



Slovenská asociácia inžinierskych geológov
Katedra geotechniky Stavebnej fakulty STU v Bratislave
Česká a slovenská národná skupina IAEG
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra

Slovak Association of Engineering Geologists
Department of Geotechnics - Faculty of Civil Engineering, SUT, Bratislava
Czech and Slovak IAEG National Group
State Geological Institute of Dionyz Stur



INŽINIERSKA GEOLÓGIA 2012

ENGINEERING GEOLOGY 2012

AKTUÁLNE PROBLÉMY V INŽINIERSKEJ GEOLÓGII A GEOTECHNIKE

CONTEMPORARY PROBLEMS OF ENGINEERING GEOLOGY AND GEOTECHNICAL ENGINEERING

Zborník 7. konferencie Inžinierska geológia s medzinárodnou účasťou
Proceedings of the 7th Conference of Engineering Geology

Vysoké Tatry – Nový Smokovec 14. - 15. júna 2012

**Zborník 7. konferencie Inžinierska geológia s medzinárodnou účasťou
Aktuálne problémy v inžinierskej geológii a geotechnike**

Vydala Slovenská technická univerzita v Bratislave, Nakladateľstvo STU
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovenská republika.
Editor: Jana Frankovská

Za obsah príspevkov zodpovedajú autori. Príspevky boli recenzované.
Recenzenti: Ing. Jan Boháč, CSc.; doc. Ing. Marián Drusa, PhD.; RNDr. Marián Fabian; prof. RNDr. Miriam Fendeková, PhD.; doc. Ing. Jana Frankovská, PhD.; doc. RNDr. Miloslav Kopecký, PhD.; doc. Ing. Lumír Míča, PhD.; Mgr. Martin Ondrášik, PhD.; Ing. Ľubomír Petro, PhD.; doc. RNDr. Pavel Pospíšil, CSc.; Ing. Zdeněk Sekyra, CSc.; Ing. Ivan Slávik, PhD.; Ing. Monika Súľovská, PhD.; prof. Ing. Peter Turček, PhD.; doc. RNDr. Ján Vlčko, PhD.

ISBN 978-80-227-3721-0

© 2012 Slovenská technická univerzita v Bratislave

Proceedings of the 7th Slovak Conference of Engineering Geology

Published by Slovak University of Technology, Faculty of Civil Engineering,
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovak republic.

Edited by Jana Frankovská

The texts of all papers in this proceeding were prepared individually by their authors and were reviewed.

ISBN 978-80-227-3721-0

© 2012 Slovak University of Technology, Bratislava

PRAKTICKÉ PRÍKLADY ZAKLADANIA NÁSYPOV NA NEÚNOSNOM PODLOŽÍ, PLASTOVÝ MIKROPILÓTOVÝ SYSTÉM AUGEO A METÓDA HLĚBKOVÉHO HUTNENIA

PRACTICAL EXAMPLES OF EMBANKMENT FOUNDATIONS, AUGEO PILE SYSTEM AND DEEP COMPACTION METHOD

Daniel Malík¹

¹*Cofra – Chemia, s.r.o., Zadunajská cesta 10, 851 01 Bratislava,
e-mail: malik@cofra.sk*

Abstrakt: Plastový mikropilótovej systém AuGeo bol použitý pre zakladanie násypového telesa na predportálových častiach vysokorýchlostnej železničnej trate tunela Turecký vrch. Priemerná hĺbka inštalácie pilótovej systému AuGeo bola 6,0 m s celkovým množstvom 5041 kusov. Metóda Cofra hĺbkového hutnenia (CDC) bola použitá pre zakladanie násypu rýchlostnej cesty R1, Nitra západ - Selenec. Celková zhutnená plocha bola 9911 m² s preukázateľným hĺbkovým dosahom až do 8,0 m.

Abstract: Plastic micropile system AUGEO had been used for embankment foundation for high speed rail in preportal parts of Turecky vrch (Slovakia) tunnel. Average depth installation of AUGEO piles was 6,0m with total of 5041 pcs. of the piles. The Dynamic compaction had been used for embankment foundation at R1 highway, Nitra zapad – Selenec. The total compacted area was 9911 m² and the impact of the compacting was up to 8,0 m.

Kľúčové slová: hĺbkové hutnenie, násyp, tunel, rýchlostná cesta

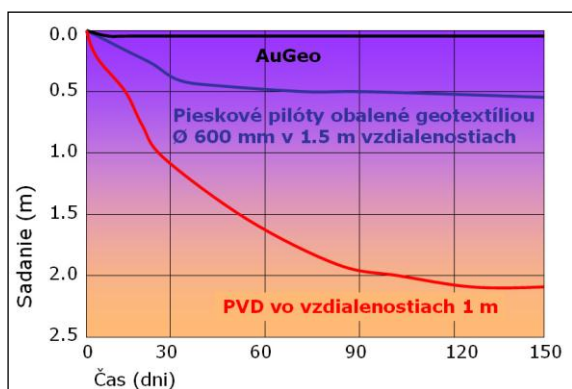
Key words: deep compaction, embankment, tunnel, speed highway

1. Úvod

O zakladaní stavieb na neúnosnom podloží vyšlo v poslednej dobe viacero odborných publikácií. Vzhľadom na vývoj technológií (predovšetkým využívania výrobkov z plastov) v poslednom desaťročí sa okruh využiteľných technológií značne rozšíril. Predtým najčastejšie využívané technológie (napr. výmena podložia, štrkopieskové piliere a pod.) už nie sú jedinými metódami, ako rýchlo a účinne riešiť problémy takéhoto druhu. Taktiež, ale nemožno zabúdať na niektoré technológie, ktoré z rôznych dôvodov „zapadli“ prachom. Využitím plastov v stavebníctve sa otvorili nové možnosti, ako ich využívať v kombinácii so zaužívanými technológiami alebo „na podobný spôsob“. Vzhľadom na to, že mnohé stavby majú v súčasnosti veľmi napätý časový harmonogram, využitie týchto technológií im dáva šancu získať časovú rezervu počas výstavby. Hlavným pozitívom využitia týchto technológií sú však ich technické parametre, ktoré zaručujú funkčnosť konštrukcií dlhodobo po výstavbe. V tomto praktickom príspevku sa budeme venovať technológii zakladania železničného násypu na neúnosnom podloží - plastový mikropilótovej systém AuGeo® na vysokorýchlostnej trati Nové Mesto – Púchov a metóde Dynamického hutnenia pre úsek rýchlostnej cesty R1 Nitra, západ - Selenec.

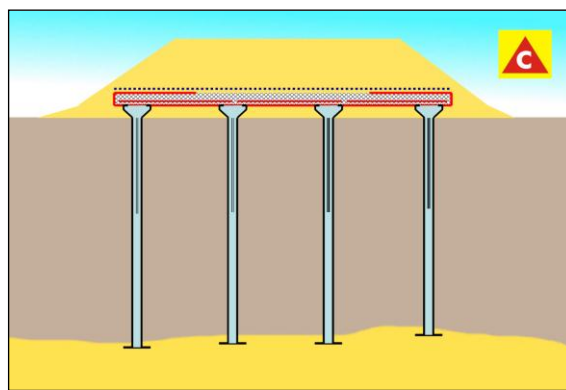
2. Plastový mikropilóťový systém AuGeo®

Systém AuGeo® bol vyvinutý odborníkmi holandskej spoločnosti Cofra BV. Jedná sa o systém zakladania násypov, ktorý sa používa v miestach, kde sa v podloží nachádzajú málo únosné sedimenty (napr. hliny, íly kašovité, jemnozrnné piesky, rašelina apod.), v podloží ktorých sa do hĺbky max. 10,0 m nachádzajú vrstvy únosných zemín alebo hornín. Systém sa skladá z plastových (HDPE) mikropilót s rozšírenou hlavou, opatrených armokošom a vyplnených betónom, ktoré sú opreté resp. votknuté do únosných vrstiev. Hlavy mikropilót sú prekryté výstužnou roznášacou vrstvou z vysokopevnostných výstužných geomreží, vyplnenej štrkodrvou vhodnej frakcie. Princíp kombinácie pilót a vysokopevnostných geomreží vychádza z metodiky BS 8006 a nemeckej metodiky EBGeo, založenej na vytvorení klenbového efektu a roznosu zaťaženia na hlavy pilót. Výstužná roznášacia vrstva prenáša zaťaženie na hlavy mikropilót s rozdelením napätí cez výstužné geomreže. Samotné plastové mikropilóty toto zaťaženie prenášajú na únosné podložie, čím sa dosahuje stav, kde mäkké sedimenty sú minimálne zaťažované. Táto skutočnosť má veľký vplyv na celkové sadanie, ktoré sa vhodným založením systému AuGeo® úplne zminimalizuje (Obr. 1).



Obr. 1: Porovnanie AuGeo® systému s rôznymi aplikáciami na celkové sadanie systému AuGeo®

Fig. 1: Comparing of AuGeo® system with different applications on total settlement



Obr. 2: Schéma plastového mikropilóťového systému

Kombinácia výstužných geomreží s pilótami však prináša nové dimenzie:

- úspory prírodných materiálov – bezvýkopová technológia
- ekonomické úspory počas zabudovania a následne počas prevádzky – vhodne navrhnutý raster s výstužnými geomrežami zabezpečuje nízke deformácie na povrchu, čím sa znížia náklady na sanáciu
- technológia šetrná k prírode – bezvibračná a málo hlučná inštalácia bez rozrušenia zeminy, materiály nezávadné voči životnému prostrediu.

Inštalácia plastových mikropilót prebieha statickou silou pomocou špeciálnej aplikačnej hlavice namontovanej na pásovom nosiči. Plastové HDPE rúry priemeru 178/150 mm s oceľovou pätou rozmerov 230x230 mm a plastovou záslepkou sa inštalujú do podložia pod ochranou oceľovej pažnice. Po dosiahnutí únosného podložia, (inštalčný tlak a hĺbka kontrolované digitálnym zariadením) sa oceľová pažnica sa vytiahne, plastová rúra sa odreže na požadovanú úroveň, osadí sa plastová hlavica mikropilóty, vloží sa vystužovací armokoš a mikropilóta sa vyplní betónom. Po zhotovení mikropilót v danom rasteri je priestor medzi hlavicami potrebné vyplniť materiálom jemnozrnej frakcie (Obr. 4). Výstužná roznášacia vrstva z jednoosových vysokopevnostných výstužných geomreží sa pokladá priamo na hlavy mikropilót (Obr. 5), najprv v priečnom a potom v pozdĺžnom smere na budúci násyp. Šírka a výška tejto výstužnej vrstvy je vymedzená zárážkami po okrajoch vrstvy. Po dosypaní

a zhutnení (Obr. 6) štrkodrvy vhodnej frakcie sa vrstva obalí, čím je plastový mikropilóťový systém AuGeo[®] pripravený na prenos zaťaženia od budúceho násypu (obr.2).

Stavba: ŽSR, Modernizácia železničnej trate Nové Mesto n/V - Púchov, nžkm 100,500-159,100 pre traťovú rýchlosť do 160 km/h, I.etapa UČS 24 Úsek Nové Mesto n/V. – Trenčianske Bohuslavice

Objekt: SO 24-32-02 Nové Mesto n/V – Trenčianske Bohuslavice, železničný spodok

Modernizácia železničnej trate pre traťovú rýchlosť 160 km/h si žiada na mnohých úsekoch železničného koridoru úpravu podložia pre nevhodné základové pomery a nízku únosnosť podložia. V prípade napojenia nových železničných násypov na existujúce násypy je potrebné zamedziť veľkému sadaniu nových násypov alebo toto sadanie minimalizovať. Na úseku nžkm 102,020 – 102,340 (južný úsek) sa jedná o zakladanie nového násypu preložky železničnej trate. V nžkm 104,500 – 104,600 (severný úsek) sa jedná o prepojenie nového a starého železničného násypu pod pevnou jazdnou dráhou.

3. Návrh mikropilóťového systému AUGEO[®]

- *južný úsek*

Zakladanie násypu na mikropilóťovom systéme AUGEO[®] na južnom úseku vychádza z potreby, založiť nový železničný násyp na neúnosnom podloží. Dĺžka mikropilót AUGEO[®] približne kopíruje skalné podložie v hĺbke 5,0 až 7,0 m a pri dosiahnutí projektom požadovanej zatláčacej sily 350 kN sme inštaláciu jednotlivých pilót ukončili.

Systému AUGEO[®] bol vytvorený pre rôzne výškové intervaly násypu, meraných bez koľajového lôžka a nad upraveným terénom. Tieto intervaly sú: násyp do 3 m, od 3 do 4 m a od 4 do 4,5 m. Pre každý výškový interval prináleží iná osová vzdialenosť pilót.

Mocnosť štrkodrvového vankúša je 600 mm v prípade násypu výšky do 3 m, v ostatných prípadoch 800 mm. Štrkodrvový vankúš bol budovaný z materiálu frakcie 0-63.



Obr. 3: Nainštalované mikropilóty vyplnené betónom



Obr. 4: Priestor medzi mikropilótami vyplnený jemnozrnným materiálom

Fig. 3: Installed and filled piles with the concrete

Fig. 4: Space between the piles filled with the sandy material

- **severný úsek**

Železničný násyp je navrhnutý ako napojený prísyp k existujúcemu starému násypu pod pevnou jazdnou dráhou. Návrh zakladania násypu na mikropilótovom systéme AUGEO[®] sa opiera o skalné podložie v hĺbke od 6,0 do 8,0 m a pri dosiahnutí projektom požadovanej zatlačacej sily 350 kN sme inštaláciu jednotlivých pilót ukončili.



Obr. 5: Vysokopevnostné geomreže položené na hlavách mikropilót



Obr. 6: Budovanie vankúša zo štrkodrvy

Fig. 5: High tensile geogrid layed on the pile caps Fig. 6: Construction of gravel pillow

Návrh systému AUGEO[®] bol na severnom úseku vytvorený pre výškový interval násypu 3,0 až 4,0 m, meraných bez koľajového lôžka a nad upraveným terénom. Mocnosť štrkodrvového vankúša je 800 mm. Štrkodrvový vankúš bol budovaný z materiálu frakcie 0-63.

4. Dynamické hutnenie

Metóda Cofra dynamického hutnenia – CDC (Obr. 7) je rýchla a osvedčená technika hutnenia zemín. Podložné vrstvy sú hutnené z povrchu terénu padaním 9 – 16 ton ťažkého závažia z vopred určenej výšky v intervaloch od 40 do 80 úderov za minútu. Celkové zhutnenie závisí od typu zeminy, od vstupnej energie, požadovaného stupňa zhutnenia a je merateľné do hĺbky 8 m.

Realizácia dynamického hutnenia prebieha nasledovne:

- pláň musí byť vodorovne upravená (poprípade terasovite upravená)
- pásový nosič s hutniacou nohou hutní zeminy podľa požiadavky budúcej stavby a posúva sa smerom dozadu
- po ukončení hutnenia sa prevádzajú kontrolné skúšky zhutnenia pomocou statických alebo dynamických penetračných sond na vybraných hutnených miestach (v závislosti od celkovej hutnenej plochy)



Obr. 7: Strojné vybavenie dynamického hutnenia

Fig. 7: Machinery for CDC



Obr. 8: Skúšobné pole pre dynamické hutnenie

Fig. 8: Test field for CDC

Použitie dynamického hutnenia je vhodné v nesúdržných zeminách, pri prechodových oblastiach (napr. aj skládok), pri zakladaní hál a objektov na neúnosnom podloží (napr. medzistaničné priestory atď.). Dynamickým hutnením je možné adekvátne nahradiť štrkové piliere. Výhodou je rýchlosť prevádzania dynamického hutnenia, cca 2000 m² denne.

Použitie hutniacej nohy závisí od požiadavky zhutnenia prostredia. Používame 3 typy o Ø 1,5m; 2,0m a 2,6m. V závislosti od požadovaného stupňa a hĺbky zhutnenia sa zvolí potrebný priemer (čím je Ø nohy menší, tým sa dosiahne väčšia hĺbka). Použitie dynamického hutnenia je vhodné aj v intraviláne, kde minimálna vzdialenosť od zástavby je cca 15,0 m, s tým, že je potrebné merať vibrácie v budove. Vzdialenosť sa dá aj skrátiť napr. vytvorením ryhy pred alebo v okolí budovy. Technológia dynamického hutnenia umožňuje rýchlo a efektívne pripraviť podložie na ďalšiu výstavbu.

Stavba: Rýchlostná cesta R1, Nitra, západ – Selenec, PPP projekt

Objekt: SO 101, km 1,200 – 1,400

V rámci sanačných opatrení bolo na úseku SO 101 realizované dynamické hutnenie za účelom dynamicky konsolidovať podložné vrstvy a zvýšiť stabilitu podložia zemného telesa. Podložné vrstvy tvorili spraše a hĺbka hladiny podzemnej vody bola 10m pod povrchom. Pred realizáciou dynamického hutnenia sme si vytvorili skúšobné polia (Obr. 8), na ktorých boli prevedené 4 dynamické penetračné skúšky. Na týchto miestach sme urobili pokusné hutnenia s počtom úderov: 25, 40, 55 a 70 a frekvenciou 45 úderov/min. Z výsledkov uvádzam v tabľke vybrané momenty (Nm).

Hĺbka	Sonda S3 – 55 úderov			Sonda S4 – 70 úderov		
	Moment pred hutnením	Moment po hutnení	% nárast (pokles)	Moment pred hutnením	Moment po hutnení	% nárast (pokles)
1m	31.8	37.8	118 %	42	28	66 %
2m	42.7	28.4	66 %	28.9	53.5	185 %
3m	37.7	32.5	86 %	32.8	57.5	175 %
4m	38.2	32.8	86 %	32.5	51.9	160 %
5m	50.8	38	65 %	31.8	63.2	200 %
6m	57.6	33	57 %	21.3	75	372 %
7m	-	45		46.8	71.2	152 %
8m	-	40		41.9	71.2	170 %



Obr. 9: Depresia po 70 úderoch
Fig. 9: Depression after 70 blows



Obr.10: Hutnená pláň
Fig 10: Compacted area

Z pokusu bolo evidentné, že pri 55 úderoch došlo len k porušeniu štruktúrnej pevnosti spraší a z toho vyplývajúcej poklesu únosnosti (pod 100%). Pri 70 úderoch (Obr.9) došlo okrem porušenia štruktúrnej pevnosti spraší aj k dohutneniu, čo sa prejavuje zvýšeným odporom momentu. Pri prepočte tu bola nameraná výrazne vyššia únosnosť. V uvedenej tabuľke je evidentný hĺbkový dosah, kedy ešte pri hĺbke 8m je účinnosť hutnenia odvodená z momentu až 170%. Takto môžeme predpokladať dosah hutnenia až do 10m. Pre ďalší postup hutnenia sme pokračovali so 70 údermi na celej hutnenej pláni (Obr 10).

5. Záver

Zakladanie násypov pomocou plastového mikropilótového systému a pomocou metódy dynamického hutnenia sú rýchle a v praxi už osvedčené techniky zakladania. Tieto dve technológie boli úspešne zrealizované na Slovensku spoločnosťou Cofra – Chemia s.r.o. v roku 2010. V Európe a vo svete máme za sebou množstvo úspešných realizácií.

AuGeo mikropilótový systém bol použitý pre zakladanie násypov na stavbe „ŽSR, Modernizácia železničnej trate Nové Mesto n/V - Púchov, žkm 100,500-159,100 pre traťovú rýchlosť do 160 km/h“ v nžkm 102,020 – 102,340 a 104,500 – 104,600, tak aby nevykazovali počas a po výstavbe žiadne, resp. minimálne sadanie. Toto riešenie sa začalo realizovať na južnom úseku (nžkm 102,020 – 102,340) v polovici Januára 2010 s termínom ukončenia v polovici Marca 2010, celkovom počte AuGeo mikropilót 2933ks v hĺbkach 5,0 až 7,0 m. Severný úsek (nžkm 104,500 – 104,600) sa začal následne realizovať v mesiaci jún 2010 s termínom ukončenia Júl 2010, celkovom počte AuGeo mikropilót 2108ks v hĺbkach okolo 6,0 – 8,0 m. O rýchlosti a funkčnosti celého systému jasne hovorí celková rýchlosť realizácie a fakt, že na južnom úseku už 2 mesiace po realizácii bolo možné spustiť železničnú dopravu. Pre lepšie sledovania správania sa mikropilótového základu sme nainštalovali do vybraných mikropilót meracie zariadenia, z ktorých prebieha zber dát priebežne. Ako strojné vybavenie bolo použité pásové rýpadlo CAT385 so špeciálne upravenou hlavícou.

Metóda dynamického hutnenia bola použitá v rámci prvého PPP projektu na Slovensku, v úseku Nitra, západ – Selenec, SO 101 (km 1,200 – 1,400). Primárna potreba projektu bola eliminovať čas konsolidácie konsolidačným násypom. Metóda dynamického hutnenia sa v tomto prípade ukázala ako vysoko efektívna. Realizácia dynamického hutnenia bola vykonaná v mesiaci Február 2010. Celková zhutnená plocha bola 9911 m², frekvencia úderov bola 45/min. a počet úderov na jeden bod bolo 70. Ako strojné vybavenie bolo použité pásové

rýpadlo CAT345 so špeciálne upravenou hlavicou. Priemer hutniacej nohy bol 2m a hmotnosť kladiva bola 9t. Denný výkon hutnenia bol cca 2000 m².

Záverom môžeme konštatovať, že vyššie uvedené technológie boli vysoko efektívne, finančne a časovo nenáročné vzhľadom na ich ďalšie následné využitie. V súčasnom období sú v pláne ďalšie projekty zakladania na neúnosnom podloží, či už pomocou plastového mikropilótového systému AuGeo alebo pomocou dynamického hutnenia.



Spoločiteľ partner v inžinierskych stavbách

ARCADIS Geotechnika a.s. (predtým Stavební geologie – Geotechnika, a.s.) je s viac ako 85-ročnou tradíciou najväčšou a najstaršou geotechnickou konzultačnou spoločnosťou v Českej republike, a je súčasťou silného medzinárodného konzorcia konzultačných a inžinierskych firiem ARCADIS.

Na Slovensku pôsobí od roku 2004 prostredníctvom svojej organizačnej zložky s komplexným riešením geotechnických a environmentálnych problémov a riadenia stavebných projektov v oblasti inžinierskych stavieb.

Viac informácií:

ARCADIS Geotechnika a.s.
Organizačná zložka Slovensko
Miletičova 23
821 09 Bratislava, SR
Tel/fax: +421 2 502 44 475
e-mail: michalica@arcadisgt.sk

ARCADIS Geotechnika a.s.
Sídlo materskej spoločnosti
Geologická 988/4
152 00 Praha 5, ČR
www.arcadisgt.cz

Imagine the result

 **ARCADIS** GEOTECHNIKA