



MANUÁL PRE
NAVRHOVANIE
A REALIZÁCIU
INOVATÍVNYCH, KLIMATICKY
ADAPTÍVNYCH PODKLADOVÝCH
VRSTIEV VOZOVIEK
CYKLISTICKÝCH KOMUNIKÁCIÍ
S POUŽITÍM
KOMPOZITNÉHO PENOBETÓNU FC 500N

verzia 301120.1

KOMPOZITNÝ PENOBETÓN VO VOZOVKE CYKLISTICKEJ KOMUNIKÁCIE

Penobetón (*FoamConcrete* – FC) ako zmes spojiva, vody, prísad a technickej peny, je vo svojom princípe známy už viac ako tridsať rokov. Vzhľadom na zvládnutie priemyselnej výroby nachádza v poslednej dobe čoraz širšie uplatnenie v stavebných konštrukciách rôzneho druhu. Je to stavebný materiál s dobrými mechanickými vlastnosťami schopnými sa do veľkej miery prispôbiť pevnostným požiadavkám, nízkou tepelnou vodivosťou, jednoduchým, a pritom vysoko technologickým spracovaním.

Penobetón obsahuje uzatvorené vzduchové póry, čím sa dosahuje jeho nízka objemová hmotnosť a úspora materiálových vstupov.

Kompozitný penobetón – FC vystužený nekorozióvnou čadičovou sieťou ORLITECH® (OM). Jeho použitie v konštrukciách vozoviek je už viac ako 10 rokov vyvíjané vo vedecko-výskumnej spolupráci Ing. Waltera Scherfela s pracovníkmi Stavebnej fakulty Žilinskej univerzity (SvF UNIZA), najmä prof. Dr. Ing. Martinom Deckým a prof. Ing. Mariánom Drusom, PhD. Vývoj vyústil do udelenia 3 patentov v oblasti aplikácie kompozitných penobetónov v podkladových konštrukciách inžinierskych stavieb.

Inovatívne podkladové vrstvy vozoviek (IPVV) – pre účely tohto manuálu za IPVV sú považované podkladové vrstvy z penobetónu a kompozitného penobetónu reprezentujúce produktové inovácie v oblasti dopravného staviteľstva. IPVV sú okrem svojej novosti v uvedenom segmente staviteľstva inovatívne svojimi klimaticky adaptívnymi vlastnosťami a to najmä retenčnými schopnosťami (retencia prívalových dažďov), možnosťou aplikácie v zátopových územiach bez zníženia mechanickej účinnosti konštrukcie vozovky, schopnosťou postupného uvoľňovania zachytenej vody pre zlepšovanie mikroklimy cyklistickej komunikácie a jej okolia.

Vzhľadom k svojim mechanickým a tepelnotechnickým vlastnostiam je využiteľný ako náhrada stmelených aj nestmelených podkladových vrstiev vozoviek všeobecne. Uvedené vlastnosti umožňujú redukcii celkovej hrúbky vozovky cyklistickej komunikácie (VCK) a v konečnom dôsledku lacnejšie riešenie ako sú štandardné konštrukcie vybudované z cestných stavebných materiálov spĺňajúcich všetky požadované vlastnosti v zmysle platných noriem a technických predpisov.

Okrem uvedených všeobecných výhod mimoriadne významné prednosti vykazuje v klimaticky náročných lokalitách ako sú napr. vysoké nadmorské výšky. Opísané inovatívne riešenia môžu tiež významnou mierou napomôcť naplneniu priority trvalo udržateľného rozvoja dopravnej infraštruktúry, do ktorých spadajú aj VCK, s pozitívnym dopadom na zníženie nákladov na údržbu, v neposlednom rade i na verejné zdravie napr. v potrebe výrazne nižšieho počtu pracovníkov potrebných na realizáciu záujmových spevnení inžinierskych stavieb.

Penobetón sa v súčasnosti v priemyselných podmienkach obvykle vyrába v objemových hmotnostiach 300 až 900 kg/m³. Pre konštrukcie VCK využívame hlavne objemovú hmotnosť 500 kg/m³.

Obmedzujúce podmienky

Spracovatelia tohto manuálu nepreberajú zodpovednosť za akékoľvek škody, ktoré by vznikli nedodržaním odporúčaní uvedených v tomto manuáli, v platnej technickej dokumentácii dodávateľa penobetónu a v platných všeobecne záväzných technických predpisoch. Každá VCK je situovaná do konkrétnych podmienok a z nich vyplývajúcich možností navrhovania. Preto je nevyhnutné, aby návrh každej konštrukcie VCK obsahujúcej vrstvu kompozitného penobetónu vykonal autorizovaný špecialista s príslušnou kvalifikáciou a znalosťami. Kontaktným miestom pre zaslanie zadania na spracovanie návrhu konštrukcie VCK je spoločnosť iwtech s.r.o., walter@iwtech.sk, prípadne miestne príslušný obchodno-technický špecialista dodávateľa penobetónu používajúci na jeho výrobu technológiu od spoločnosti iwtech s.r.o. t.z. spoločnosť WIL&DERS, s.r.o., Prešov, lapcak@wilanders.sk.

I. Prieskum a prípravné práce

Inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum

Prieskum má byť vykonaný spôsobom, ktorý zaručí, aby pre rôzne etapy projektu boli k dispozícii relevantné geotechnické informácie a údaje.

Cieľmi geologického prieskumu je objasnenie geologických a hydrogeologických pomerov, stanovenie vlastností zemín a hornín a získanie ďalších doplňujúcich relevantných informácií o lokalite. Je potrebné uskutočniť starostlivý zber, zaznamenávanie a interpretáciu údajov z geologických informácií. Tieto informácie majú zásadne zahŕňať stav základovej pôdy, geologické, geomorfologické, hydrologické pomery.

Majú tiež zohľadňovať prejavy premenlivosti vlastností základovej pôdy.

Musí obsahovať:

- zistenie geologických, hydrogeologických a tektonicko-úložných pomerov, spolu s vlastností zemín a hornín do potrebnej hĺbky
- zistenie deformačných vlastností základovej pôdy, odhalenie miest s málo únosnou základovou pôdou
- overenie stlačiteľnosti, organických prímiesí, objemových zmien a štruktúrnych kolapsov (presadenie), napučovanie a zdvih základovej pôdy

Príprava podkladu pod vrstvu penobetónu FC 500N

Vzhľadom na to, že poruchy konštrukcií VCK bývajú často spôsobené nevhodným návrhom a/alebo nekvalitným zhotovením podkladu vozovky je potrebné príprave týchto vrstiev venovať náležitú pozornosť.

Pozornosť treba venovať príprave podložia pod vrstvu FC 500N tak, aby nielen spĺňala stanovené minimálne hodnoty modulov deformácie a ich pomerov, ale zároveň, aby bola zemná pláň dostatočne stabilná a homogénna pre vylúčenie lokálnych imperfekcií podkladu VCK.

Overenie deformačných charakteristík vrstiev pod FC 500N je vhodné vykonať pomocou statických zaťažovacích skúšok v zmysle STN 73 6133 a STN 73 6190. Pomer modulov deformácie z druhého a prvého zaťažovacieho cyklu $E_{def,2} / E_{def,1} \leq 2,5$.

V prípade odchýlok postupov a použitia iných skúšobných zariadení ako uvádzajú normy je potrebné overiť spoľahlivosť získaných výsledkov. Rovnako je treba postupovať aj pri aplikácii dynamickej zaťažovacej skúšky.

Je potrebné dodržať rovinnosť zhotovenej vrstvy pod FC 500N v zmysle platných noriem resp. technických predpisov uvedených v zmluve o dielo. Početnosť skúšok stanoví projektant na základe platnej legislatívy a so zohľadnením špecifik danej stavby.

II.

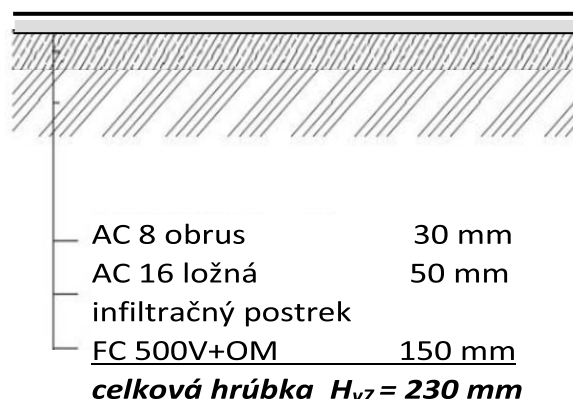
Návrh podkladovej vrstvy z penobetónu FC 500N

Návrh podkladovej vrstvy z penobetónu FC 500N by mal byť koordinovaný s návrhom krytu VCK. Ako horný kryt VCK je možno použiť asfaltovú alebo cementobetónovú vrstvu.

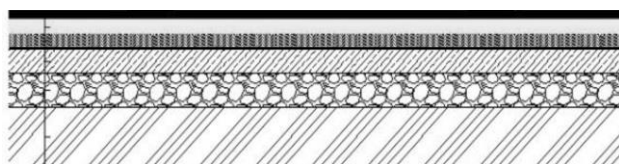
Samostatnú pozornosť je potrebné venovať častiam VCK s umožneným prejazdom nákladných vozidiel alebo poľnohospodárskych strojov, križovania s účelovými resp. miestnymi komunikáciami. Pre tieto miesta sa doporučuje vykonať samostatný návrh konštrukcie vozovky.

Pre aplikáciu v konštrukciách VCK je vrstva z kompozitného penobetónu na spodnom okraji opatrená netkanou separačnou geotextíliou Geofiltex min. v triede 63/20 T alebo geotextíliou s ekvivalentnými technickými parametrami. Pre zvýšenie hodnoty modulu deformácie na vrstve FC 500N je možné priamo na geotextíliu rozprestrieť nekorozívnu čadičovú výstužnú sieťovinu ORLITECH® (OM).

Vrstvu kompozitného penobetónu nie je nevyhnutné dilatovať okrem prípadov, keď ich navrhuje projekt cyklistickej komunikácie. Pri tvrdení sa môžu v penobetóne podľa druhu aplikácie a spôsobu ošetrovania vyskytovať nekontrolované zmrašťovacie trhlinky. Tieto nemajú vplyv na funkčnosť vrstvy.



Obr. 1 Príklad nízkonákladového návrhu skladby vozovky cyklistickej komunikácie s mimoriadnou nákladnou dopravou



— AC 8 obrus	30 mm
— AC 16 ložná	50 mm
— AC 22 podklad	50 mm
— infiltračný postrek	
— FC 500N+GTX+OM	100 mm
— <u>UM ŠD</u>	<u>150 mm</u>
celková hrúbka	$H_{v5} = 380 \text{ mm}$

podložie upravené na $E_{def2} \geq 25 \text{ MPa}$

Obr. 2 Príklad návrhu skladby vozovky cyklistickej komunikácie s povolenými 30 prejazdmi TNV / 24 hod – plne vyhovuje pre triedu dopravného zaťaženia TDZ VI a sčasti i TDZ V

Pre výpočet tepelného odporu vrstvy penobetónu FC 500N je uvažovaná jeho stabilizovaná hmotnostná vlhkosť v prostredí štrkodrviny 0/63 mm na úrovni 15% hm. a pre túto bol stanovený súčiniteľ tepelnej vodivosti $\lambda = 0,19 \text{ W/(m.K)}$. Tieto hodnoty platia pre prípad, keď vlhkosť stav FC 500N neovplyvňuje podzemná voda, tiež prípadne zatopenie počas povodne. V prípade plného nasiaknutia je potrebné uvažovať $\lambda = 0,27 \text{ W/(m.K)}$.

III.

Realizácia, kontrola kvality a užívanie

Výroba a ukladanie vrstvy kompozitného penobetónu FC 500N

Na výrobu FC 500N sa používajú betonárky a autodomiešavače v obvyklom vyhotovení. Pred výrobou FC 500N je potrebné dôkladné umytie miešacieho jadra a tiež bubna autodomiešavača. Prípustné je použitie čistej alebo studničnej vody.

Na zrovnané podložie s požadovanými vlastnosťami sa vždy umiestňuje separačná geotextília Geofiltex min. v triede 63/20 T alebo technicky ekvivalentnej. Pred naliatím penobetónu sa geotextília musí navlhčiť vodou.

Ak projekt predpíše použitie výstužnej čadičovej siete ORLITECH®, tá sa pokladá priamo na navlhčenú geotextíliu s prekrytím pásov min 10 cm. Čadičovú sieť je možné použiť aj lokálne, napr. v miestach zvýšeného namáhania VCK a aj toto má byť uvedené v projekte.

Čerstvá zmes penobetónu sa na miesto uloženia vylieva priamo cez žľab autodomiešavača alebo dopravuje čerpadlom. Pre zrovnanie povrchu sa obvykle používa striasacia tyč podobne ako pri spracovaní samonivelačného poteru, prípadne strhávacia lata alebo hladítko.

Penobetón sa pri ukladaní a zrovnávaní povrchu nikdy nevibruje!

Pri spracovaní hrúbok nad 20 cm je nutné zamedziť pohybu čerstvej zmesi po uplynutí doby spracovateľnosti. Vhodným spôsobom je tiež vrstvenie, kedy sa horná vrstva nalieva na spodnú po jej zatvrdnutí.

V prípade líniových tvarov, čo je väčšina VCK, je vhodné jednotlivé úseky deliť zarážkou. Je vhodné vylievanie organizovať tak, aby v situácii, kedy by mohlo dôjsť k omeškaniu následného autodomiešavača, bola zarážka umiestnená po skončení vyprázdňovania predošlého. V prípade, že je zabezpečený kontinuálny prísun čerstvého FC 500N, je možné zarážky, pokiaľ to hrúbka FC 500N dovolí, vynechať a umiestniť ich až na koniec pracovného záberu.

Povrch penobetónu je potrebné chrániť pred predčasným odparením zámesovej vody spôsobeným priamym slnečným žiarením a vetrom obdobne ako pri iných čerstvých zmesiach vyrobených na báze cementu. Vhodné je tiež kropenie zatuhnutého povrchu FC 500N vodou.

Po 3 dňoch pri 20°C je možné povrch zaťažovať ľahkou stavebnou mechanizáciou, nižšie teploty túto lehotu predlžujú.

Vlhkosť vrstvy penobetónu je závislá od vlhkosti okolitého prostredia a ak nie je pod vplyvom podzemnej vody stabilizuje sa v rozmedzí 12 až 15% hm.

Ďalšie technické informácie sú zahrnuté v TL č. 416.

Kontrola kvality zhotovenia vrstvy penobetónu FC 500N

Na stavbe sa kontroluje objemová hmotnosť v čerstvom stave a rozliatie podľa Kontrolných postupov iwtech s.r.o., resp. WIL&DERS, s.r.o. Pri preukaznej skúške sa meria objemová hmotnosť a pevnosť v tlaku na skúšobných telesách po 28 dňoch od ich vyhotovenia.

Kontrolné zaťažovacie skúšky na povrchu penobetónu je vhodné vykonať až po 28 dňoch od realizácie vrstvy. V prípade skoršej realizácie skúšok je potrebné okrajové podmienky skúšky ako aj požadované parametre na vrstve penobetónu v danom časovom okamihu konzultovať s projektantom.

Početnosť skúšok stanoví projektant v zmysle platnej legislatívy so zohľadnením špecifik danej stavby.

Používanie vrstvy kompozitného penobetónu FC 500N po jej realizácii

V prípade ľahkého zaťažovania povrchu vrstvy FC 500N počas nasledovných stavebných a montážnych prác je takéto namáhanie možné po 3 dňoch / min 15°C od skončenia realizácie vrstvy ale len po dobu nevyhnutnú, ktorá nemá prekročiť 10 dní. FC 500N nesmie byť pritom namáhaný nadmerným koncentrovaným zaťažením, pričom medzná intenzita zaťaženia, príp. opatrenia pre zníženie tejto intenzity budú konzultované s projektantom v čase prípravy realizačného projektu, alebo operatívne počas stavebných prác. Čas, kedy je možné FC 500N zaťažovať pojazdom finišéra pokladajúceho ložnú vrstvu AC sa stanovuje v projekte. FC 500N môže byť zaťažený kolesovými tlakmi stavebných mechanizmov ako sú napr. sklápače, autožeriavy. V prípade nevyhnutnosti takéhoto namáhania je nutné pod stabilizačné nohy takýchto mechanizmov použiť roznášacie dosky dostatočných rozmerov a únosnosti tak, aby nedošlo k poškodeniu povrchu vrstvy FC 500N.

V čase realizácie vrstvy FC 500N je neprípustné, aby vo vzdialenosti menšej ako 20 m pracovali stroje spôsobujúce vibrácie.

FC 500N si zachováva svoje vlastnosti aj pokiaľ príde do styku s niektorými chemickými látkami (napr. rozmrazovacie látky, rozpúšťadlá apod.). V prípade výskytu takýchto podmienok je aj napriek tomu potrebné informovať projektanta a konzultovať postup pri zavádzaní prípadných ochranných opatrení.

Ďalšie vrstvy vozovky CK je možné na povrch FC 500N aplikovať v lehote zohľadňujúcej teplotu prostredia a tým i nábeh pevnosti a únosnosti vrstvy pričom obvyklá lehota je 3 – 5 dní pri teplote $t \geq 15^{\circ}\text{C}$.

Odporúčaná literatúra

1. DECKÝ, M., DREVENÝ, I., PITOŇÁK, M., KORTIŠ, J., HÁJEK, M., SCHERFEL, W.: Cementobetónové vozovky a spevnenia dopravných plôch. Žilinská univerzita v Žiline, EDIS – vydavateľské centrum ŽU 2018, s. 365, ISBN 978-80-554-1476-8 .
2. DECKÝ, M., DRUSA, M., SCHERFEL, W., DREVENÝ, I., ĎURIŠ, L., SEDLÁŘ, B.: Kompozitné penobetóny ako environmentálne optimálna podkladová vrstva pre rehabilitácie vozoviek s vysokou nadmorskou výškou. In TrafficForum [electronic], časopis Výskumného ústavu dopravného. Roč. 4, č. 1 (2020), s. 39-52, ISSN 2454-101X (online).
3. DECKÝ, M., PAPÁNOVÁ, Z., PAPÁN, D., PISCA, P., SCHERFEL, W.: 3D model konštrukcie tuhej vozovky na podklade z kompozitného penobetónu. In Časopis Inžinierske stavby, ročník 68, vyšlo 6.7.2020 (č. 03/2020), s.28-31, ISSN 1335-0846.
4. DECKÝ, M., DREVENÝ, I., DRUSA, M., SCHERFEL, W.: Možnosti využitia kompozitných penobetónov v rehabilitáciách vozoviek s vysokou nadmorskou výškou. In Magazín Mobilita Stroje Technológia Ekológia, roč. 15, č. 2/2020, s.30-33.
5. DECKÝ, M., SCHERFEL, W.: Návrh cementobetónových a asfaltových vozoviek Zemplínskej cyklomagistrály v úseku Zalužice – Lúčky s podkladovou vrstvou z kompozitného penobetónu s objemovou hmotnosťou $500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Žilina, august 2020, s.45.
6. STN 73 6114 Vozovky pozemných komunikácií. Základné ustanovenia pre navrhovanie, 1997.
7. DECKÝ, M., ZGÚTOVÁ, K., PITOŇÁK, M.: Kontrola kvality zhutnenia zemných konštrukcií dopravných stavieb. In: Silniční obzor, 4/2011, s. 101-108, ISSN 0322-7154.
8. DECKÝ, M., DRUSA, M., PEPUCHA, L., ZGUTOVA, K.: Earth Structures of Transport Constructions. Scientific monograph, London: Pearson Education Limited, Edinburg Gate, Harlow 2013. Editor: prof. Dr. Ing. Martin Decký, s. 180, ISBN 978-1-78399-925-5.
9. DECKÝ, M. a kol.: Mechanika vozoviek pozemných komunikácií. Vysokoškolská učebnica, 2. prepracované vydanie, Žilinská univerzita v Žiline, EDIS – vydavateľské centrum ŽU 2018, s.400, ISBN 978-80-554-1487-4.
10. DECKÝ, M., DREVENÝ, I. a kol.: Navrhovanie a rehabilitácie vozoviek pozemných komunikácií. Skriptá, EDIS - vydavateľstvo ŽU 2019, s. 336, ISBN 978-80-554-1615-1.
11. DECKÝ, M., ZUZULOVÁ, A. a kol.: Cementobetónové vozovky a spevnenia dopravných plôch. Navrhovanie, posudzovanie, materiály, poruchy, rehabilitácie, BIM. Vysokoškolská učebnica, 2. prepracované vydanie, Žilinská univerzita v Žiline, EDIS – vydavateľské centrum ŽU 2020, s.401, ISBN 978-80-554-1487-4.
12. TP 004 Použitie ťaženého predrveného kameniva v nestmelených vrstvách konštrukcií vozoviek, MDV SR 2018.

13. Zákon č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov.
14. STN 73 6192 Rázová zaťažovacia skúška vozoviek a podložia, 2011.
15. STN 73 6133 Stavba ciest. Teleso pozemných komunikácií, 2017.
16. STN 73 6190 Statická zaťažovacia skúška stavebných konštrukcií doskou, 2019.
17. STN 72 1001. Klasifikácia zemín a skalných hornín.
18. STN 72 1015. Laboratórne stanovenie zhutniteľnosti zemín.
19. STN 72 1018. Laboratórne stanovenie relatívnej uľahlosti nesúdržných zemín
20. STN 73 1001. Geotechnické konštrukcie. Zakladanie stavieb.
21. STN 73 3050. Zemné práce. Všeobecné ustanovenia.
22. vozoviek.
23. STN 73 6192. Rázová zaťažovacia skúška vozoviek a podložia.
24. Technický list: č 416 FC-Vozovka cyklistickej komunikácie DW II
25. TKP časť 2. Zemné práce.
26. DECKÝ, M., SCHERFEL, W., DRUSA, M. a kol.: Kompozitné penobetóny v podkladových konštrukciách vozoviek pozemných komunikácií. In Silniční obzor 7-8/2020, roč. 81, s. 182-189, ISSN 0322-7154.
27. DECKÝ, M. a kol.: Holistické prístupy k trvalo udržateľnej výstavbe a správe pozemných komunikácií. In Časopis Inžinierske stavby, ročník 68, vyšlo 6.7.2020 (č. 03/2020), s.20-22, ISSN 1335-0846.

PENOBETÓN ...

... je stavebný materiál so širokou škálou využitia. Penobetón má potenciál etablovať sa ako materiál nie len pre podkladové vrstvy priemyselných podláh ale aj chodníkov.

Medzi jeho najväčšie benefity patria:

Mechanické vlastnosti

- ✓ vysoká úroveň mechanicko-fyzikálnych parametrov a ich rýchly nárast v čase
- ✓ vysoká tuhosť v porovnaní so zásypovými materiálmi
- ✓ schopnosť odolávať ľahkému zaťaženiu od mechanizácie už po 3 dňoch od realizácie
- ✓ menšie nároky na prípravu podložia pod vrstvu penobetónu

Technické vlastnosti

- ✓ odolnosť voči poškodeniu povrchu od mechanizácie, vrátane šmykom riadených nakladačov
- ✓ vysoká odolnosť voči zmrazovaniu a rozmrazovaniu
- ✓ výborné teplotné vlastnosti

Technologické vlastnosti

- ✓ vysoký pracovný výkon pri realizácii
- ✓ dobrá spracovateľnosť
- ✓ vysoká úroveň homogenity zhotovenej vrstvy
- ✓ dodržiavanie štandardu kvality v rámci každej realizácie.

WIL&DERS™

B **BETON**
ONLINE.SK

WIL&DERS, s.r.o.
Garbiarska 15051/18
080 06 Prešov
Slovensko
☎ +421 917 852 394
☎ +421 918 402 387
✉ info@betononline.sk

Máj 2021

WIL&DERS, s.r.o.
Garbiarska
15051/18
080 06 Prešov
Office:
Duchnovičovo nám. č.1, Prešov

telefón: + 421 917 852 394
e-mail: info@betononline.sk
web: www.BetonOnline.sk