

## ZAKLADANIE NÁSYPOV NA NEÚNOSNOM PODLOŽÍ

František Malík, Mgr.  
Cofra – Chemia s.r.o. Bratislava

### 1 ÚVOD

Plastový mikropilóťový systém AUGEO® sa používa pri zakladaní násypového telesa na neúnosnom podloží a zabezpečuje jeho funkčnosť pri minimálnom sadaní. Je založený na prenose zaťaženia pomocou spolupůsobenia mikropilóťového základu a vysokopevnostných výstužných geomreží. Mikropilóty sú zložené z korugovanej HDPE rúry s rozšírenou hlavou, vyplnenou betónovou zmesou, do ktorej sa vkladá oceľová výstuž. Päť pilóty tvorí rozšírená oceľová platň a. Mikropilóty vyhotovené v navrhnutom rastrí (trojuholníkový alebo štvorcový) sú prekryté vysokopevnostnou výstužnou geomrežou. Výstužná geomreža položená v dvoch vrstvách v kombinácii so štrkodrvou vhodnej frakcie vytvára roznášaciu vrstvu – plošný základ pre zakladanie násypu.

Ďalšou metódou zakladania násypov na neúnosnom podloží je plošné zakladanie násypov na podloží upravenom vertikálnymi prefabrikovanými drénmi Mebradrain®. Vertikálne drény urýchľujú konsolidáciu podložia vyvolanú prítlačením od násypového telesa. Inštalujú sa penetračne pomocou špeciálnej vŕtačnej hlavice namontovanej na pásovom rýpadle. Pri inštalácii vertikálnych drénov sa na špeciálnom zariadení zaznamenáva dosiahnutá hĺbka a sila potrebná pre inštaláciu každého drénu. Drény sa inštalujú podľa geotechnických výpočtov vo vhodnom aplikačnom rastrí.

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.

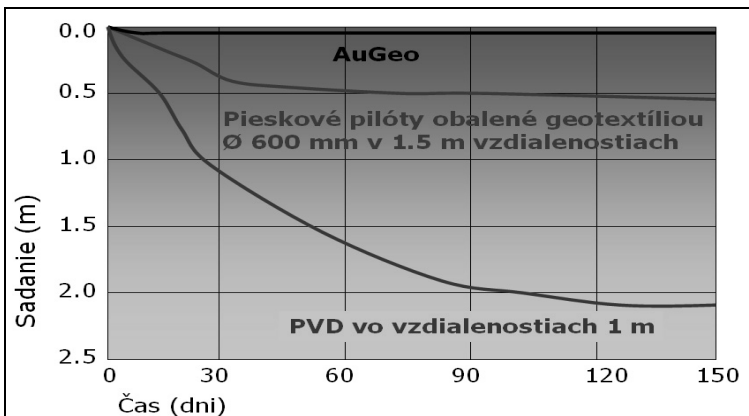
Využitím plastov v stavebníctve sa otvorili nové možnosti, ako ich využívať v kombinácii so zaužívanými technológiami alebo „na podobný spôsob“. Vzhľadom na to, že mnohé stavby majú v súčasnosti veľmi napätý časový harmonogram, využitie týchto technológií im dáva šancu získať časovú rezervu počas výstavby. Hlavným pozitívom využitia týchto technológií sú však ich technické parametre, ktoré zaručujú funkčnosť konštrukcií dlhodobo po výstavbe.

V tomto článku opíšeme dve špeciálne technológie zakladania násypov dopravných stavieb: plastový mikropilóťový systém AuGeo® a prefabrikované vertikálne drény MebraDrain®. Tieto technológie sú bezvibračné, rýchle, ekonomicky výhodné a šetrné k životnému prostrediu.

### 2. PLASTOVÝ MIKROPILÓTOVÝ 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 únos-

ných zemín alebo hornín. Systém sa skladá z plastových (HDPE) mikropilót s rozšírenou hlavice, opatrených armokošom a vyplnených betónom, ktoré sú opreté resp. votknuté do únosných vrstiev. Hlavice mikropilót sú prekryté výstužnou roznášacou vrstvou z vysokoepnostných výstužných geomreží, vyplnenej štrkodrovou vhodnej frakcie. Vystužená základňa násypu 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. Zakladanie násypov pomocou hlbinného založenia na pilótach nie je úplne novou technológiou. Už v 70-tych rokoch minulého storočia sa zakladali násypy pomocou veľkopriemerových pilót až do únosného podložja. Tu však boli zaznamenané nerovnomerné sadania, vyplývajúce zo skutočnosti, že priestor medzi pilótami bol zaťažovaný rovnako ako samotné pilóty.



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

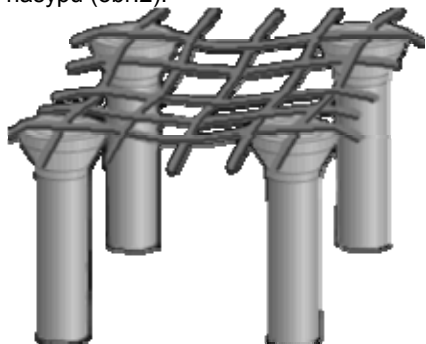
Kombinácia výstužných geomreží s pilótami však prináša nové dimenzie:

- 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 priaznivé voči životnému prostrediu.

Inštalácia plastových mikropilót prebieha statickou silou pomocou špeciálnej aplikáčnej hlavice namontovanej na pásovom nosiči. Plastové HDPE rúry priemeru 178/150 mm s ocelovou päťou rozmerov 230x230 mm a plastovou záslepkou sa inštalujú do podložja pod ochranou ocelevej pažnice. Po dosiahnutí únosného podložja, (inštalčný tlak kontrolovaný digitálnym zariadením) sa plastová rúra vyplní na 75 % betónom, ocelová pažnica sa vytiahne, plastová rúra sa odreže na požadova-

nú úroveň, osadí sa plastová hlavica mikropilóty, vloží sa vystužovací armokoš a rúra sa doplní betónom.

Po zhotovení mikropilót v danom rastrí je priestor medzi hlavicami nutné vyplniť materiálom jemnozrnej frakcie. Výstužná roznášacia vrstva z jednoosových vysokopevnostných výstužných geomreží Paralink™ sa pokladá priamo na hlavice mikropilót, najprv v priečnom a potom v pozdĺžnom smere na budúci násyp. Šírka a výška tejto výstužnej vrstvy je vymedzená zarážkami po okrajoch vrstvy. Po dosypaní a zhutnení štrkodrvy vhodnej frakcie sa vrstva uzatvorí (obalí sa), čím je plastový mikropilótový systém AuGeo® pripravený na prenos zaťaženia od budúceho násypu (obr.2).



Obr. 2: Schéma plastového mikropilótového systému AuGeo®

Pri navrhovaní systému AuGeo® sa využíva špeciálny výpočtový softvér, ktorý pracuje na báze BS 8006. Najpresnejšie výsledky ale vykazuje výpočtové alebo 2D/3D modelovanie pomocou metódy konečných prvkov v programe PLAXIS. V súčasnosti sa overuje nemecká výpočtová metóda EBGeo.

Vysokopevnostné výstužné geomreže sú definované na základe návrhu z výpočtového softvéru. Pri návrhu sa berie do úvahy niekoľko bezpečnostných faktorov, ktoré vplyvajú na dlhodobé chovanie geomreží. Pri voľbe typu geomreží je dôležité poznať aj podmienky prostredia (agresivita zemín

a vôd), klimatické vplyvy apod.

### 3 VERTIKÁLNY PREFABRIKOVANÝ GEODRÉN - MEBRADRAIN®

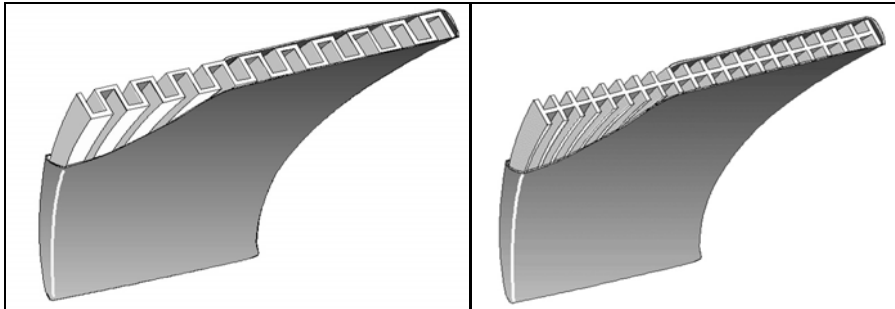
Na urýchlenie konsolidácie bol vyvinutý vertikálny prefabrikovaný geodrén MebraDrain®. Tento systém sa používa tam, kde sa pod zaťažením (od násypu alebo inej konštrukcie) očakáva veľké sadanie, pričom časový priebeh sadania je dlhší než je prípustné z hľadiska postupu výstavby. V takýchto prípadoch sa inštaláciou vertikálnych prefabrikovaných geodrénov v trojuholníkovom rastrí docieli skrátenie únikovej dráhy vody a tým aj urýchlenie konsolidácie podložja. Zníženie pórových tlakov potom zapríčiní zmenu totálnych šmykových parametrov na efektívne, čím sa nepriamo zvýši stabilita podložja.

Vertikálny prefabrikovaný drén MebraDrain® sa skladá z tuhého PP jadra v tvare H alebo U, ktoré je obalené netkanou tepelne upravenou PP geotextíliou, (obr. 3). Netkaná geotextília vytvára filtračný obal, čím sa zamedzuje kolmatácii drenážnych kanálikov jemnozrnnou zeminou, zároveň je však zabezpečená filtrácia vody.

Drenážne kanáliky tuhého jadra nie sú vzájomne prepojené, čím sa docieli laminárne prúdenie a tým aj lepšia drenážna funkcia (oproti turbulentnému prúdeniu, kde môže dôjsť k zacyklovaniu – vírivému pohybu vody, čo spomaľuje drenáž).

Veľmi dôležitým parametrom pre zachovanie funkčnosti vertikálnych drénov je deklarácia zachovania drenážnej kapacity (prietočnosti) v poprehýbanom stave nezávislou skúšobňou. Vertikálne geodrény sú inštalované vo vzpriamenom a natiahnutom stave. Počas pôsobenia povrchového zaťaženia sa podložie a tým aj geodrény vo zvislom smere stláčajú, pričom v prípade väčších sadaní dochádza

k zníženiu až prerušeniu drenáže. Vertikálne prefabrikované drény MebraDrain® disponujú certifikátom vydaným nezávislou skúšobňou COMO (KIWA), ktorý je vydaný na základe početných skúšok (jednou z nich je skúška prietočnosti v poprehýbanom stave).



Obr. 3: Profily vertikálneho geodrénu MebraDrain®

Prefabrikované vertikálne drény MebraDrain® sa aplikujú predovšetkým v oblastiach s vysokou hladinou podzemnej vody, kde sa v podloží nachádzajú jemnozrnné sedimenty (íly, hlíny, prachovité alebo jemnozrnné piesky). Tieto sedimenty sú charakteristické nízkym koeficientom filtrácie a nízkym súčiniteľom konsolidácie. Najvhodnejším riešením pre urýchlenie drenáže je vertikálne geodrény votknúť do podložných relatívne priepustnejších sedimentov, čím sa zabezpečí obojsmerná drenáž (obr. 4).

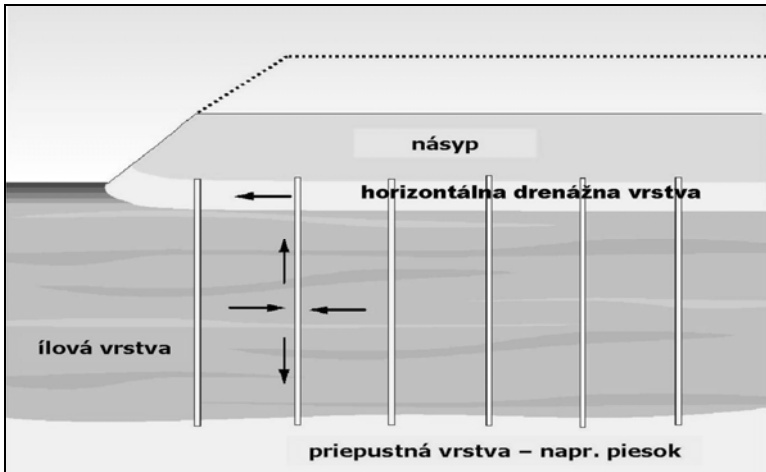
Inštalácia vertikálnych prefabrikovaných drénov MebraDrain® prebieha pomocou hydraulikkej aplikačnej hlavice namontovanej na pásový podvozok. Inštalácia tak ako v prípade systému AuGeo® je kontrolovaná špeciálnym digitálnym zariadením, ktoré zaznamenáva po daných hĺbkových intervaloch hĺbku a inštaláčny tlak. Každý geodrén je na povrchu po vytiahnutí aplikačnej pažnice odstrihnutý vo výške cca 30 cm nad terénom. Po zhotovení geodrénu je potrebné na aplikačnú pláň naniest' vrstvu plošného drénu – štrkodrvu vhodnej frakcie alebo plošný drenážny geokompozit. Plošná drenážna vrstva má za úlohu odvieš' vodu spod telesa násypu do zberných rigolov pozdĺž násypu.

Pre výpočet rozmiestnenia drénov existuje niekoľko spôsobov. Najznámejšími sú Barronov vzťah a Kjelmanov vzťah, veľmi účinné je modelovanie pomocou metódy konečných prvkov (napr. v programe PLAXIS).

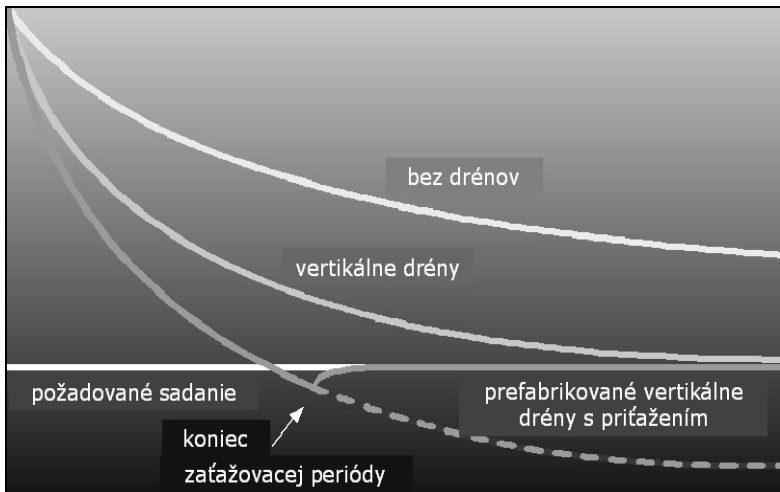
Vertikálne prefabrikované drény sú výhodnejšie oproti iným metódam urýchlenia konsolidácie (obr. 5) v nasledujúcich ukazovateľoch:

- šetrné k životnému prostrediu - bezvýkopová a bezvýplňová technológia, použité materiály nie sú škodlivé životnému prostrediu;
- ekonomická technológia – v porovnaní s inými technológiami aj pri hustejšom rastri predstavuje ekonomickejšie riešenie, pričom hustejší raster umožňuje urýchlenie výstavby stavebných objektov (urýchli sa konsolidácia);
- rychlosť výstavby – pri optimálnych podmienkach až 8000 bm/deň;

- digitálna kontrola hĺbky a tlaku pri inštalácii – kontrolovaný zaručený dosah požadovanej hĺbky.



Obr. 4: Schéma funkcie drénu



Obr. 5: Vplyv geodrénov MebraDrain® na požadované sadanie násypu

#### 4 ZÁVER

Vyššie spomenuté technológie si nachádzajú svoje uplatnenie tak na Slovensku a v Čechách, ako aj v Európe a vo svete. Napriek svojej progresivite sa na týchto systémoch stále pracuje a neustále podliehajú inováciám.

V súčasnom období vznikajú projekty s použitím systému AuGeo® na Slovensku a v Čechách (železničné koridory, diaľničné násypy). Plastový mikropilóťový systém AuGeo® bol napríklad v Malajzii použitý pri zakladaní násypov hlavného železničného koridoru pre dvojkoľajovú dopravu na trati Rawang – Ipoh v celkovej dĺžke mikropilóť približne 600 km. Na problematických úsekoch novobudovanej diaľnice A15 v Holandsku (Hardinxveld, Giessendam, Wijngaarden) a železničných koridorov v celej Európe bol systém AuGeo® použitý pri zakladaní viacerých objektov.

Vertikálne geodrény MebraDrain® boli na Slovensku inštalované pod telesá násypov rôznych diaľničných a železničných stavieb (Šenkvice, Ožďany, Prešov-Svinia). V Českej republike plnia svoju funkciu pod objektmi D47 (úseky 4704-06), D1 (Mořice – Kojetín) a taktiež plnia funkciu stabilizácie zosuvného svahu Rabenov pri Ústí nad Labem.

V Európe bol tento systém použitý na viacerých stavbách, tak v Holandsku na diaľniciach (St. Nazaire, Sloelijn, N470, diaľnica A2) ako aj v iných krajinách EU (Nórsko, Francúzsko, Belgicko, Nemecko, Španielsko...) a v celom svete (Jamajka, Maroko, Nigéria, Južná Kórea, Thajsko...).

V súčasnosti sa pripravuje niekoľko ďalších projektov s použitím týchto systémov, ktoré sa budú realizovať v blízkej budúcnosti.

#### 5 POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] Alexiew D. (2006): *Piled embankments: Overview of Methods of significant Case studies*. 13<sup>th</sup> Danube European Conference on Geotechnical Engineering
- [2] Cortlever, N.G. (2002), *Settlement free embankments with AuGeo-piling system*, Cofra b.v. Amsterdam
- [3] Drusa, M., Prelovský, B. (2007): *Problémy pri navrhovaní a realizácii vysokých násypov na neúnosnom podloží*, Geosyntetika v stavebníctve 2007, p.123-131
- [4] Naughton, P.J., (2007). *The significance of critical height in the design of piled embankments*. Proc. of Geo-Denver 2007, New peaks in geotechnics, ASCE GSP 172, Soil Improvement, 18-21 February, Denver
- [5] Naughton, P.J., Prelovsky, B., Scotto, M., Kempton, G.T. (2008): *25 rokov skúseností a vývoja technológie zakladania násypov na pilóťach s geosyntetikou na báze*, Zborník konferencie Zakládání staveb 2008 Brno, ISBN: 978-80-86604-38-1
- [6] Russel, D., Naughton, P., Kempton, G. (2003): *A new design procedure for piled embankments*. 57th Annual Geotechnical Canadian Conference