



SLOVAKIA

KONFERENCIA „BETÓN NA SLOVENSKU 2014– 2018“

Vývoj a výrobné skúšky vlákno betónových debniacich dosiek vystužených nekovovou výstužou GFRP

*Milan Chandoga¹–Jaroslav Motlík²- Ladislav Čerňanský³- Eubomír Hrnčiar⁴-
Jozef Ďugel⁵- Peter Paulík⁶*

ABSTRAKT

V tomto príspevku je prezentovaná viac ako dvojročná práca kolektívu autorov na vývoji debniacich dosiek pre mostné prefabrikáty firmy VÁHOSTAV-SK, a.s. Nový typ tenkostenných vlákno betónových debniacich dosiek vystužených kompozitnou výstužou GFRP umožní firme riešiť viacero technických a ekonomických problémov spojených s aplikáciou klasických železobetónových debniacich dosiek a tiež zvýšiť ekonomickosť výstavby mostov z predpätých prefabrikátov. V rámci riešenia vývojovej úlohy bolo odskúšaných viacero receptúr vlákno betónov s dôrazom na ekonomickosť výroby a technológiu ich spracovania najmä zhutňovania vo výrobných formách. Vyrobené debniace dosky boli následne podrobené výrobným zaťažovacím skúškam na prevádzkové zaťaženie a medzu vzniku trhlin. V najbližšej dobe ich čaká certifikačné konanie.

1 ÚVOD

Racionalizácia výstavby mostných objektov viedla k uplatneniu úplnej resp., čiastočnej prefabrikácie nosnej konštrukcie mosta. Pri výstavbe mostov z prefabrikovaných nosníkov je nutné vybetónovať in-situ monolitickú spriahajúcu dosku. Hrúbka spriahajúcej dosky a jej vystuženie sú definované vzdialenosťou nosníkov v priečnom smere mosta. Na zhotovenie monolitickej spriahajúcej dosky možno použiť podperné debnenie. Montáž a najmä demontáž debnenia je spojená s mimoriadne vysokou prácnosťou, vysokou ekonomickou náročnosťou a najmä predĺžením doby výstavby. Tieto okolnosti viedli k uplatneniu prefabrikovaných tenkostenných debniacich dosiek. Na našich stavbách sa prevažne používajú železobetónové debniace dosky, ktoré často tvoria doplnkovú výrobu pre výrobcu vlastných prefabrikátov. Železobetónové debniace dosky (ďalej len DD) výrobné na požadované rozpätie a optimálnu výrobnú a prepravnú šírku sú vzhľadom na dodržanie požadovanej krycej vrstvy betónu ťažké a tak odkázané na mechanizované ukladanie, zvyčajne staveniskovým žeriavom.

¹ Doc. Ing. PhD., PROJSTAR-PK, s.r.o., Nad ostrovom 2, 84104 Bratislava, e-mail: projstar@projstar.sk

² Ing., Váhostav-SK-Prefa, s.r.o., Horný hričov 234, 01342 H.Hričov e-mail: info@vph.sk

³ Ing., VÁHOSTAV-SK, a.s., Priemyslená 6, 821 09 Bratislava 3, email: ladislav.cernansky@vahostav-sk

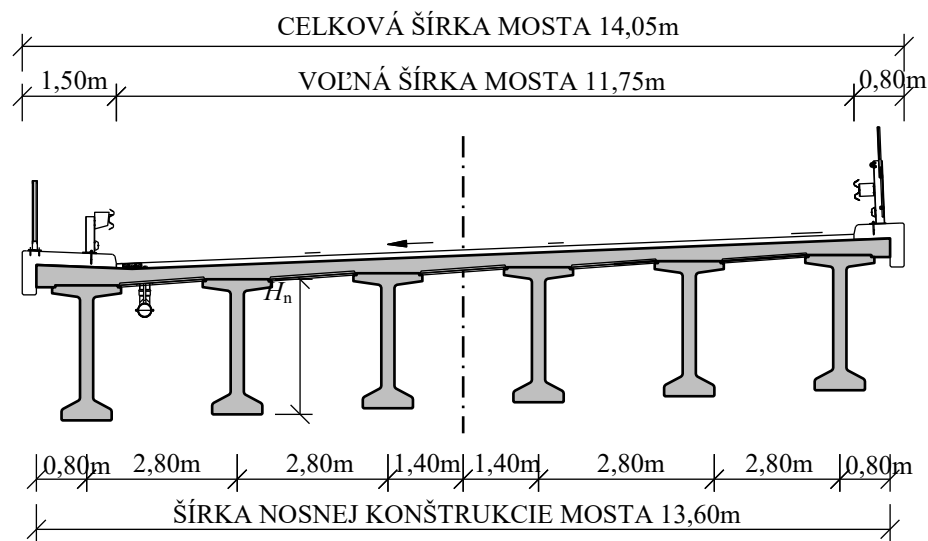
⁴ Ing., VÁHOSTAV-SK, a.s., Priemyslená 6, 821 09 Bratislava 3, email: lubomir.hrnciar@vahostav-sk

⁵ Ing., Váhostav-SK-Prefa, s.r.o., Horný hričov 234, 01342 H.Hričov e-mail: info@vph.sk

⁶ Doc. Ing. PhD., ProPonti, s.r.o., Pomlejská 60/A, 93101 Šamorín, peter.paulik@stuba.sk

Ďalším nedostatkom klasických železobetónových DD je, že sa do únosnosti spriahajúcej dosky nezapočítava oceľová výstuž a ak, tak je to na úkor špeciálnych konštrukčných opatrení poskytujúcich doske patričné spolupôsobenie s monolitickou dobetónávkou. Z vyššie uvedeného vyplýva, že riešením, ktoré zníži tiaž DD a zároveň zabezpečí jej požadovanú „krátkodobú“ únosnosť (schopnosť prenášať tiaž čerstvého betónu) je vyradenie oceľovej výstuže a nahradenie nekorodujúcou, napr. na báze kompozitov GFRP (sklenených vlákien vystužených polymérom). So spolupôsobením, a teda nosnou funkciou takej DD, sa po zatvrdnutí spriahajúcej železobetónovej dosky ďalej neuvažuje.

DD s GFRP výstužou sú vo svete bežným výrobkom. V našom prípade sme sa upriamili na dĺžky 120 –180cm. Vyplývalo to z riešenia redukcie počtu prefabrikátov (najmä nosníkov typovej dĺžky 35-42m) v priečnom smere mosta, obr.1. Cena týchto prefabrikátov, prepravné a montážne náklady pri výstavbe mosta sú značné a tak úspora čo len jedného prefabrikátu je nezanedbateľná.



Obr.1 Nosníky VPH-PTMN 2018 pre dĺžky 38 až 42m (redukcia počtu z 9ks na 6ks)

2 ZÁKLADNE KRITÉRIA PRE KONŠTRUKCIU DD/GFRP

V takmer v dvojročnom procese vývoja týchto dosiek sme riešili nasledujúce úlohy :

- tvar a vystuženie dosky,
- vývoj vhodnej receptúry betónovej zmesi,
- technológie výroby dosiek,
- skladovanie, doprava a manipulácia s doskami
- výrobné zaťažovacie skúšky dosky.

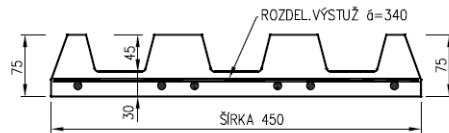
2.1 Tvar a vystuženie dosiek

Pre konštrukciu debniacej dosky je primárnym činiteľom náhrada oceľovej výstuže **nekorodujúcou** výstužou GFRP, ktorá umožňuje v tenkostenných debniacich doskách minimalizovať hrúbku krycej vrstvy betónu na min. hodnotu zabezpečujúcu jej súdržnosť s okolitým betónom. Priečnu GFRP výstuž sme použili len na udržanie polohy pozdĺžnej

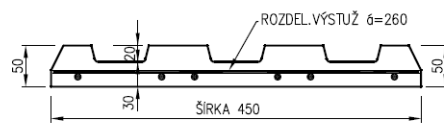
výstuže. Jednosmerné statické pôsobenie dosky dovoľuje prispôbiť šírku a tým aj tiaž dosky potrebám ručného ukladania. Pri dĺžkach dosiek nad 900mm sme na redukcii tiaže použili prebierkový profil s tenkou dolnou doštičkou.

Výsledné tvary debniacich dosiek sú na obr.2. Debniace dosky s konštantnou hrúbkou sme označili DDF (flat), rebierkove typy DDT (trapéz).

DDT 1800/75 (Rozpätie od 1400mm do 1800mm)



DDT 1400/50 (Rozpätie od 900mm do 1400mm)



DDF 900/38 (Rozpätie od 500mm do 900mm)



DDF 500/25 (Rozpätie do 500mm)



Obr.2 Tvar a vystuženie základných typov DD

2.2 Vývoj receptúry betónovej zmesi pre DD

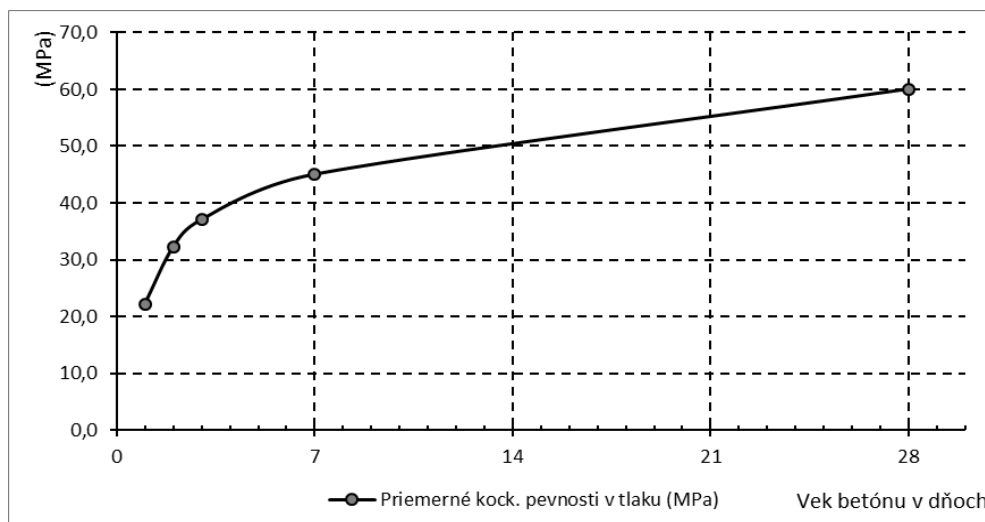
Debniace dosky patria do kategórie tenkých prvkov a preto musí byť receptúra betónovej zmesi starostlivo výrobne overená. V procese vývoja vhodnej receptúry betónovej zmesi sme prešli niekoľkými štádiami overovania. Do tejto hry vstupujú veľmi dôležité faktory ako sú:

- výrobná cena betónu,
- časový nárast oboch pevností betónu (tlakovej a ťahovej) z hľadiska obrátkovosti foriem,
- spracovateľnosť zmesi pri danej technológii výroby dosiek.

Výrobná cena betónu je ovplyvnená najmä drahými prísadami, ktoré zlepšujú jeho vlastnosti. Primárnou prísadou bola a aj zostala polypropylénová striž KALCIFIL, ktorou sme posilnili ťahovú pevnosť betónu a zvýšili jeho odolnosť proti vzniku zmršťovacích trhlin. V prvých doskách sme použili aj prísady potrebné pre výrobu samozhutňujúcej betónovej zmesi. Jednoduchosť spracovania zmesi bola negovaná vysokými cenami prímiesi a nákladmi na ich skladovanie a preto sme sa vrátili k štandardnej zmesi .

Rýchly časový nárast oboch pevností sme potrebovali kvôli zvýšeniu obrátkovosti foriem. Ako cieľ sme si stanovili 24 hodinový cyklus výroby, ktorý nám umožnilo hlavne použitie vláknobetónu. Na obr.3 je uvedený časový nábeh kockovej pevnosti použitých betónových zmesí.

Spracovateľnosť betónovej zmesi je úzko spätá s technológiou výroby debniacich dosiek. Prvé DD sme vyrobili zo samozhutňovacej zmesi a jej spracovateľnosť bola významne ovplyvnená množstvom - 3kg/m³ polypropylénovej striže. Dospeli sme k aplikovateľnej receptúre zmesi s 1kg/m³ striže (obr.3). Toto množstvo striže bolo použité pre výrobu zmesi bez samozhutňujúcich prísad s presne definovanými frakciami kameniva, ktorú sme použili pre výrobu DD prezentovaných v tomto príspevku. Zhutňovanie vláknobetónovej zmesi sa robí na vibračných stoloch. Po 24-hod tvrdnutia betónu sa dosky vyberajú z foriem a skladujú na voľnom priestranstve min 7 dní.



Obr.3 Nábeh kockovej pevnosti vláknobetónov

2.3 Technológia výroby debniacich dosiek

Teoreticky, a čiastočne aj v realizačnej podobe sme analyzovali viacero technológií výroby DD. Uvažovali sme aj s čiastočným predpínaním GFRP prútov a výrobou dosky väčšej dĺžky, z ktorej by sa po zatvrdnutí rezali potrebné DD. Toto riešenie sme zamietli nielen kvôli finančnej a priestorovej náročnosti, ale najmä kvôli deleniu dosky rezaním. Rezanie narušuje súdržnosť výstuže s betónom v miestach, kde to najviac potrebujeme, v úložných koncoch DD. Dĺžka uloženia na hornú prírúbu nosníka je len 30-40mm. Nakoniec sme sa rozhodli pre ambulantnú výrobu dosiek na vibračných stoloch. Touto technológiou sme dosiahli najmä veľmi kvalitné zhutnenie betónovej zmesi.

Pri výrobe tenkostenných dosiek na vibračných stoloch je veľmi dôležité udržať vertikálnu polohu GFRP výstuže. Horizontálna poloha prútov je zabezpečená priečnou výstužou GFRP. GFRP výstuž je ľahká a má tendenciu vyplávať, preto musí byť pri ukladaní betónovej zmesi fixovaná zdola aj zhora. Tento problém sme vyriešili vyberateľnými dištančnými vložkami – oceľovými prútmi. Na ten účel sú v bočniciach formy vyvŕtané otvory pre ich osadenie.

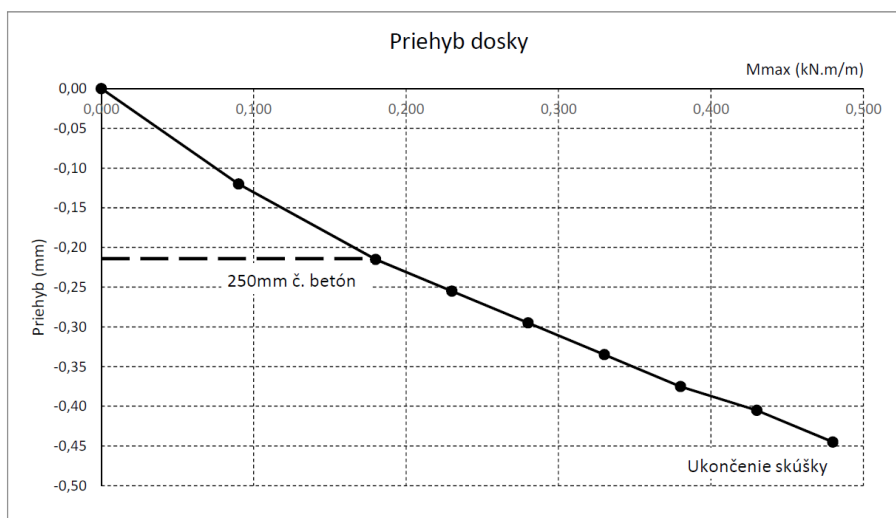


Obr.4 Betonáž vzoriek zo samozhutňujúceho betónu

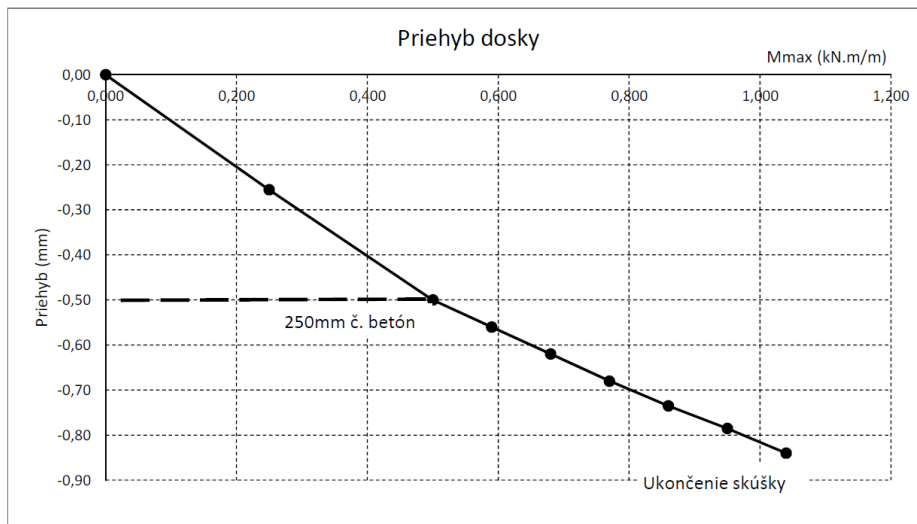
3 VÝROBNÉ ZAŤAŽOVACIE SKÚŠKY

Od roku 2016 keď sme začali pracovať na vývoji vláknobetonových DD s GFRP výstužou sme realizovali cca 15 výrobných zaťažovacích skúšok. Všetky skúšky boli vykonané v prefe firmy Váhostav-SK v Hornom hričove. Na zaťaženie dosiek sme používali skúšobné 150mm kocky s tiažou 8 kg/ks. Úlohou týchto ZS bolo zistiť únosnosť a priehyb DD pri zaťažení čerstvou betónovou zmesou reprezentujúcu hrúbku spriahajúcej železobetónovej dosky mosta. Po vyvodení tohto zaťaženia, na ktoré sme potrebovali cca dve vrstvy skúšobných kociek, sme pokračovali s priťažovaním až po dosiahnutie vzniku prvých trhlín a nadmerného priehybu.

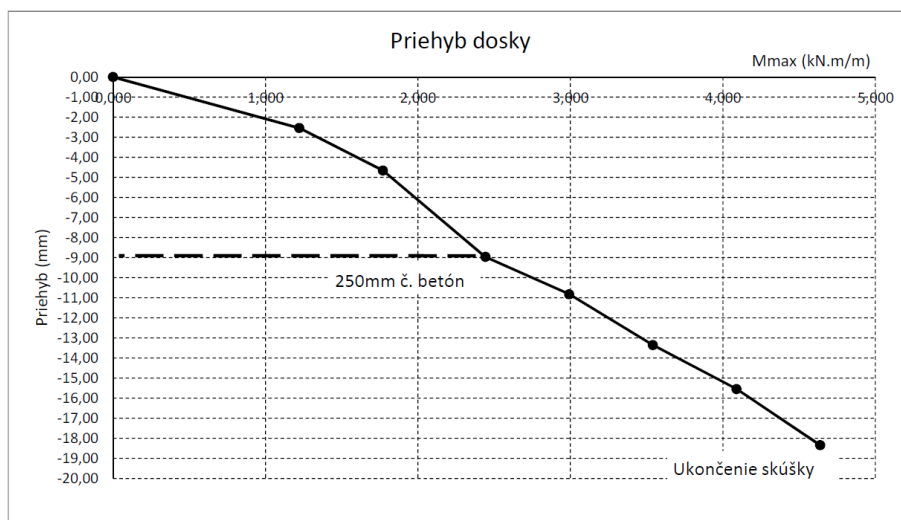
Na obr.5,6,7 sú pracovné diagramy priehyb/zaťaženie z výrobných zaťažovacích skúšok pre niektoré typy dosiek. Okrem týchto typov boli skúšobne overené aj DDF900/40, DDT1200/50 a DDT1400/50.



Obr.5 Debniaca doska DDF 500/750/25- priehyb pri zaťažení reprezentujúcom 250mm hrúbku dosky 0,22mm (max. zať. 480kg)



Obr.6 Debniaca doska DDF 800/750/35- priehyb pri zaťažení reprezentujúcom 250mm hrúbku dosky 0,5mm (max. zať. 640kg)



Obr.7 Debniaca doska DDF 1800/500/65(doska =30mm)- priehyb pri zaťažení reprezentujúcom 250mm hrúbku dosky 8,9 mm (max. zať. 816kg)



Obr.8 Zaťažovacia skúška DD500/750/25



Obr.9 Zaťažovacia skúška DD800/750/35



Obr.10 Zaťažovacia skúška DD1800/500/65(doska =30mm)

Po analýze týchto výsledkov boli stanovené základné typy a tvary DD pre ich certifikáciu v TSUS Bratislava. Aby sme znížili priehyby, boli upravené všetky hrúbky dosiek 900-1800mm, pozri obr.2. Spôsob zaťažovania DD bol upravený tak, aby vystihol realitu na stavbe. Po zaťažení na úrovni 200,250,300mm hrúbky čerstvej betónovej zmesi je DD krátkodobo priťažaná 100kg bremenom (reprezentujúce tiaž betonára). Po odľahčení sa pokračuje s priťažovaním až do vzniku trhlín a vyvedení nadmerných (neakceptovateľných) priehybov.

3 ZÁVERY

Na základe série výrobných zaťažovacích skúšok sa preukázala vhodnosť použitia debniacich vláknobetónových dosiek s výstužou GFRP s rozpätím až 1800 mm. Otvára sa tak možnosť ďalšej racionalizácie výstavby mostov z prefabrikovaných nosníkov. Nekomová výstuž GFRP nepodlieha korózii a vyžaduje si minimálne krytie, potrebné len na zakotvenie výstužnej vložky, t.j. na prenesenie ťahových napätí do betónu. Priehyb debniacich dosiek bez trhlín od zaťaženia čerstvým betónom je na úrovni tisícín rozpätia.

1. Literatúra

- [1] Prefabrikované debniace betónové dosky s nekorozívnou výstužou ARMASTEK, Úloha TR -Zvýšenie efektívnosti výroby betónových prefabrikátov, Obj. Váhostav-SK,a.s., Zodp. riešiteľ Projstar- PK,s.r.o., Záverečné správy 12/2016;12/2017
- [2] Nad', E a kol.: Návrh debniaceho prefabrikátu s nekovovou výstužou, Košice04/2027

