

Vystužené horninové konštrukcie s gabionovým lícom vo výstavbe na Slovensku

Systémy vystužovania hornín sa často používajú pri konštrukciách násypov, oporných múrov a mostných opôr. Príspevok opisuje systém vystužovania hornín s vertikálnym lícovým opevnením tvoreným drôtokameným košom a bližšie sa venuje použitiu tohto systému vystužovania hornín na vybraných realizovaných úsekoch diaľnice D1 a rýchlostnej cesty R2 na Slovensku.

Rozmach používania vystužených horninových konštrukcií v dopravnom stavitelstve v súčasnosti súvisí s rozvojom výroby geosyntetických a oceľových výstuží v kombinácii s rôznymi systémami lícového opevnenia. Technológia výstavby oporných konštrukcií a mostných opôr z vystužených hornín vznikla v polovici 80. rokov minulého storočia. Princípom bolo nahraďiť masívne betónové konštrukcie zhutneným zemným blokom so systémom výstuh zlepšujúcich jeho vlastnosti. Výstuh zemného bloku prenášajú šmykové namáhanie zeminy a svojou ťahovou pevnosťou preberajú pôsobiace vodorovné sily. Vystužený blok tak prenáša zaťaženie ako homogénne teleso. Vonkajšie líce konštrukcie prenáša časť zaťaženia pôsobiaceho medzi jednotlivými výstuhami a slúži najmä ako ochrana lícnej časti vystuženej zeminy pred atmosférickými vplyvmi, lokálnou eróziou a plní aj estetickú funkciu.

Mnohé stavby diaľnic sa v súčasnosti realizujú podľa zmluvných podmienok žltej knihy FIDIC, ktorá umožňuje zhotovovateľovi optimalizovať jednotlivé konštrukcie (mostné objekty, oporné a zárubné múry, technológie budovania zemných telies) z hľadiska efektívnosti finančných a časových nárokov na realizáciu stavby. Základné parametre, technické a kvalitatívne požiadavky sú dané súťažnými podmienkami objednávateľa stavby.

Medzi významné typy vystužených horninových konštrukcií patria aj konštrukcie s drôtokameným lícovým opevnením. Tieto konštrukcie sa dnes stávajú súčasťou významných projektov dopravnej infraštruktúry a venujeme sa im bližšie v tomto článku.

Opis systému

Konštrukcia vystuženého oporného múru predstavuje systém prefabrikovanej modúlárnej konštrukcie tvorenej lícovými drôtokamenými prvkami s integrovanou výstužnou sieťou – systém Terramesh (obr. 1). V prípade vysokých konštrukcií sa pohľadový prvok kombinuje s vysokopevnosťnými geomrežami, ktoré potom plnia funkciu primárnej výstuže konštrukcie. Tieto konštrukcie sa označujú aj ako hybridné, keďže sa v nich kombinuje viacero typov výstužných prvkov – oceľová a geosyntetická výstuž.

Lícové gabionové prvky majú najčastejšie rozmer 2,0 × 1,0 (0,5) × 0,8 m (šírka prefabrikátu × výška × šírka gabionu) s vystužením formou horizontálneho panelu zo



Obr. 1 Schéma vystuženej horninovej konštrukcie s drôtokameným lícovým opevnením – systém Terramesh

šesťuholníkovej dvojjákrutovej oceľovej siete s typom oka 8 × 10 cm, pevne spojeného s košom. Panel tvorí výstuž (kotvenie) v násypovom svahu s dĺžkou minimálne 3,0 m. Priemer drôtu siete je 2,7 mm. Vzhľadom na návrhovú 100-ročnú životnosť pri diaľničných stavbách je drôt siete v zmysle normy STN EN 10223-3 chránený povrchovou úpravou Galmac (ZN+AL) s polymérovou ochrannou PVC alebo PA6. Gabionový lícový prvok a horizontálna výstuž sú spojené už vo výrobnom procese a tvoria ucelenú časť systému.

Ostatná časť systému za čelným prvkom sa plní vhodným nesúdržným zrnitým materiálom a hutní sa po vrstvách. Oporný múr sa buduje postupným ukladaním gabionových košov s horizontálnou výstužou do navrhnutých úrovní.

Vonkajšia stabilita vystuženého múru sa zabezpečuje pomocou primárnej výstuže, tvorenej jednoosovými ohybnými geomrežami s ťahovými pevnosťami zvyčajne 100 – 400 kN s polyesterovým jadrom a polyetylénovým ochranným plášťom. Geomreže sú s lícovým prefabrikátom spojené pomocou presahu, ktorého dĺžka musí byť minimálne 3,0 m.

Konštrukciu charakterizujú tieto výhody:

- výrazne zníženie celkových nákladov konštrukcie,
- jednoduchosť a rýchlosť výstavby,
- suchý proces výstavby,
- poddajný lícový prvok – schopnosť prispôbiť sa nerovnomernému sadaniu,
- nízke nároky na zakladanie,
- estetické začlenenie konštrukcie do okoliťného prostredia.

Vybrané diaľničné úseky vo výstavbe

Diaľnica D1 Dubná Skala – Turany

Diaľnica D1 v úseku Dubná Skala – Turany je súčasťou základného diaľničného ťahu v Slovenskej republike v smere západ – východ. Základným cieľom výstavby je presmerovať tranzitnú dopravu z preťaženej, technicky zaostávajúcej cesty I/18. Diaľnica sa realizuje podľa žltej knihy FIDIC spoločnosťou VÁHOSTAV-SK, a. s., hlavným projektantom je spoločnosť DOPRAVOPROJEKT, a. s.

V križovatke Dubná Skala, kde násypové teleso cesty vetvy Žilina zasahuje do cesty 131-00 k penziónu Dubná Skala, bolo treba vybudovať oporný múr – obj. 231-00. Výška múru je premenná od 1,5 m do 8,5 m, dĺžka je 67,5 m. Vystužený oporný múr tvorí lícové opevnenie Terramesh v kombinácii s výstužnými geomrežami s krátkodobou pevnosťou 200 kN/m a dĺžkou 8,0 m, umiestnenými v každom druhom rade lícového prvku (obr. 2 a 3). V mieste navrhovaného oporného múru sa na povrchu terénu nachádza vrstva navážky hlinito-kamenitých materiálov do hĺbky 3,80 m. Pod touto vrstvou sú strednoplatické íly do hĺbky 7,5 m. Založenie oporného múru sa navrhlo na upravenom podloží tvorenom zhutnenou vrstvou štrku s frakciou 32 – 63 mm, s hrúbkou 0,75 m a vystuženom tuhými dvojosovými geomrežami.

Diaľnica D1 Jánovce – Jablonov, II. úsek

D1 Jánovce – Jablonov, II. úsek, má dĺžku 9,54 km. Súčasťou stavby druhého podúseku bude celkovo 15 mostov, mimoúrovňová križovatka Levoča, dvojrúrovňový tunel Šibenik s dĺžkou 635 m a veľké odpočívadlo Levoča. Križovatka Levoča cez privádzač Spišská Nová Ves – Levoča prepojí diaľnicu s cestou I/18. Stavba sa realizuje podľa žltej knihy FIDIC, zhotovovateľom predmetného úseku je združenie spoločností EUROVIA SK, a. s., EUROVIA CS, a. s., a SMS, a. s. Hlavným projektantom stavby je spoločnosť VALBEK, s. r. o.

V km 9,205 – 9,297 a km 9,574 – 9,758 sú medzi diaľnicou a vetvami križovatky Levoča navrhnuté vystužené oporné múry s gabionovým lícom. V km 9,205 – 9,297 je vystužený oporný múr navrhnutý pozdĺž vetvy V3 križovatky Levoča, v km 9,574 – 9,758 je vystužený svah navrhnutý pozdĺž diaľnice. Vystužený oporný múr pozdĺž vetvy V2 nadväzuje na oporu objektu 211-00b tvorenú vystuženou opornou konštrukciou s panel-



Obr. 2 Vzorový priečný rez objektom 231-00 na D1 Dubná Skala – Turany



Obr. 3 Pohľad na objekt 231-00 vo výstavbe na D1 Dubná Skala – Turany



Obr. 4 Pohľad na oporný múr Terramesh na D1 Jánovce – Jablonov, II. úsek



Obr. 5 Detail napojenia oporného múru Terramesh na mostnú oporu na D1 Jánovce – Jablonov, II. úsek

mi z pohľadového betónu (obr. 4). Maximálna výška oporných múrov dosahuje 9,0 m.

Lícové opevnenie je tvorené drôtokameným košom v sklone 65°. Kotevné oceľové výstuže sú súčasťou lícových panelov. Navrhnutá dĺžka horizontálnej výstužnej siete sa vzhľadom na statický výpočet pohybuje od 3,0 do 6,0 m. Vonkajšia stabilita vystuženého múru pozdĺž vetvy V3 sa v najvyššej sekcii zabezpečuje pomocou jednoosých ohybných geomreží s krátkodobou pevnosťou 100/05 a dĺžkou 8,0 m. Geomreže sú s lícovým prefabrikátom spojené pomocou presahu, ktorého dĺžka musí byť minimálne 3,0 m.

lesa rýchlostnej cesty riešené ako vystužené strmé svahy tvorené systémom Green Terramesh – jedným blokom z dvojzákrutovej siete, ktorý v sebe spája výstužnú funkciu a zároveň zabezpečuje stabilitu a zazelenenie čela svahu so sklonom 1 : 1. V miestach s obmedzeným záberom sa v päte vystužených svahov nachádzajú vystužené oporné múry s drôtokameným lícom so sklonom 10 : 1 (obr. 6).

Celková stabilita vystuženého svahu sa zabezpečuje pomocou jednoosových ohybných geomreží s premennou dĺžkou, ktoré sú s lícovým prefabrikátom spojené pomo-

cou presahu. Maximálna výška vystužených strmých svahov je 10 m, výška vystuženého oporného múru v päte dosahuje maximálne 3,5 m. Celková dĺžka vystužených oporných konštrukcií je približne 15 km.

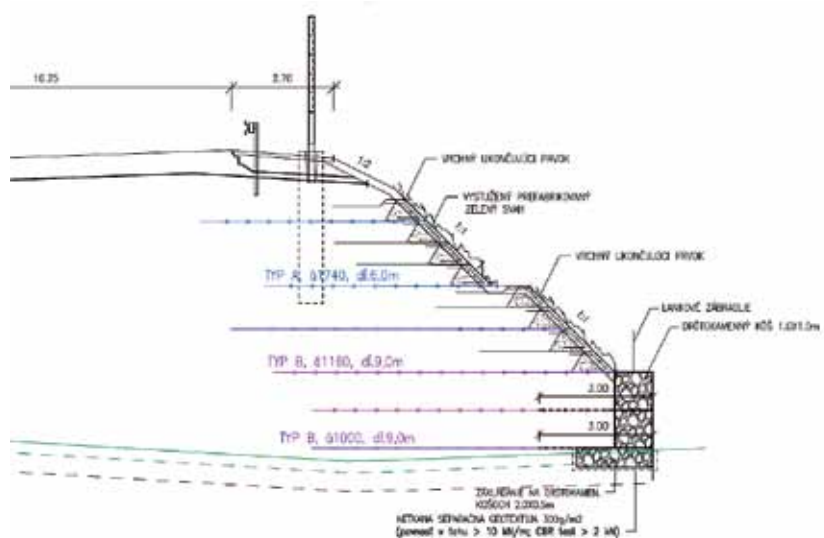
Diaľnica D1 Fričovce – Svinia

Predmetný úsek diaľnice sa začína v križovatke Fričovce a končí sa v križovatke Svinia, kde sa napája na úsek D1 Svinia – Prešov, západ. Generálnym zhotovovateľom sú spoločnosti DOPRASTAV, a. s., a STRABAG, s. r. o., hlavným projektantom je spoločnosť Alfa 04, s. r. o. Celková dĺžka úseku je približne 11,2 km.

Rýchlostná cesta R2 Pstruša – Kriváň

Úsek rýchlostnej cesty R2 Pstruša – Kriváň má dĺžku 10,375 km. Nadväzuje na úsek R2 Zvolen, východ – Pstruša. Jeho súčasťou sú tri mimoúrovňové križovatky (Pstruša, Detva a Kriváň) a dve úrovňové okružné križovatky (napojenie R2 na cestu I/50). Na trase R2 bude 10 mostov. Stavba sa realizuje podľa červenej knihy FIDIC združením firiem STRABAG, s. r. o., DOPRASTAV, a. s., a VÁHOSTAV-SK, a. s. Vypracovanie projektovej dokumentácie zastrešuje spoločnosť DOPRAVOPROJEKT, a. s.

Územie trasy tvoria v prevažnej miere intenzívne využívané poľnohospodárske pozemky a lúky. Priestorové vedenie trasy je tak navrhnuté s ohľadom na minimalizáciu záberu pozemkov, vylúčenie asanácií jestvujúcich objektov a optimalizáciu bilancie zemných prác. Z toho dôvodu sú násypy zemného te-



Obr. 6 Vzorový priečný rez vystuženou horninovou konštrukciou na R2 Pstruša – Kriváň



Obr. 7 Opora č. 5 mostného objektu 202-00 tvorená oporným múrom Terramesh na D1 Fričovce – Svinia



Obr. 8 Oporný múr Terramesh založený na kotvenom ŽB prahu – úsek 14A D1 Fričovce – Svinia

Stavba diaľnice sa realizuje podľa zmluvných podmienok žltej knihy FIDIC. Zhotovovateľ si zvolil technológiu vystužených oporných múrov s drôtokamenným lícom na 10 objektoch s celkovou dĺžkou takmer 1,5 km a maximálnou výškou 12,0 m.

Tento typ konštrukcií sa použil v kombinácii s mostnými oporami, vďaka čomu bolo možné optimalizovať nielen výšku násypov opôr, ale hlavne podstatne zmenšiť dĺžku mostných konštrukcií (obr. 7). Tieto konštrukcie sa použili aj na realizáciu mostných krídiel, kde nahradili masívne železobetónové uholníkové múry s maximálnou výškou až 12,0 m. Iným typom riešení sú tradičné oporné konštrukcie, ktoré zachytávajú teleso násypu vzhľadom na obmedzené trvalé zábery, hlavne v oblasti mosta 213-00 v mieste zosuvu S3 (obr. 8).

Výškové obmedzenia vystužených horninových konštrukcií

V zahraničí sa realizuje nespočetné množstvo vystužených oporných konštrukcií s drôtokamenným lícom. Je príjemné konštatovať, že si tieto konštrukcie postupne našli miesto aj na Slovensku. Medzi odbornou verejnosťou sa často polemizuje o maximálnej výške vystužených oporných konštrukcií. Na Slovensku sa dosiaľ postavila konštrukcia s maximálnou výškou do 20,0 m. V zahraničí sú známe aplikácie aj s vyššími opornými múrmi, najvyššou zaznamenanou vystuženou opornou konštrukciou na svete je oporný múr na letisku Sikkim v Indii.

Projekt pozostáva z koridoru so šírkou

550 m a dĺžkou 1,7 km, v ktorom bude umiestnená letisková dráha vrátane letiskového úradu India (AAI). Koridor je začlenený do horského masívu rozsiahlymi geotechnickými prácami, použitím veľkého počtu zárezov a násypov. Tradičné oporné konštrukcie s požadovanou výškou by boli neprimerane finančne náročné a nemuseli by byť plne funkčné pri miestnych seizmických podmienkach. Z tohto dôvodu sa na účely čo najväčšieho využitia predmetného územia navrhlo použitie vystužených horninových konštrukcií. Hlavný projektant Mott Macdonald India a investor Punj Lloyd sídlia v Dillí zvolili ako najvhodnejší typ konštrukcie hybridnú vystuženú horninovú konštrukciu Terramesh, tvoriacu spodnú časť múru, (obr. 9 a 10) a Green Terramesh, umiestnenú v hornej časti, v kombinácii s vysokopevnosťnými jednoosovými ohybnými geomrežami s ťahovými pevnosťami až 400 kN/m.

Maximálna výška vystuženej horninovej konštrukcie dosiahla 74,0 m a ide tak o najvyššiu vystuženú horninovú konštrukciu dosiaľ postavenú na svete.

Záver

Skúsenosti s riešeniami vysokých oporných vystužených konštrukcií s drôtokamenným lícovým opevnením s oceľovým výstužným prvkom alebo v podobe hybridnej konštrukcie ukázali ich efektívitu a vhodnosť v mnohých situáciách. Veľmi často zhotovovatelia pri veľkých projektoch prechádzajú z klasic-

kých betónových, ale aj iných typov vystužených konštrukcií práve na hybridné riešenia, pri ktorých kombinácia stabilného a pohľadového prefabrikovaného líca a vysoko-pevnostnej výstuže prináša viaceré výhody. Hlavnou výhodou je celková úspora na konštrukcii, ďalšími dôležitými aspektmi sú však aj znížená prácnosť a suché procesy, ktoré v porovnaní s klasickými betónovými konštrukciami vystupujú do popredia.

Literatúra

1. Prelovský B. – Sňahničan, J.: Geotechnické riešenia MACCAFERRI v praxi. Inžinierska geológia, 2012.
2. BS 8006: Code of Practice for Strengthened/Reinforced Soils and Other Fills. London: British Standards Institution, 2010.
3. www.maccaferri.sk.

TEXT: Ing. Jaroslav Adamec
FOTO: MACCAFERRI CENTRAL EUROPE

Jaroslav Adamec je projektovým manažérom spoločnosti MACCAFERRI CENTRAL EUROPE, s. r. o.

Reinforced Soil Structures with Gabion Face in the Construction in Slovak Republic

Reinforced soil structures are commonly used in the construction of slopes, retaining walls and bridge abutments. The article describes the reinforced soil system with vertical facing unit formed by gabion. The article in more detail describes different structures made of this system on highway sections in Slovakia, which are currently under construction.



Obr. 9 Vystužená horninová konštrukcia s lícom Terramesh vo výstavbe – letisko Sikkim, India



Obr. 10 Pohľad na spodnú časť vystuženej horninovej konštrukcie s lícom Terramesh vo výstavbe – letisko Sikkim, India