

Vystužené horninové konštrukcie na stavbe D1 Fričovce – Svinia

V samotných projektoch alebo aj procese výstavby existujú a v poslednom čase sa spomínané inovácie aj vo väčšej miere uplatňujú najmä vďaka metodike žltého FIDICU. Hlavný dôvod je, že tieto technické riešenia prinášajú výrazný ekonomický efekt pre zhotoviteľa. Okrem finančného efektu poskytujú vystužené horninové konštrukcie aj technickú a estetickú alternatívu ku tradičným oporným gravitačným konštrukciám. Tento príspevok sa podrobnejšie venuje riešeniam vystužených konštrukcií na stavbe diaľnice D1 Fričovce – Svinia na Slovensku.

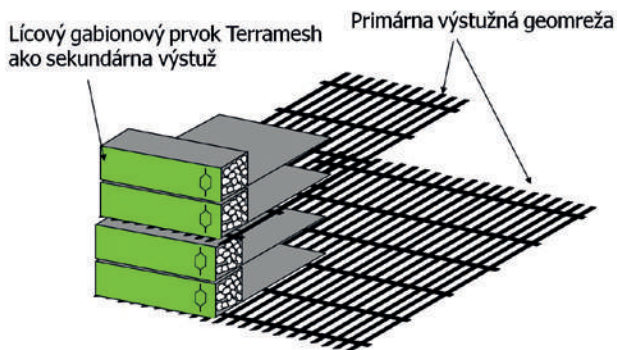
ÚVOD

Diaľnica D1 Fričovce – Svinia sa nachádza na východnom Slovensku, začína v križovatke Fričovce a končí v križovatke Svinia, kde sa napája na úsek D1 Svinia – Prešov, západ. Vybudovaním tohto úseku diaľnice sa odkloní tranzitná doprava z cesty I/18, ktorá prechádza stredom obcí Hendrichovce, Bertotovce a Chminianská Nová Ves. Výstavba diaľnice je súčasťou projektov zaradených do Operačného Programu Doprava (OPD). Investor, Národná diaľničná spoločnosť uzavrela zmluvu o výstavbe tohto úseku so zhotoviteľom prác (Doprastav a. s. a Strabag s. r. o.). S realizáciou tohto 11,2 km dlhého úseku sa začalo koncom roka 2011, buduje sa v plnom profile. Trasa obsahuje 14 diaľničných mostov ponad príslušné údolia. Stavba diaľnice je realizovaná podľa zmluvných podmienok žltej knihy FIDIC, ktorá umožňuje zhotoviteľovi optimalizovať jednotlivé konštrukcie z hľadiska efektívnosti finančných a časových nárokov realizácie stavby. Základné parametre, technické a kvalitatívne požiadavky sú dané súťažnými podmienkami objednávateľa stavby Národnej diaľničnej spoločnosti a prijatou ponukou zhotoviteľa stavby. Možnosti žltej knihy umožnili zhotoviteľovi úpravy parametrov a konštrukcií mostných objektov, oporných a zárubných múrov, technológií budovania zemných telies a konštrukcií ako aj viacerých konštrukcií a detailov v rámci ostatných objektov stavby.

TYPY A PRÍKLADY KONŠTRUKCIÍ POUŽITÝCH NA STAVBE

VYSTUŽENÝ OPORNÝ MÚR S GABIONOVÝM LÍCOM (SYSTÉM TERRAMESH)

Vystužená horninová konštrukcia je tvorená lícovými drôtokamenými prvkami (gabionmi) s integrovanou výstužnou dvojzákrutovou oceľovou sieťou ako sekundárnej výstuže a vysokopevnostných geomreží ako primárnej výstuže konštrukcie (obr. 1). Tieto hybridné konštrukcie boli vyvinuté v deväťdesiatich rokoch minulého storočia ako kombinácia produktov z oceľovej dvojzákrutovej šesťhrannej siete a produktov z geosyntetických materiálov. Vývoj takýchto konštrukcií vznikol ako odpoveď na potreby stavebného trhu využívať čo najefektívnejšie vystužené konštrukcie vzhľadom na celkové náklady stavby. Výsledky z konštrukcií zrealizovaných v Taliansku v tejto dekáde ukázali, že pri konštrukciách vyšších ako 8 m je viac efektívne použitie kombinácie oceľovej siete a geosyntetických geomreží ako 100% použitie len oceľovej siete alebo len geosyntetických geomreží. Pri veľmi



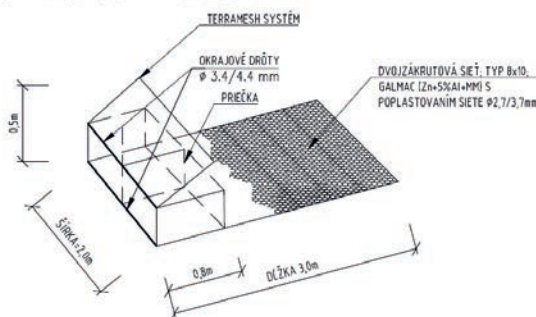
Obr. 1 – Schéma hybridnej konštrukcie Terramesh

vysokých konštrukciách, pevnosť požadovaná na vystuženie zemných konštrukcií významne narastá a je potrebné použitie vysokopevnostných geosyntetických geomreží namiesto oceľovej dvojzákrutovej šesťhrannej siete s relatívne nízkou pevnosťou. Hybridné konštrukcie sa dnes stávajú súčasťou významných projektov dopravnej infraštruktúry a environmentálnych stavieb.

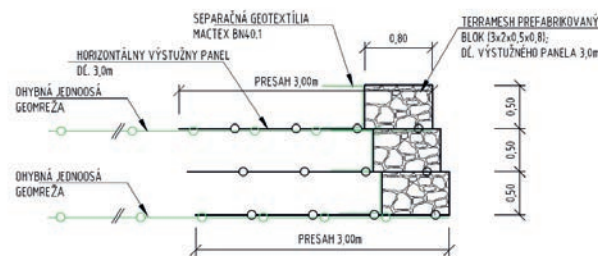
Lícové prvky Terramesh

Lícové gabionové prvky (obr. 2) sú rozmeru 2,0 × 1,0 (0,5) × 0,8 m a sú vyrobené zo šesťuholníkovej dvojzákrutovej oceľovej siete s typom oka 8 × 10. Vzhľadom na požadovanú životnosť konštrukcie 100 rokov je v zmysle normy EN 10223-3 oceľová sieť priemeru 2,7 mm chránená polymérovým obalom z PVC. Súčasťou gabionového koša je horizontálny výstužný panel, ktorý je pevne spojený s košom a tvorí 3,0 m dlhú výstuž (kotvenie) v násypovom svahu. Hlavným princípom použitia modulárnych prvkov Terramesh je zabezpečenie stabilného líca a časti konštrukcie v blízkosti líca. Hlavnou výhodou je, že základný materiál nepodlieha křípu.

SCHEMA PREFABRIKOVANÉHO BLOKU



DETAIL ULOŽENIA GEOMREŽÍ



Obr. 2 – Lícový prvok Terramesh a detail uloženia geomreží

Geosyntetická výstuž

Na zabezpečenie vonkajšej a vnútornej stability vystuženého múru sa používajú jednoosové ohybné geomreže Paragrid (ťahová pevnosť 30–200 kN/m) alebo Paralink (ťahová pevnosť 200–1 350 kN/m), ktoré vo vystuženej konštrukcii pôsobia ako primárna výstuž. Geomreže sú tvorené polyesterovým jadrom a polyetylénovým ochranným plášťom. Geomreže sú s lícovým prefabrikátom spojené pomocou presahu, ktorého dĺžka musí byť minimálne 3,0 m.



Obr. 3 – Obj. 202-00 opora 5 vo výstavbe

Výhody hybridnej konštrukcie:

- výrazne znižuje celkové náklady
- kombinácia primárnej výstuže s vystužením čela ako sekundárnou výstužou
- konštrukcia s poddajným lícovým prvkom
- rýchlosť výstavby a modularnosť systému
- vytváranie ekologicky šetrných stavieb

202-00 Most nad cestou III/018 189 a Štefanovským potokom

Pôvodné technické riešenie DSP uvažovalo s vybudovaním trojpoľového mosta jednodomrkového prierezu s dvomi trámami pričom nosná konštrukcia mosta mala byť budovaná technológiou letmej betonáže a na podpernej skruži. Koncové opory 1 a 4 boli navrhnuté z masívnych základov ako úložné prahy, založené na pilótach, krídla zavesené, kolmé z betónu C30/37 a masívnymi kužeľmi opôr. Celková dĺžka mosta bola 194,2 m. V procese optimalizácie konštrukcie mosta bolo navrhnuté jeho skrátenie na 186,5 m ako štvorpoľový na štíhlych pilie-



Obr. 4 – Obj. 202-00 opora 5 vo výstavbe

roch tvaru I a nosná konštrukcia bola navrhnutá ako združený komôrkový prierez s prefabrikovanými vzperami. Betonáž komory bola realizovaná na výsuvnej skruži. Vzhľadom na skrátenie konštrukcie mosta bolo nutné taktiež optimalizovať konštrukcie násypov, oporných múrov, konsolidácie podložia a násypov mostných kužeľov kde bol návrh systému Terramesh vybraný z hľadiska technickej, funkčnej a ekonomickej za najefektívnejší.

Použitím vystuženej horninovej konštrukcie s gabionovým lícom v kombinácii s vystužením nadnáspy (mostných kužeľov) geosyntetickou výstužou bolo možné optimalizovať nielen výšku násypov opôr, ale hlavne podstatne skrátiť dĺžku nosnej mostnej konštrukcie a vzhľadom ku celkovému skráteniu mosta zabrániť presahu mostných kužeľov nad rámec trvalých záberov stavby.

231-00 Zárubný múr na prístupovej ceste

Funkciou zárubného múra je zabezpečenie stability pravostranného svahu telesa prístupovej cesty 111-00, ako aj 112-00. Situačné riešenie múra zodpovedá smerovému vedeniu objektov 111-00



Obr. 5 – Pohľad na oporu 5 obj. 202-00

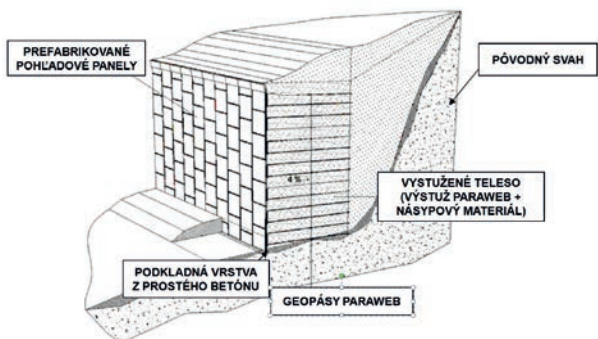
a 112-00 na južnej a západnej strane od opory 7 mostného objektu 203-00. Zároveň múr tak ako pri objekte 202-00 zabezpečuje optimalizáciu násypu opory 7 a jej mostného kužela.

100-00 Oporný múr vlávo, úsek 15

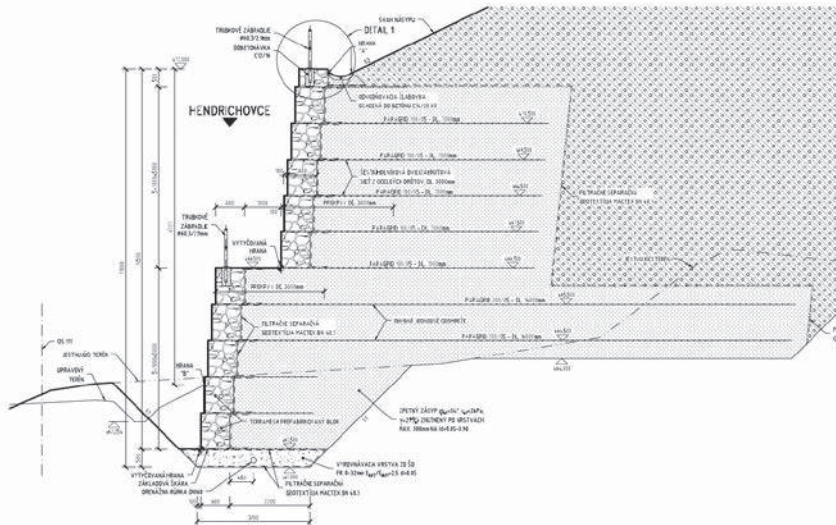
Vypracovaná projektová dokumentácia pre realizáciu stavby rieši zaistenie vonkajšej stability vysokého násypu diaľnice D1. Trasa diaľnice D1 v tomto úseku prechádza svahovým územím a je prevažne budovaná na vysokom násype. Oporný múr je situovaný v päte ľavej strany vystuženého vysokého násypového svahu diaľnice so začiatkom múra v km 89,203 69 D1 a koncom múra v km 89,319 20 pri opore L1 mosta 213-00 a súčasne tvorí krídlo tejto opory a je vzhľadom na výšku a technické riešenie rozdelený na 2 stupne. Prvý stupeň – spodný kotvený oporný múr je navrhnutý z dôvodu zabezpečenia globálnej a vonkajšej stability zosuvného územia S3 a zabezpečenie celkovej stability násypu na svahu a súčasne tvorí oporu pre založenie horného vystuženého stupňa. Spodný kotvený oporný múr je v km 89,203 69 – 89,311 60 navrhnutý ako železobetónový oporný múr uholníkového tvaru, s rovnou základovou škárou založený na sústave mikropilót a kotvený do horniny pod úroveň šmykových plôch zosuvu svahu pomocou horninových lanových kotiev. Druhý stupeň – horný je navrhnutý v celej dĺžke múra a nad korunou spodného múra, ako vystužený oporný múr z pohľadových drôtokamenných prefabrikovaných košov z ocelevej siete s integrovanou výstužnou sieťou (TerraMesh systém) a s predĺžením horizontálnou geosyntetickou výstužou – jednoosové ohybné geomreže. Výška oporného múra je 9,24 – 16,27 m a dĺžka je 117 m.

VYSTUŽENÝ OPORNÝ MÚR S BETÓNOVÝMI POHLADOVÝMI PANELMI (SYSTÉM MACRES)

Konštrukčný systém MacRES funguje na základnom princípe trenia medzi výstužovými geopásmi a zeminou, ktorá ho priťahuje. Geopásky prenášajú ťahovú zložku napätia, ktorá v nich vzniká od zemných tlakov na lícové prefabrikáty. Materiál telesa násypu a výstuž tvoria hlavnú časť systému a čelné prefabrikované panely slúžia na ochranu konštrukcie pred eróziou a dávajú konštrukcii atraktívny vzhľad. Systém je ideálny pre konštrukcie vertikálnych múrov, ktoré majú odolávať vysokému zaťaženiu, alebo tam kde je požiadavka architekta na špecifickú povrchovú úpravu líca steny. Konštrukcia násypu je tvorená kombináciou zásypaného materiálu a výstužných geopásov na báze geosyntetiky (obr. 8).



Obr. 8 – Schematický rez konštrukciou MacRes



Obr. 6 – Obj. 231-00 Vzorový priečny rez



Obr. 7 – Pohľad na obj. 231-00

Výhody systému:

- suchý proces výstavby
- prefabrikáty vyrábané mimo staveniska
- finančná nenáročnosť
- architektonický vzhľad
- konštrukcia s polotuhým lícovým prvkom
- rýchlosť výstavby

Lícové prvky

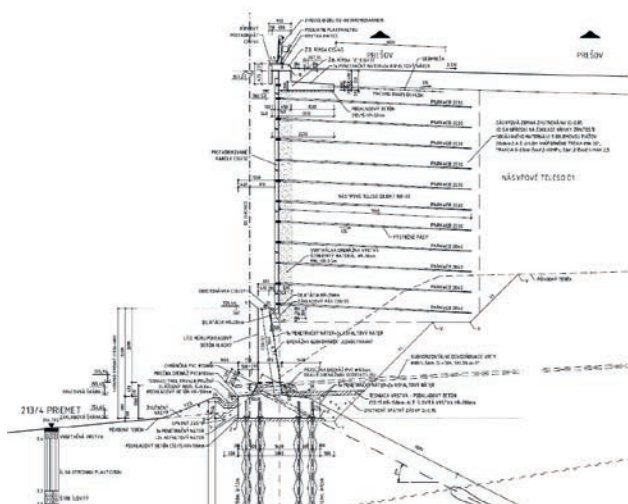
Pohľadové lícové panely sú betónové prefabrikované ortogonálneho tvaru, odliate v špeciálnych formách, trieda betónu minimálne C30/37. Základný rozmer je 1,5 × 1,5 × 0,14 m. Pod pohľadovými panelmi je potrebné na mieste zrealizovať vyrovnávaciu vrstvu z prostého betónu, ktorá slúži na správne výškové a smerové osadenie panelov. Betónové panely nemajú statickú funkciu, len ochrannú a estetickú. Ich povrchová úprava závisí od požiadavky projektu a investora, pri odlievaní môžu byť do foriem vložené matrice, prípadne kamenný obklad.

Geosyntetická výstuž

Hlavným rozdielom tohto systému oproti iným konštrukciám na báze vystužených zemín je práve geosyntetická výstuž, kde sa namiesto plošných geomreží používajú lineárne prvky – geopásky ParaWeb, skladajúce sa z vysokopevnostných polyesterových vlákien chránených vrstvou polyetylénu. V snahe vyhovieť a optimalizovať jednotlivé konštrukcie sa geopásky vyrábajú v rôznych šírkach, ktorým zodpovedajú rôzne únosnosti. Ťahové pevnosti jednotlivých geopá-

sov sa pohybujú v rozmedzí 20 až 100 kN. Šírka je v rozmedzí 45–90 mm, dĺžka roliek je 100 m. Geopásky sa vyrábajú v rôznych prevedeniach, ktorých geometria a povrchová úprava závisí hlavne od typu zásypového materiálu.

Prefabrikované panely majú pri výrobe na rubovej strane osadené polymérové spojovacie prvky v počte a umiestnení závislom od konkrétneho statického návrhu. Spoj medzi lícovými panelmi a výstužou je vytvorený prevlečením geopásav cez úchyty. Počet úchytoz spolu s typom a dĺžkou geosyntetickej výstuže je veľmi dôležitým prvkom správneho fungovania celej konštrukcie.



Obr. 9 – 100-00 Úsek 15 Vzorový priečny rez



Obr. 10 – Úsek 15 obj. 100-00 Pohľad na kotevný múr



Obr. 11 – Úsek 15 obj. 100-00 Osadzovanie prvého radu panelov

100-00 Oporný múr vlávo, úsek 15

Oporný múr sa nachádza v extraviláne obce Chmiňany a je situovaný na svahu nad potokom Svinka južne od obce Chmiňanska Nová Ves, kde je diaľnica vedená na pravej strane vysokým násypom a na ľavej strane mostom SO 213-00, ktorý premostuje údolie, vyznačujúce sa strmým sklonom svahov k potoku Svinka. Oporný múr je situovaný v strede diaľnice v päte ľavej strany vystuženého vysokého násypového svahu pravej polovice diaľnice a súčasne tvorí krídla týchto opôr a je vzhľadom na výšku a technické riešenie rozdelený na 2 stupne, kotevný múr v päte a vystužený múr v korune. Konštrukcia 2. stupňa múru predstavuje systém násypového cestného telesa obj. 100-00 formou oporného vystuženého múru z betónových pohľadových prefabrikátov s horizontálnou geosynteticou výstužou – systém MacRES. Múr je jednostupňový so sklonom líca 90°, bez nadnásypu. V korune múru je umiernená rímsa zložená z prefabrikovaných a monolitických častí. Horný múr je na začiatku staničenia napojený na krídlo opory L1 mostného obj. č. 213-00 a na konci staničenia je napojený na rub opory P1 mostného obj. č. 213-00. Dĺžka múra je 90,00 m a celková výška 9–13,00 m.

ZÁVER

V zmysle publikovaných realizácií je evidentné, že priestor pre inovácie či už v samotných projektoch alebo aj procese výstavby existuje, a v poslednom čase sa tieto aj vo väčšej miere uplatňujú najmä vďaka metodike zmluvných podmienok žltej knihy FIDIC, ale aj z dôvodu, že tieto technické riešenia prinášajú výrazný ekonomický efekt pre zhotoviteľa. Spoločnosť MACCAFERRI CENTRAL EUROPE s.r.o. sa od svojho vzniku úzko profiluje ako strategický partner nielen realizačných spoločností, ktorý vie poskytnúť silnú oporu vo forme technickej podpory počas celého procesu prípravy a výstavby inžinierskeho diela.

Ing. Jaroslav Adamec,
Ing. Jozef Šňahničan,
Ing. Pavol Garai,

www.maccaferri.sk

Foto: MACCAFERRI CENTRAL EUROPE

Jaroslav Adamec je technický riaditeľ spoločnosti MACCAFERRI CENTRAL EUROPE, s. r. o. **Jozef Šňahničan** je regionálny technický riaditeľ pre MACCAFERRI CENTRAL EUROPE, s. r. o., MACCAFERRI DEUTSCHLAND GmbH, MACCAFERRI POLSKA Sp. z o.o., MACCAFERRI ROMANIA s.r.l. a MACCAFERRI HUNGARY Ltd. **Pavol Garai** je vedúci PJ Komunikácie, Oblasť Veľké projekty spoločnosti STRABAG s.r.o.

LITERATURA:

- [1] Adamec J., Šňahničan J.: Inovácie riešení pomocou vystužených zemných konštrukcií na stavbe D1 Fričovce-Svinia, Konferencia Geotechnika 2014
- [2] Adamec J.: Vystužené horninové konštrukcie s gabionovým lícom vo výstavbe na Slovensku, Inžinierske stavby 04/2014
- [3] BS 8006, (2010): Code of Practice for strengthened/reinforced soils and other fills. British Standards Institution, London.
- [4] www.maccaferri.sk

Vystužené horninové konštrukcie na stavbe D1 Fričovce – Svinia

In the design and in construction stage the innovative solutions are being more frequently used also thanks to projects which are built according to Yellow FIDIC book. Main reason is that these technical solutions offer interesting economic benefits for contractor. Besides this reinforced soil structures offer competent technical and aesthetic alternative to traditional gravity structures. This article describes in details reinforced soil structures used on motorway D1 Fricovce – Svinia in Slovakia.