

Mechanicky stabilizovaná vrstva s použitím šesťuholníkovej geomreže ako prostriedok na zníženie uhlíkovej stopy

Rastúce požiadavky na znižovanie emisií skleníkových plynov sú neoddeliteľnou súčasťou vývoja aj v sektore stavebníctva. Za podstatnú časť uhlíkovej stopy v stavebníctve je zodpovedná výstavba ciest. Jeden zo spôsobov, ako znížiť uhlíkovú stopu, predstavuje aj vývoj nových materiálov, s ktorým je spojená optimalizácia konštrukčných vrstiev vozoviek, napríklad využitím mechanicky stabilizovanej vrstvy s použitím šesťuholníkovej geomreže Tensor.



Obr. 1 Mechanizmus zaklinenia kameniva do otvorov šesťuholníkovej geomreže Tensor

V odborných kruhoch prevláda všeobecná zhoda v názore, že emisie skleníkových plynov, ktoré vznikajú pri rôznych činnostiach ľudstva, sú dôležitý faktor ovplyvňujúci zmeny klímy na Zemi, t. j. stoja za globálnym otepľovaním. Stavebný priemysel je zodpovedný za významnú časť globálnej spotreby energie a emisií skleníkových plynov, pričom podstatnú časť tohto priemyslu tvorí dopravné inžinierstvo.

V posledných rokoch neustále rastú požiadavky na znižovanie emisií skleníkových plynov vo všetkých odvetviach priemyslu. Cestné stavebníctvo vynakladá veľké úsilie na vývoj nových technológií, ktoré by mohli viesť k týmto cieľom pri zabezpečení dosiahnutia

požadovanej kvality a životnosti vozoviek. Jeden z mnohých prístupov je aj optimalizácia hrúbky konštrukčných vrstiev vozoviek. Existujú rôzne spôsoby, ako to dosiahnuť, napríklad vývojom nových bitúmenov, prípadne rôznych typov asfaltových zmesí, alebo tiež použitím geosyntetických materiálov v konštrukčných vrstvách vozoviek.

Optimalizácia konštrukčných vrstiev vozoviek (Pavement Optimisation)

Technológia Pavement Optimisation, vyvinutá spoločnosťou Tensor International, využíva výhody stabilizácie nespevnených vrstiev kameniva tuhými monolitickými šesť-

uholníkovými geomrežami pre optimalizáciu konštrukčných vrstiev vozoviek. Vrstva nesúdržných zemín stabilizovaná šesťuholníkovou geomrežou (nazývaná mechanicky stabilizovaná vrstva – MSL) má lepšie parametre (vyššiu tuhosť a mieru zhutnenia, aj odolnosť) v porovnaní s rovnakou vrstvou bez geomreže. Zlepšené parametre jednej vrstvy ovplyvňujú návrhovú životnosť celej vozovky, čo vedie k možnosti buď znížiť hrúbku konštrukčných vrstiev vozovky (vrátane asfaltových vrstiev), alebo podstatne zvýšiť životnosť vozovky, resp. ku kombinácii týchto možností. Vďaka technológii Pavement Optimisation sa znižujú náklady na výstavbu a údržbu vozovky, ako aj emisie uhlíka.

Koncepcia mechanicky stabilizovaných vrstiev so šesťuholníkovými geomrežami

K vzniku mechanicky stabilizovanej vrstvy dochádza, keď sa nespevnená vrstva kameniva uloží a zhutní na vrstve tuhej nevýstužnej šesťuholníkovej geomreže z polypropylénu (PP) a následne sa vytvorí kompozit pozostávajúci z geomreže a nespevneného kameniva. Častice kameniva zapadnú do otvorov a zaklinia sa v tuhej štruktúre geomreže (obr. 1). Obmedzenie bočného pohybu, zabezpečené tuhými rebrami a integrálnymi spojmi geomreže, znižuje napätie a zvyšuje tuhosť mechanicky stabilizovanej vrstvy v porovnaní s rovnako hrubou vrstvou bez použitia geomreže.

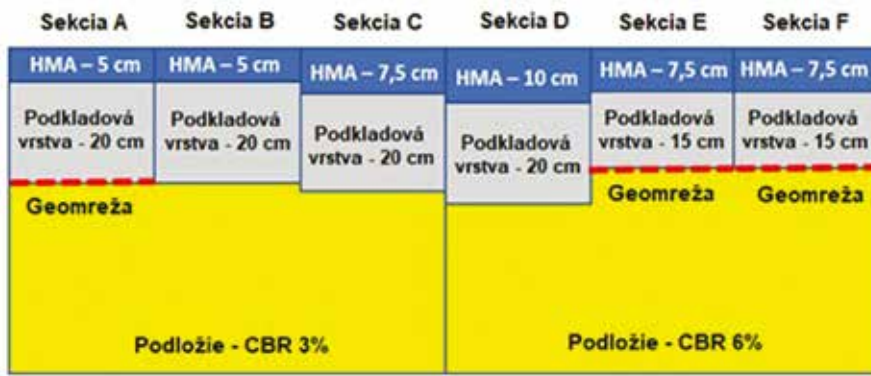
Dopravné testy v reálnej mierke

Na potvrdenie vplyvu šesťuholníkovej geomreže na životnosť vozovky a získanie údajov potrebných na úpravu metód navrhovania konštrukcií vozovky sa vo Výskumnom a vývojovom centre americkej armády (ERDC) vykonala séria troch zrýchlených testov životnosti vozovky v plnom rozsahu.

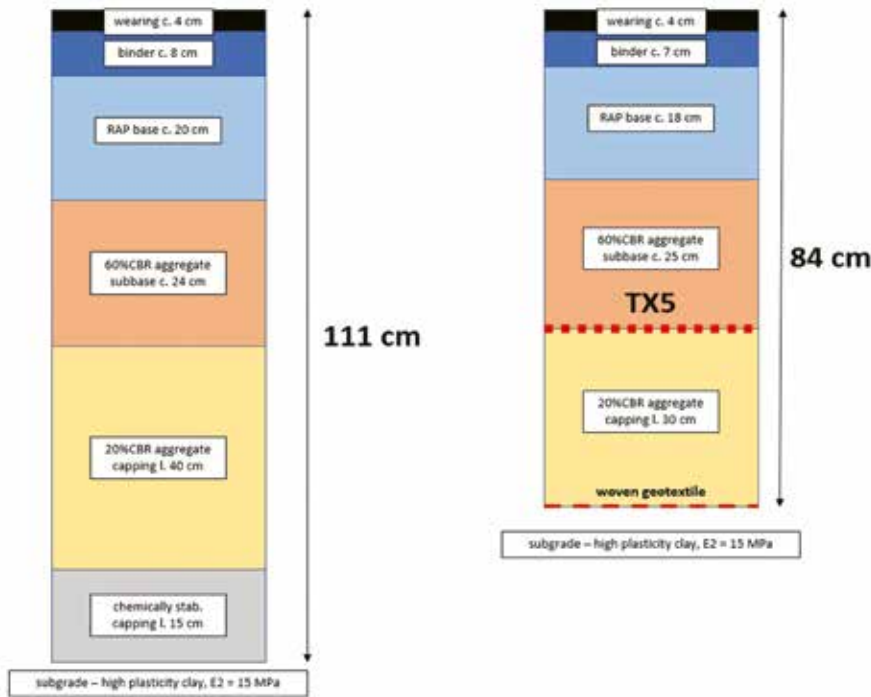
Zariadenie simulátora ťažkého dopravného zaťaženia (obr. 2) sa použilo na simulovanie dopravného zaťaženia na celom ôsmich testovacích úsekoch – štyroch s vrstvou kameniva stabilizovaného šesťuholníkovou geomrežou a štyroch bez použitia geomreže. Podklad skúšobných úsekov bol pripravený tak, aby dosahoval únosnosť 3 %, resp. 6 % CBR. Povrchovú vrstvu tvorila vrstva ho-



Obr. 2 Zariadenie simulátora ťažkého dopravného zaťaženia používané pri testoch ERDC



Obr. 3 Jednotlivé sekcie s povrchovou úpravou HMA



Obr. 4 Charakteristická a optimalizovaná skladba vozovky na ceste č. 507

rúceho asfaltu (HMA) s rôznou hrúbkou na šiestich úsekoch a vrstva bitúmenu (DBST) na dvoch úsekoch. Podklad tvorila 15 alebo 20 cm hrubá vrstva drveného kameniva. Skladba jednotlivých sekcií s povrchovou úpravou HMA je zrejmä zo schémy na obr. 3.

Počet ekvivalentných štandardných zaťažení nápravou (ESAL), aplikovaných počas troch fáz testu, bol 100 000 pri vozovkách na podloží CBR 3 % a 800 000 pri vozovkách na podloží CBR 6 %. Výsledky dopravných skúšok pre úseky s povrchom HMA sú uvedené v tab. 1. Počet ESAL na dosiahnutie hĺbky vyjazdených kolají 12,5 mm predstavuje životnosť vozovky – je to kritická hĺbka vyjazdenej kolaje označujúca poruchu vozovky podľa metódy navrhovania Asphalt Institute z roku 1982.

Všetky sekcie s podložíom stabilizovaným šesťuholníkovou geomrežou výsledkami výrazne prevyšovali svoje kontrolné úseky. Počet ESAL na stabilizovaných úsekoch bol takmer 4- až 20-krát vyšší ako na kontrolných úsekoch, a to aj v prípadoch, keď boli vrstvy vozovky na stabilizovaných úsekoch tenšie.

Optimalizácia vozovky pomocou šesťuholníkových geomreží ponúka dve novinky pri

aplikácii geomreží. Prvá je, že pri tomto prípade sa analyzuje celá štruktúra vozovky od podložia až po obrusnú vrstvu a vplyv geomreže sa berie do úvahy pri návrhu všetkých vrstiev, nielen vrstiev na zlepšenie podložia, ako sa to zvyčajne robilo predtým. Druhá novinka je, že technológiou Pavement Optimisation môžu byť geomreže použité na neúnosných aj únosných zeminách – dobrým potvrdením posledného sú testy ERDC opísané vyššie pre CBR 6 %. Ide o relatívne dobré podložie – tradične by sa neuvažova-

Tab. 1 Súhrn výsledkov dopravných testov pre testované úseky s povrchom HMA

Sekcia	Podložie CBR (%)	Podkladová vrstva (cm)	Asfaltová vrstva (cm)	Počet ESAL do vyjazdenia kolaje s hĺbkou 12,5 mm
B – kontrolná	3	20	5	5 400
C – kontrolná	3	20	7,5	12 640
D – kontrolná	6	20	10	500 000
A – stabilizovaná	3	20	5	100 000
E – stabilizovaná	6	15	7,5	2 000 000 ^a
F – stabilizovaná	6	15	7,5	2 200 000 ^a

^a Ide o extrapolované výsledky vzhľadom na to, že hĺbka vyjazdených kolají v sekciách E a F dosiahla len 6 – 7 mm po 800 000 ESAL, keď bol test ukončený.

lo o použití geomreží pri podloží s takou vysokou únosnosťou.

Prípadová štúdia

Dobrym príkladom výrazných úspor emisií uhlíka vďaka technológii Pavement Optimisation je rekonštrukcia 29 km dlhého úseku cesty č. 507 Braniewo – Pieniężno vo Varmsko-mazurskom vojvodstve v Poľsku. Projekt bol rozdelený na dve časti: Braniewo – Wola Lipowska (~15 km) a Wola Lipowska – Pieniężno (~14 km).

Existujúca konštrukcia cesty bola značne poškodená, preto sa ju investor rozhodol úplne rozobrať a postaviť novú vrátane všetkých konštrukčných vrstiev. Z dôvodu zníženia celkových nákladov na výstavbu a vplyvu na životné prostredie bol zvolený typ konštrukcie vozovky s použitím recyklovaného asfaltu a s kamenivom spevneným cementom (RAP).

Asi 8 km z prvého 15-kilometrového úseku malo nevhodné základové pomery, ktoré tvorili íly s vysokou plasticitou a únosnosťou $E_{def2} = 15$ MPa, nachádzajúce sa priamo pod konštrukčnými vrstvami vozovky. Konštrukcia vozovky na tomto úseku bola optimalizovaná s použitím šesťuholníkových geomreží Tensar.

Charakteristická skladba vozovky pre predpokladanú kategóriu so strednou intenzitou premávky KR3 a tuhé ílové podložie, navrhnutá podľa Katalógu netuhých a polotuhých konštrukcií vozoviek (obr. 4), pozostáva z 12 cm vrstvy asfaltu, 20 cm vrstvy kameniva spevneného cementom, 24 cm podkladovej vrstvy CBR 60 % a 40 cm ochrannej vrstvy CBR 20 %. Vzhľadom na to, že katalógové listy nepokrývajú prípady podložia pozostávajúceho z vysokoplastických ílov, musí sa na neúnosné podložie pridať dodatočná vrstva, v tomto prípade 15 cm in-situ chemicky stabilizovanej zeminy.

Optimalizácia konštrukcie s použitím šesťuholníkovvej geomreže Tensar (obr. 5) umožnila podstatné zníženie hrúbky konštrukčných vrstiev (obr. 4). Hrúbka asfaltových vrstiev sa znížila o 1 cm, vrstva kameniva spevneného cementom RAP o 2 cm, ochranná vrstva CBR 20 % o 20 cm. Zároveň bolo možné odstrániť celú 15 cm in-situ chemicky stabilizovanú vrstvu.

Treba poznamenať, že také veľké zníženie hrúbky bolo výsledkom kombinácie



Obr. 5 Inštalácia šesťuholníkovej geomreže na ceste č. 507

dvoch faktorov – optimalizácie s geomrežou a toho, že charakteristická skladba vozovky podľa katalógových listov bola mierne predimenzovaná na objem dopravy prognózovaný pre tento úsek cesty.

Tab. 2 sumarizuje emisie uhlíka vznikajúce pri výstavbe 1 m² oboch typov konštrukcií – charakteristickej aj optimalizovanej. Emisie

Tab. 2 Prehľad emisií uhlíka pre výstavbu cesty č. 507

Vrstva	Emitované CO ₂ emisie		Charakteristická vozovka		Optimalizovaná vozovka	
	eCO ₂ (kg/t)	eCO ₂ (kg/m ³)	hrúbka (m)	eCO ₂ (kg/m ²)	hrúbka (m)	eCO ₂ (kg/m ²)
Asfaltový betón	54	135	0,12	16,2	0,11	14,85
Mechanicky stabilizované kamenivo (RAP)	30	66	0,2	13,2	0,18	11,88
Podkladová vrstva zo štrkodrviny	15	27	0,24	6,48	0,25	6,75
Ochranná vrstva zo štrkodrviny	15	27	0,4	10,8	0,3	8,1
Chemicky stabilizovaná vrstva	14	28	0,15	4,2	0	0
Geomreža						0,6546
Geotextília						0,235
Celkové množstvo eCO ₂ – kg na m ² vozovky				50,88		42,47

CO₂ (eCO₂, ekvivalentná miera všetkých emisií skleníkových plynov súvisiacich s výrobou, prepravou a inštaláciou materiálu) – hodnoty pre každý typ materiálu – boli prevzaté z publikácií od Chappat a Bilal (2003) a Raja et al. (2015); niektoré hodnoty bolo potrebné odhadnúť, keďže nie všetky materiály sa nachádzajú v týchto publikáciách.

V prípade tohto projektu technológia Pavement Optimisation znížila emisie uhlíka približne o 8,4 kg (alebo 17 %) eCO₂ na každý štvorcový meter vozovky. Na 8 km dlhom úseku, na ktorom bola použitá táto optimalizovaná konštrukcia vozovky, sa do atmosféry dostane približne o 470 t eCO₂ menej v porovnaní s typickou katalógovou konštrukciou vozovky.

Záver

Rozvoj technológií a vývoj materiálov používaných pri výstavbe diaľnic by nemali byť zamerané len na získanie bezpečných, trvanlivých a ekonomických riešení na výstavbu

vozoviek, ale mali by tiež viesť k riešeniam, ktoré minimalizujú negatívny vplyv projektov na životné prostredie. Použitie geosyntetických materiálov je jeden zo spôsobov, ako znížiť emisie skleníkových plynov v porovnaní s tradičnými riešeniami.

Optimalizácia konštrukčných vrstiev vozoviek vychádzajúca z konceptu mechanicky stabilizovaných zemín pomocou šesťuholníkových geomreží je jedna z technológií, ktoré môžu pomôcť ušetriť značné množstvo emisií CO₂ a zároveň poskytnúť vozovku s rovnakou, alebo dokonca vyššou životnosťou ako pri tradičnom riešení.

TEXT: Mgr. Ján Hasenovič
FOTO: Tensar International

Ján Hasenovič je vedúci technického oddelenia a geotechnický a projektový manažér spoločnosti CHS-GEO Servis, a. s.

Literatúra

1. M. Golos: Mechanically stabilised layer by geogrids in road construction as an environmental aspect of sustainable development.
2. P. Mazurowski: Reduction of carbon footprint of roads construction thanks to the Pavement Optimisation with hexagonal geogrids.

Mechanically stabilised layer by hexagonal geogrids as an aspect for reduction of carbon footprint

Growing requirements for reducing greenhouse gas emissions are also an integral part of development in the construction sector. Road construction is responsible for a significant part of the carbon footprint in construction. One of the ways to reduce the carbon footprint is the development of new materials and thus the optimization of roadway construction layers, for example by using a mechanically stabilised layer using Tensar hexagonal geogrids.



Tensar InterAx[®]

Geomreža

Tensar[®] InterAx[®] je naša najnovšia geomreža, ktorá poskytuje vyššiu účinnosť a efektívnosť. Najpokročilejší geosyntetický materiál vyrobený pre zakladanie stavieb a mechanickú stabilizáciu podlažia dopravou zaťažených povrchov.



Tensar+

Návrhový Softvér

Tensar+ je bezplatný softvér pre návrh geotechnických konštrukcií dostupný online kdekoľvek a kedykoľvek. Použite softvér pre návrh svojho projektu, optimalizáciu návrhu a zobrazenie úspor nákladov a emisií uhlíka v reálnom čase.

Začnite navrhovať s Tensar+ už dnes tensarplus.com



Nestabilizované podlažie



Stabilizované podlažie





Partnerská spolupráca
chsgeo.sk | tensar.sk