S týmto konkrétnym zariadením je možné zabudovať 4 000 až 5 000 m geodrénov za 12 hodinovú smenu do maximálnej hĺbky 35 m s maximálnou penetračnou silou 35 ton.

Na celej ploche podložia násypu boli použité geodrény typu Mebradrain MD7007 priemernej dĺžky 10 m, ktoré aj pri maximálne povolenej až 50 % deformácii drénu

zabezpečujú jeho plnú funkčnosť. Ich základné parametre sú uvedené v tabuľke č. 3. Drény sú zatláčané do podlažia pod ochranou ocelevej pažnice. Pred samotným zatláčaním je spodný koniec geodrénu opatrený stratenou kotviacou oceľovou doštičkou, ktorá zabezpečuje uchytenie geodrénu v podlaží pri spätnom vyťahovaní vodiacej ocelevej pažnice. Horný koniec sa jednoducho odstrihne od balu upevneného na ramene mechanizmu (geodrény sú dodávané v 300 m roliach). Vyššie v texte spomínaná geobunková štruktúra a drenážna štrková vrstva v tomto prípade neslúži len na roznos prítlačenia od násypu a zvýšenie jeho stability, ale aj ako jednostranne sklonená drenážna vrstva pre geodrény. Vytlačaná voda z horninového prostredia (po prítlačení násypom) prúdi cez geodrény, geobunkovú štruktúru na bočnú stranu násypu, kde je po celej jeho dĺžke vybudovaná drenáž vyspádovaná do blízkych potokov.

Tabuľka 3: Vybrané základné parametre použitých geodrénov (podľa www.cofra.com)

Table 3: Selected base characteristics of used drains (after www.cofra.com)

Mebradrain MD7007					
Materiál jadro/obal	-	PP/PP	Prepúšťacia kapacita (10 kPa)	ml.s ⁻¹	1.10 ⁻⁴
Celková hmotnosť	g.m ⁻¹	75	Prepúšťacia kapacita (200 kPa)	ml.s ⁻¹	0,38.10 ⁻⁴
Šírka geodrénu	mm	100	Permitivita	s ⁻¹	0,3
Hrúbka geodrénu	mm	3	Súčiniteľ filtrácie	m.s ⁻¹	1,3.10 ⁻⁴
Medzná sila v ťahu	N	270	Veľkosť pórov obalu	µm	75

Kabína rýpadla je vybavená automatickým záznamovým zariadením. Toto poskytuje priebežné informácie obsluhu stroja, ktorá môže na základe nich prispôbovať rýchlosť zatlačania geodrénu. Zariadenie zaznamenáva tieto hodnoty pre každý jeden geodrénu:

- lokalizáciu (názov stavby)
- dátum a presný čas každého vpichu
- poradové číslo a inštalačnú hĺbku vpichu
- priebeh nutnej inštalačnej sily (odpor na hrote a na plášti vodiacej lišty)
- celkovú (kumulatívnu) dĺžku geodrénov

Zaznamenané informácie sa dajú ľahko exportovať do vhodného databázového programu na PC a vypracovať tak prehľadné grafy pre každý jeden vpich geodrénu. Jeden z ukázkových grafov je na obrázku č. 3. Na základe týchto záznamov možno uviesť, že v priebehu 31 dní bolo na záujmovom území inštalovaných 15 715 kusov geodrénov, čo predstavuje 149 500 m materiálu. Doba zabudovania jedného približne 10 m dlhého geodrénu vrátane presunu stroja a úpravy geodrénov (odstrihovanie a osádzanie kotviacej doštičky) je prevažne v rozmedzí cca 50 – 95 sekúnd.

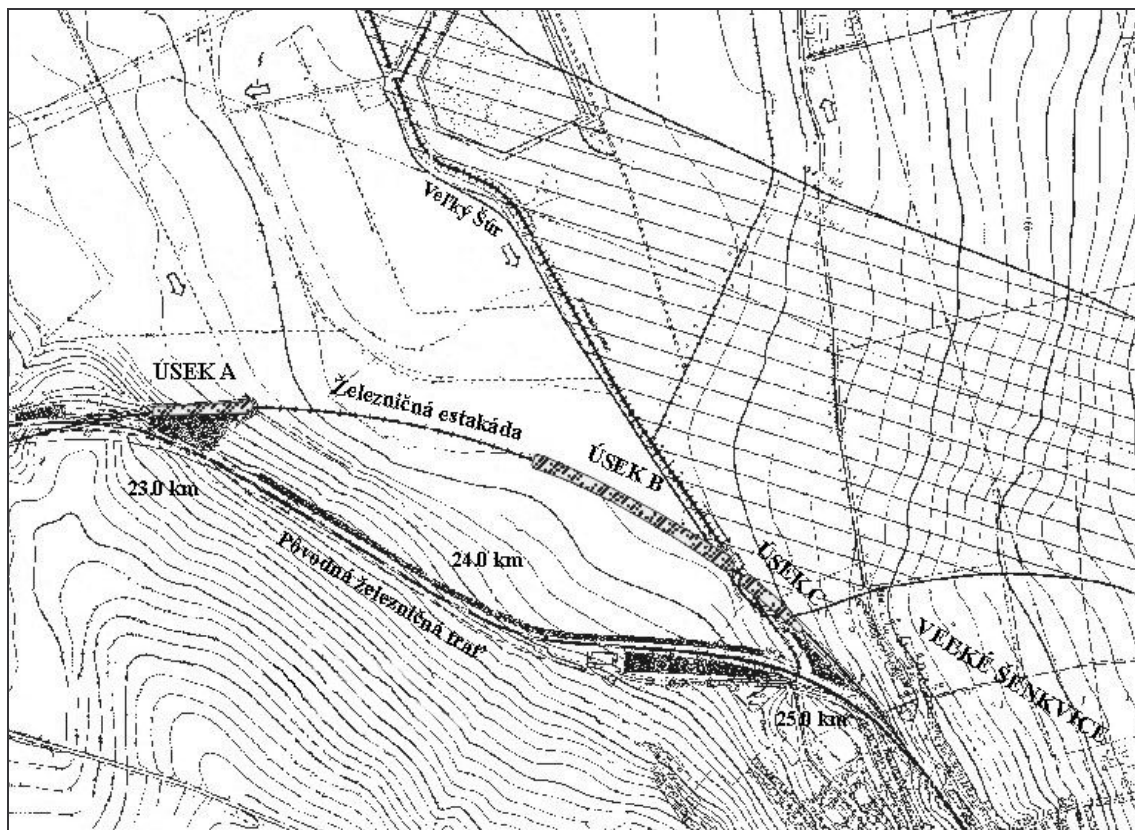
6. ZÁVER

Pri rekonštrukcii železnice na návrhovú rýchlosť 160 km/hod v okolí Šenkvic sa buduje násyp na neúnosných prevažne súdržných sedimentoch. Pre urýchlenie konsolidácie podlažia sa realizovali do hĺbky cca 10 m geodrény. Tie zabraňujú zvyšovaniu tlaku vody v póroch, urýchľujú konsolidáciu. Podľa doterajších meraní pórových tlakov, ktoré v 5 meraciach profiloch realizuje Geoexperts Žilina, jednoznačne vyplýva ich dlhodobá a priaznivá účinnosť. Zatiaľ čo pri podlaží, v ktorom nie sú zabudované geodrény vzrastá pórový tlak dvoj až trojnásobne (pozri napr. Kárnik 2002) na niekoľko sto kPa a ich disipácia trvá niekoľko mesiacov, pri geodrénoch aj pri takmer súvislom zvyšovaní násypu na tejto lokalite došlo k zvýšeniu pórového tlaku max. do cca 5 kPa. Pokles pórových tlakov na hodnotu pred ďalším zvyšovaním je nanajvyš niekoľkodňový, celkový pokles pórových tlakov v 5 profiloch

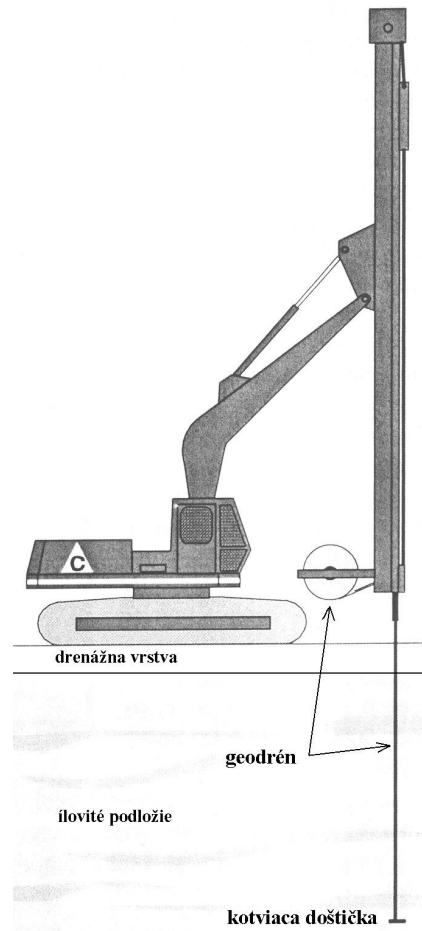
a rôznych hĺbkach má dlhodobý klesajúci trend. Urýchlenie konsolidácie podložia má za následok zvyšovanie hodnoty efektívneho normálového napätia, dochádza k zvyšovaniu šmykovej pevnosti a stability podložia. V 5 profiloch násypu sa realizuje aj monitoring deformácií podložia i vlastného násypu, ktorý overí teoretické predpoklady, že takto navrhnutý a realizovaný násyp v súčinnosti všetkých technológií skonsoliduje na 95 % do 2 rokov po skončení sypania a na nižšie hodnoty deformácie podložia oproti násypom realizovaných bez vystuženia. Doteraz je násyp prevažne nasypávaný na výšku 3 m nad geobunkovú štruktúru (výšky cca 1,2 m) t.j cca okolo 4 m. Okrem pórových tlakov (výsledky budeme podrobnejšie prezentovať počas prednášky) sa počas monitoringu merajú aj deformácie násypu a podložia veľmi presnou niveláciou, posuvným deformometrom, hydrostatickou posuvnou hadicou a v inklinometrických vrtoch (Matys et al. 2003).

Literatúra

- Baslík, R., Matys, M., Turinič, Ľ.: Voľba a optimalizácia konsolidačných metód pod násypmi. Optimalizácia geotechnických konštrukcií. 5. Slovenská geotechnická konferencia, STU SF Katedra geotechniky, 2001, s. 187 – 194, ISBN 80-227-1545-X
- Kárník, J.: Stavba R3509 Monitoring vysokých násypov.30. Zakládání staveb, Brno, 2002, zborník str. 252 – 255, ČGS ČSSI., Sekurkon, ISBN 80-7204-252-1
- Matys, M. – Baslík, R. – Turinič, Ľ.: Návrh geotechnického monitoringu násypov. 23. Polní geotechnické metody. AZ Consult a iní, Ústí nad Labem 2003 (v tlači)
- Nemčok, A.: Zosuvy v slovenských Karpatoch. Veda, Bratislava 1982, 319 s.
- Záruba, Q. – Mencl, V.: Sesuvy a zabezpečování svahů. Academia, Praha 1987, 338 s.
- www.cofra.com
- www.geotechnics.nl

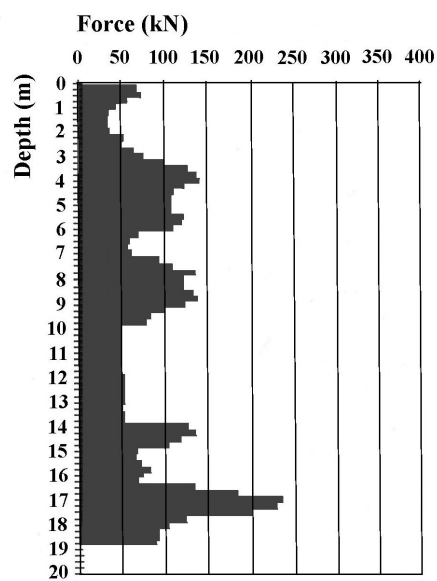


Obrázok 1: Prehľadná situácia záujmového územia
Figure 1: Situation of building site



Obrázok 2: Zariadenie na inštaláciu geodrénov (LIEBHERR typu R 954 BV)
 Figure 2: Mebradrain installation device (LIEBHERR type R 954 BV)

Mebradrain 109



Obrázok 3: Záznam priebehu inštalácie geodrénu (www.geotechnics.nl)
 Figure 3: Mebradrain installation record (after www.geotechnics.nl)