

# Vláknobetón – vlastnosti a možnosti

**Stavebníctvo, ako odvetvie priemyslu, sa v posledných rokoch potýka s čoraz intenzívnejším využívaním produktov chemického priemyslu, s racionalizáciou výroby a s inováciou tradičných technológií. Výsledkom by mali byť úspory vo výrobných nákladoch a možno aj zlepšenie úžitkových vlastností hotovej konštrukcie alebo celého diela. Každá inovácia si však vyžaduje dokonalé zvládnutie teórie a samozrejme aj technológie. V laboratórnych podmienkach vynikajúco fungujúci materiál nemusí rovnako fungovať aj v praxi.**

Jedným z takýchto materiálov, ktorý v posledných rokoch zaznamenal nevidaný rozmach, úspechy i pády, v očiach odbornej verejnosti je velebený i zatracovaný a zároveň sa (podľa mňa) môže pýšiť titulom „nepochopený“, je vláknobetón. V tomto článku sa oboznámime so základnými faktami a zásadami návrhu, ale hlavne aplikácie vláknobetónov.

## Čo to je vláknobetón

Odborne povedané, vláknobetón je reologický, kompozitný materiál na báze silikátov s ideálne rozptýleným výstužnými elementami vo forme vlákien, či už oceľových, uhlíkových, sklenených alebo syntetických (zväčša polymérových). Neskôr, z popisu účinku jednotlivých typov vlákien na betón vyplynie, že namiesto tejto odbornej a „príliš všeobecnej“ definície je vhodné za vláknobetón považovať len betón s pridanou rozptýlenou výstužou vo forme oceľových, resp. kovových vlákien.

Pridanie vlákien do betónu, rovnako ako tradičné vystužovanie betónových prierezov, zabezpečuje prenos ťahových napätí, ktoré betón (krehký materiál) preniesť nedokáže. Vystužovanie krehkých materiálov rozptýlenou výstužou (istá forma vlákien) a funkčnosť tejto metódy sú známe už mnoho storočí.

## História

Prvé použitie predchodcov súčasných vlákien bolo odhadnuté na dobu z pred 3500 rokov, kedy sa krehké (na slnku sušené) tehly vystužovali slamou. Postupom času sa ako výstužný materiál do mált začala používať konská srst. Neskôr, na obdobie skoro 100 rokov, sa prešlo na azbestové vlákna [1, 2]. Po zistení ich vplyvu na zdravie sa začal intenzívny výskum nových druhov rozptýlenej výstuže, ktorý viedol k predstaveniu oceľových vlákien (obr. 1) na americkom trhu v šesťdesiatych a na európskom trhu v sedemdesiatych rokoch minulého storočia [1, 2]. Od tejto doby sa

vlákna zdokonaľujú a prechádzajú určitým vývojom, čo má dopad na vlastnosti výsledného stavebného materiálu, do ktorého sa pridávajú (prevažne betón). Navyše, v deväťdesiatych rokoch minulého storočia boli na trh uvedené syntetické (polymérové) vlákna (obr. 2) a dodnes sa sortiment i materiálová báza vlákien rozširuje.

## Novinky

Vďaka významnému pokroku za uplynulé desaťročie v oblasti nanotechnológií sme schopní vyrábať vlákna do betónu aj na báze uhlíka a rôznych polymérov. Skutočným prevratom sa javia byť dvojzložkové polymérové vlákna. Novou technológiou výroby vlákien pozostávajúcich z jadrovej



Obr. 1: Typické oceľové vlákna zakončené kotevným háčikom



Obr. 2: Typické polypropylénové fibrilované vlákna

časti a z pláštá (s rôznymi úpravami, obr. 3) je možné dosiahnuť mechanické vlastnosti polymérových vlákien, aké u klasických termoplastov doposiaľ neboli možné. Vylepšené mechanické vlastnosti ale neobnávajú tie nevýhody, ktoré majú oceľové vlákna [3]. Výsledky skúšok na vláknobetónoch s použitím dvojzložkových vlákien prezentovali v roku 2009 laboratóriá EMPA. Z výsledkov vyplýva 10–15krát vyššia súdržnosť s cementovým tmelom v porovnaní s tradičnými polymérovými vláknami a možnosť bezpečnej náhrady dávky 30 kg/m<sup>3</sup> oceľových vlákien za dávku 5 kg/m<sup>3</sup> dvojzložkových vlákien [3].

### Výhody vláknobetónu

Či si to uvedomujeme alebo nie, rozptýlená výstuž bola pôvodne využívaná hlavne na zabránenie vzniku trhlin v jednotlivých materiáloch alebo výrobkoch. Rozptýlené vlákna výstuže zvyšovali integritu celého systému, a redukovali tak prejavy objemových zmien súvisiacich najmä s kolísaním vlhkosti. Neskôr sa ale zistilo, že pridávaním vlákien rozptýlenej výstuže možno efektívne vystužovať inak krehké materiály, a nahradiť tak určitú časť tradičnej výstuže. Vychádzajúc z návrhu tradičnej výstuže (určitá plocha výstuže na určitý prierez betónového prvku pri určitom zaťažení) sa usúdilo, že tradičnú výstuž možno nahradiť výstužou rozptýlenou, pričom sa významne skráti výrobný čas konštrukcie a dosiahnu sa úspory na inak časovo náročných procesoch viazania alebo zvrárania výstužných mreží. Ďalšou nespornou výhodou je, že vlákna v betóne zvyšujú jeho húževnatosť a absorpciu energie vo forme nárazov alebo vibrácií. Taktiež sú vláknobetóny výhodné pre konštrukcie, kde sa predpokladá (do-

voľuje) vznik trhliny pretože práve vlákna zabezpečujú spolupôsobenie susedných betónových kryh pri zaťažení, a redukovujú tak lokálnu deformáciu konštrukcie pri zaťažení. V inom štádiu zase pomáhajú distribuovať a prenášať vnútorné napätia v tuhúcom a tvrdúcom kompozite tak, aby zostal celistvý a mohol dosiahnuť požadovanú životnosť, čo je dôležité najmä u významných konštrukcií vystavených agresívnym vplyvom. Uvedené výhody vláknobetónu sú len akousi laickou informáciou, s ktorou si však stavebný inžinier nemôže vystačiť. Rozdelíme si teda úžitkové vlastnosti podľa najbežnejších materiálov vlákien a tým zadefinujeme aj oblasť ich použitia.

### Použitie

Pre zaistenie správnej funkcie vláknobetónovej konštrukcie a zamedzenie vzniku jej potenciálnych neskorších väd je potrebné rozlišovať aspoň dve zásadné oblasti použitia vlákien do betónov. Prvou je oblasť statická. Vlákna navrhnuté v určitej dávke majú úplne alebo čiastočne nahradiť oceľovú prúťovú alebo sieťovú výstuž. Vychádzajúc z materiálových charakteristík ocele, ktorú vlákna nahrádzajú, je potrebné, aby i tieto vlákna dosahovali vysokú pevnosť v ťahu, vysokú ťažnosť, vysoký modul pružnosti a vysokú súdržnosť s cementovým tmelom. Odhliadnuc od najnovších dvojzložkových vlákien sú pre toto použitie vhodné len oceľové vlákna (STN EN 14889-1). Samozrejme ani v prípade oceľových vlákien nie je vlákno ako vlákno, a preto treba brať do úvahy pozdĺžny tvar vlákna, tvar a priemer jeho priečneho rezu, dĺžku vlákna ako aj technológiu výroby, s ktorou úzko súvisí drsnosť povrchu a súdržnosť

s cementovým tmelom [4]. Všetky tieto charakteristiky majú zásadný vplyv na spracovateľnosť čerstvého vláknobetónu a na mechanické vlastnosti zatvrdnutého vláknobetónu nepriamo prostredníctvom spracovateľnosti (a súvisiacej homogenity), ale aj priamo, a to prostredníctvom účinnej plochy prierezu vlákien [5].

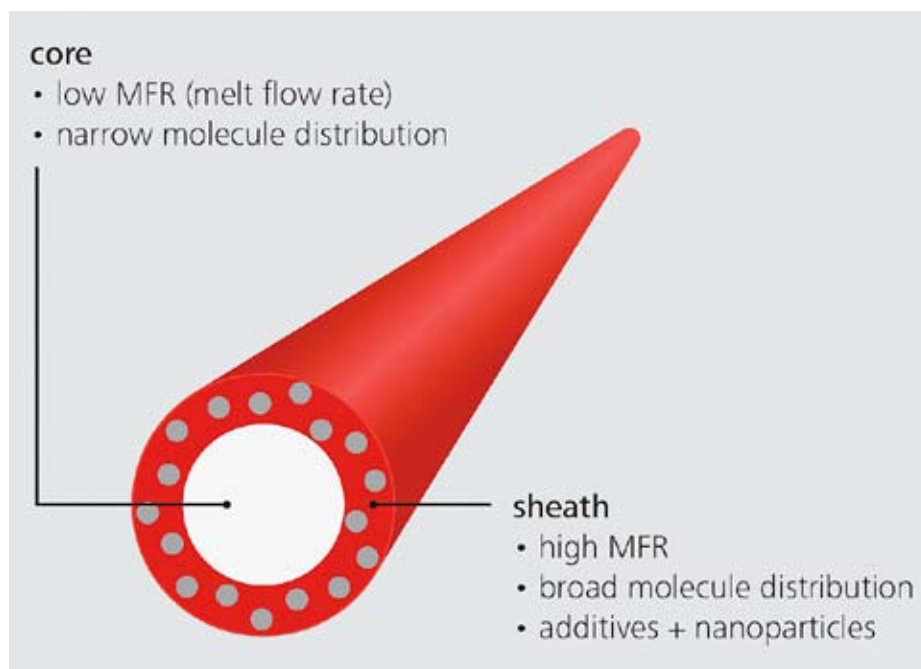
Oceľové vlákna sa teda navrhujú na statické pôsobenie v betóne. Ich účelom je prenos statických i dynamických zaťažení pôsobiacich krátko- a/alebo dlhodobo na konštrukciu. Pre tieto účely a bežné zaťaženia sa odporúčajú navrhovať v dávkach od cca 30 do 90 kg/m<sup>3</sup> [6]. Vláknobetón s takouto dávkou vlákien bezpečne zaistí prenos napätí vyvolaných zaťažením i v prasknutom priereze, tj. po prekročení medze úmernosti, a zaisťuje tak tzv. reziduálnu (zostatkovú) pevnosť.

Druhú oblasť použitia zameranú na celistvosť a trvanlivosť konštrukcie možno bez akýchkoľvek pochybností vzťahovať priamo na syntetické (polymérové) vlákna (STN EN 14889-2). Syntetické vlákna sa rozdeľujú podľa technológie výroby na monofilamentné a fibrilované. Zatiaľ čo monofilamentné sú na prvý pohľad jemné a pripomínajú vlákna buničiny, fibrilované vlákna sa vyrábajú sekaním „fólie“ polyméru na vlákna požadovaných rozmerov. Technológia výroby a súvisiace rozmerové vlastnosti sú kľúčové pre rovnomernosť distribúcie vlákien počas miešania a tým aj pre účinnosť pri obmedzovaní prejavov objemových zmien betónu [5].

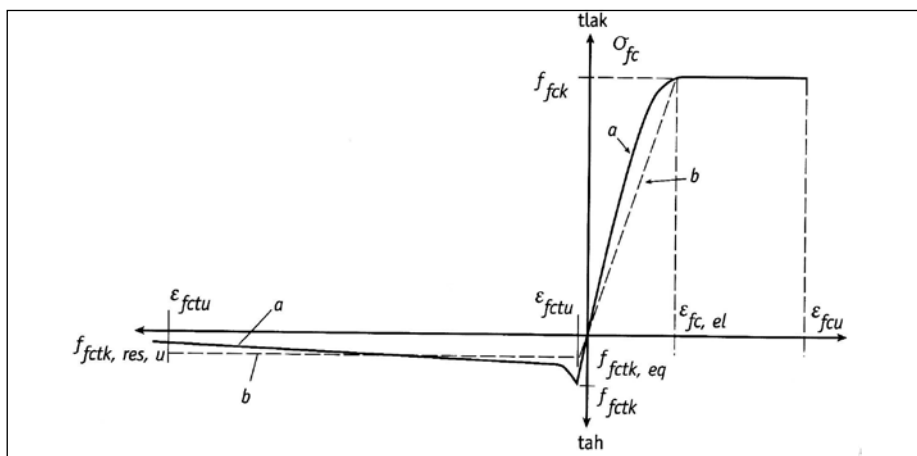
Ak by sme teda účel použitia polymérových vlákien chceli zjednodušiť, potom by sme ich navrhovali na obmedzovanie vzniku zmršťovacích trhlin v betóne. Logicky by sa teda mohli pridávať do betónu tých konštrukcií, ktoré budú realizované v letnom období, špeciálne ak budú veľkou plochou vystavené prostrediu s nízkou relatívnou vlhkosťou. Zvláštnu pozornosť a zväzanie použitia syntetických vlákien si vyžadujú tie konštrukcie, ktoré budú mať celospoločenský význam, resp. očakáva sa od nich dlhá životnosť, a to obzvlášť ak budú vystavené agresívnemu prostrediu, ktoré by degradáciu konštrukcie prostredníctvom zmršťovacích trhliniek rapidne urýchlilo. Vo všeobecnosti sa odporúča dodržať dávkovanie min. 0,9 kg/m<sup>3</sup>, no ukazuje sa, že so zvyšujúcou sa jemnosťou vlákien (hlavne u monofilamentných) je možné bezpečne znížiť dávku na cca 0,6 kg/m<sup>3</sup> [5].

### Návrh vláknobetónových konštrukcií

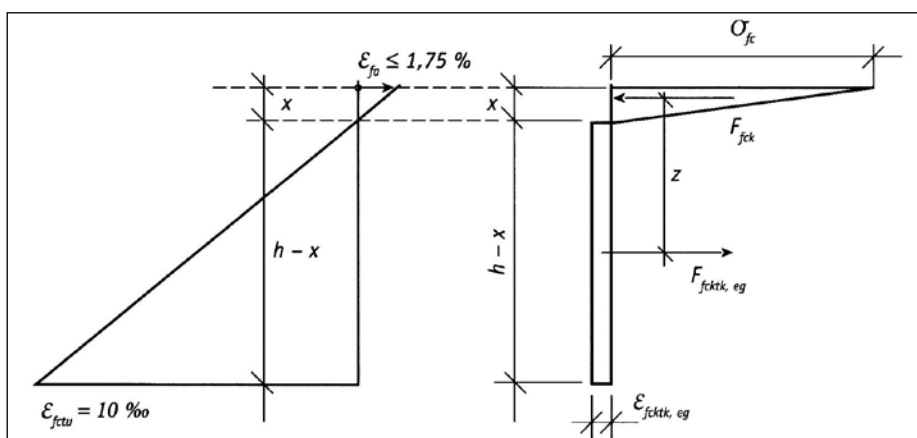
Návrh vláknobetónovej dosky podlahy je odlišný už samotným účinkom idealizovane všesmerne rozptýlenej výstuže, ktorá zvyšuje duktilitu a reziduálnu pevnosť v ťahu aj po vzniku trhliny a teda



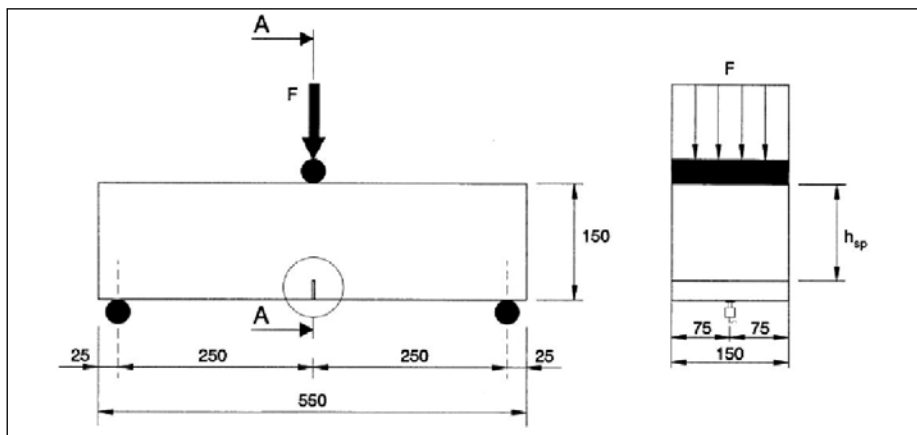
Obr. 3: Dvojzložkové polymérové vlákna [3]



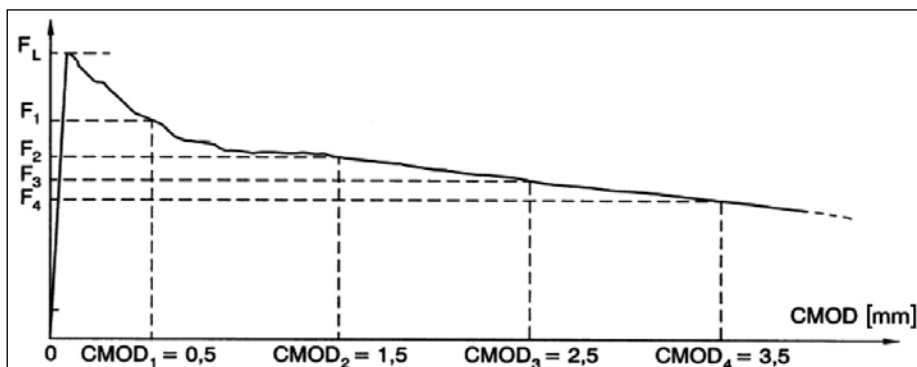
Obr. 4: Pracovný diagram vláknotetónov (a – skutočný priebeh, b – zjednodušený priebeh) [4]



Obr. 5: Návrhová schéma vláknotetónu po vzniku trhliny [4]



Obr. 6: Zaťažovací schéma pri zisťovaní reziduálnej pevnosti v ťahu za ohybu [STN EN 14651]



Obr. 7: Zaťažovací diagram vláknotetónového prvku [STN EN 14651]

plastického kľbu. Typické chovanie napätia v závislosti od pomerného pretvorenia prostých vláknotetónov vystihuje charakteristický pracovný diagram na obr. 4 a návrhová schéma na obr. 5.

Uvedené pevnosti sa stanovujú preukaznými skúškami. Oblasť ťahových pevností pri a po vzniku trhliny sa doporučuje skúšať na trámoch vystavených namáhaniu ťahom za ohybu podľa STN EN 14651, ktorej zaťažovací schému popisuje obr. 6.

Vláknotetónový prvok má schopnosť prenášať zaťaženie ohybovým momentom  $M_e$  (1) i po vzniku trhliny, t. j. po prekročení medze úmernosti (LOP – Limit of Proportionality) podľa vzťahu 2, kde  $F_L$  je zaťaženie na medzi úmernosti,  $I$  je rozptätie,  $b$  je šírka prierezu a  $h_{sp}$  je účinná výška prierezu.

$$M_e = \frac{F_L \cdot I}{2} \cdot \frac{1}{2} \quad (1)$$

$$f_{ct,L}^f = \frac{3F_L \cdot I}{2b \cdot h_{sp}^2} \quad (2)$$

Po vzniku trhliny dochádza k plynulému, no prudkému posunu neutrálnej osi k tlačenej strane prierezu (obr. 5), a teda rastie aj šírka trhliny. Reziiduálna pevnosť prvku v ťahu za ohybu  $f_R$  (resp. účinnosť vlákien podľa vzťahu 3) sa určuje pri určitých deformačných stupňoch  $CMOD_U$  (Crack Mouth Opening Displacement) 0,5; 1,5; 2,5 a 3,5 mm, reprezentujúcich otvorenie trhliny ako to zachytáva obr. 7.

$$E_A = \int_0^{CMOD_U} F(CMOD) d(CMOD) \text{ [MPa]} \quad (3)$$

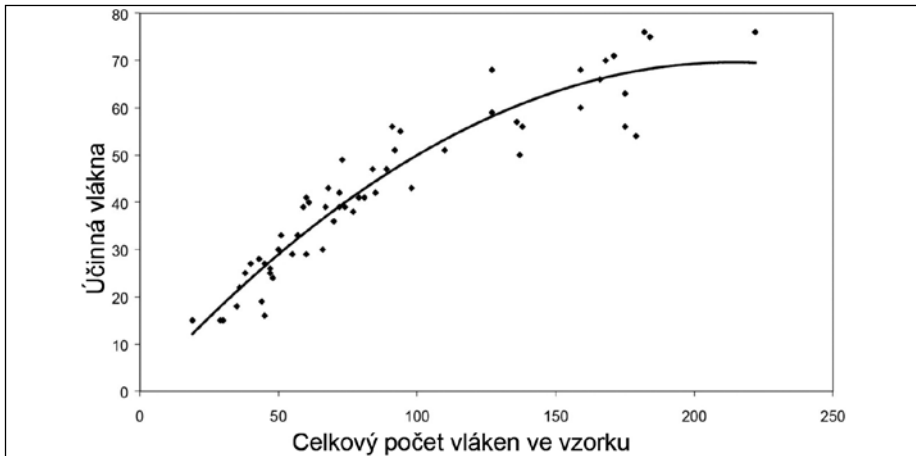
Ak plochu  $E_A$  (vzťah 4) pod diagramom (obr. 7) vyjadrujúcu energiu absorbovanú telesom počas zaťažovania nahradíme rovnakou obdĺžnikovou plochou, môžeme určiť medzné charakteristické ekvivalentné zataženie  $F_{Rk}$ ,  $e_q$  (vzťah 5) a príslušný moment  $M_{Rk}$ ,  $e_q$ . Vo vzťahu 5 vystupuje premenná  $CMOD_U$  vyjadrujúca medznú šírku trhliny alebo premenná  $\delta_U$  vyjadrujúca medzný prieťah, pričom medzi  $CMOD$  a  $\delta$  platí korelačný vzťah 5.20.

$$f_{ct,L}^f = \frac{3F_L \cdot I}{2b \cdot h_{sp}^2} = \frac{6M_e}{2b \cdot h_{sp}^2} \text{ [J]} \quad (4)$$

$$F_{Rk, eq} = F_{Ek, eq} = \frac{E_A}{CMOD_U} = \frac{E_A}{\delta_U} \text{ [kN]} \quad (5)$$

$$\delta = 0,85 \cdot CMOD + 0,04 \text{ [mm]} \quad (6)$$

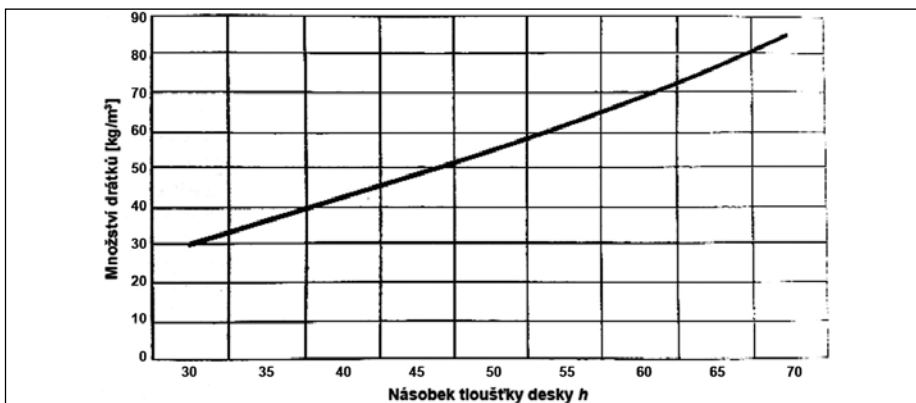
Rovnako ako u bežne vystužených priereзов i tu musia platiť podmienky rovnováhy síl (obr. 5).



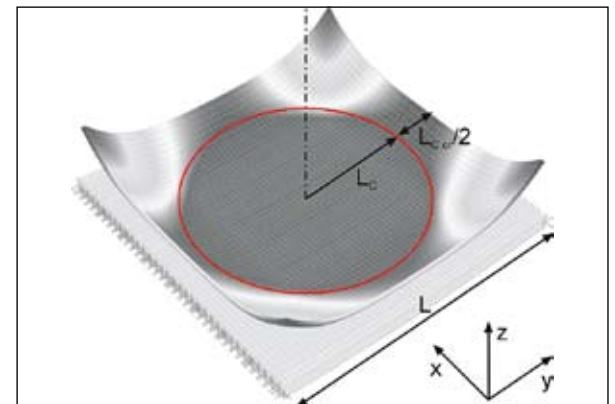
Obr. 9: Nelineárna závislosť efektívneho množstva vlákien od celkového množstva vlákien v priereze C50/60 s vláknami  $l_f=60$  mm [7]



Obr. 10: Zle rozptýlená výstuž odhalená po odfrézovaní povrchu dosky (vpravo hore – detail chumáča ocelových vlákien)



Obr. 11: Vzďialenosť škár ako funkcia dávky ocelových vlákien [6]



Obr. 12: Konvexný tvar podlahovej dosky [8]

$\Sigma_N = 0$  ... suma osových síl v priereze je rovná nule;

$\Sigma M_x = 0$  ... suma ohybových momentov okolo neutrálnej osi je rovná nule.

Návrh celkového množstva rozptýlenej výstuže prenášajúcej dané zaťaženie by potom vychádzal z idealizovaného predpokladu rovnomerne rozptýlenej a orientovanej výstuže v celom objeme kompozitu. Tento predpoklad sa však ukázal ako nesprávny. Výsledná pevnosť je totiž priamo (lineárne) úmerná efektívnemu množstvu vlákien v priereze (obr. 8), ktorý je nelineárne závislý od celkového množstva vlákien (obr. 9). Všeobecne platný návrhový model pre dimenzovanie vláknobetónov nebol doposiaľ zhotovený vzhľadom na veľkú variabilitu charakteristík vlákien, vplyv receptúry betónu a samozrejme aj významný vplyv miešania. Pri návrhu vláknobetónu sa preto treba spoliehať na výpočtový model poskytnutý výrobcom (predajcom) vlákien a odporúča sa overiť výpočet aj skúškami vláknobetónov.

### Dávkovanie v praxi

Vláknobetón je komplikovaný materiál. Účinnosť je založená na rovnomernom prenose zaťaženia vo všetkých smeroch. Aby všesmerná účinnosť

mohla byť zaistená, musia byť vlákna orientované rovnomerne vo všetkých smeroch a v celom objeme konštrukcie. Tu však narážame na kardinálny problém. Výrobcovia vlákien odporúčajú dávky od  $30 \text{ kg/m}^3$  a aj keď je nám jasné, že ich snahou je predať čo najviac vlákien, len zriedka nájdeme stavbu, kde sa dodržala čo i len dolná hranica dávky vlákien. Bežne sa na stavbách stretávame s dávkami  $20 \text{ kg/m}^3$  a pri vyslovení čísla 30 sa investor aj zhotoviteľ len chytia za hlavu – vraj „kto by to platil?“. Musíme si uvedomiť, že vplyv na výslednú kvalitu vláknobetónu má minimálne 20 faktorov. Niektoré súvisia so zložením betónu, niektoré s vlastnosťami vlákien, niektoré s technológiou ukladania a dokončovania konštrukcie, no základom je dávka vlákien. Všetky faktory totiž pôsobia na rovnomernosť distribúcie vlákien. Ak ale použijeme vyššie dávky vlákien, potom sa prípadná lokálna nehomogenita nemusí prejaviť poruchou, pretože v relatívnom vyjadrení je odchýlka menšia a pravdepodobnosť nevystuženia niektorej časti prierezu dramaticky klesá. Treba si uvedomiť, že aj vo vláknobetóne platia princípy mechaniky a ak má konštrukcia prenášať ťahové zaťaženie v určitom smere, potom vlákna aktívne sa podieľajúce na prenose zaťaženia musia byť orientované v tomto smere. Ak si pred-

stavíme kockový výrez z vláknobetónovej konštrukcie, v ňom 3 základné smery (x, y, z) a predpokladáme rovnomernú všesmernú orientáciu vlákien, potom 1/3 vlákien bude orientovaná v smere x, 1/3 v smere y a 1/3 v smere z. Z pôvodnej dávky  $30 \text{ kg/m}^3$  v danom smere aktívne pôsobí maximálne  $10 \text{ kg}$  vlákien.

### Časté chyby, omyly a problémy

Návrh typu a dávky vlákien je len jeden z krokov na ceste ku kvalitnej vláknobetónovej konštrukcii. Podotýkam, že jeden z tých ľahších. Keď už vieme, koľko vlákien máme pridať do čerstvého betónu, musíme zvoliť ešte správny čas a spôsob pridania. Tieto údaje by nám mal poskytnúť výrobca vlákien v ich technickom liste. Mali by sme mať k dispozícii maximálnu dobu miešania pri určitom type miešania a aj spôsob pridávania vlákien. Dodržanie odporúčaní výrobcu by malo viesť k rovnomernému rozptýleniu vlákien výstuže v betóne. Obzvlášť u ocelových vlákien je potrebné dbať na obmedzenie zbytočne dlhého miešania lebo vlákna majú tendenciu zhlukovať sa vplyvom ich zmagnetizovania (obr. 10) a to vedie k nehomogenosti zmesi. Všeobecnou snahou by malo byť pridávať vlákna až na stavenisku a to priamo do autodo-



Obr. 13: Stopy korózie ocelových vlákien na cestnom obrubníku

miešavača, pričom by sa zmes mala miešať maximálne 1–3 minúty.

Zmena konzistencie (skúšaná podľa STN EN 12350-3) vplyvom prídania vlákien je normálny jav a výrobca vlákien by ju mal deklarovať vzhľadom na referenčný betón (podľa STN EN 14845-1). Pri návrhu betónu by sa preto malo uvažovať s tekutejšou konzistenciou. Ak sa so zmenou konzistencie neuvažovalo, na stavbníku sa, rovnako ako inokedy, nesmie pridávať voda do betónu. V opačnom prípade by sa nielen zhoršili ukazovatele úžitkových vlastností betónu, ale výrazne by sa mohla zvýšiť segregácia v betóne počas zhutňovania. S tým súvisí aj usmernenie rozptýlenej výstuže.

Pre zhotovovanie betónových konštrukcií platia podľa STN P ENV 13670-1 určité zásady a požiadavky. Rovnaké požiadavky platia i pre zhotovovanie vláknotbetónových konštrukcií. Ak vychádzame zo skutočnosti, že vláknotbetón je náchylný na nerovnomernosť distribúcie vlákien a vytváranie nedostatočne vystužených a naopak prevystužených oblastí vplyvom nevhodnej technológie spracovania betónu, potom musíme dbať na technické zvládnutie hlavne nasledovných činností.

- Ukladanie betónu – Na prvý pohľad triviálny proces liatia viskózne „kvapaliny“ sa vplyvom prídania vlákien (s diametrálne odlišným tvarom a objemovou hmotnosťou) mení na operáciu s významným účinkom na usmernenie vlákien v konštrukcii. V dôsledku kinetickej energie nadobudnutej počas ukladania vláknotbetónu dochádza k usmerneniu vlákien prevažne do horizontálnej polohy s orientáciou prevažne v smere ukladania betónu. V snahe

o dosiahnutie všesmernej orientácie vlákien je nevyhnutné zamedziť ukladaniu vláknotbetónu z veľkej výšky, za ktorú možno považovať aj všeobecne akceptovanú výšku 1,5 m.

- V následnom kroku sa konštrukcia zhutňuje. V bežnej praxi to znamená, že sa do konštrukcie, resp. do čerstvého vláknotbetónu, vnáša vysokofrekvenčné kmitanie (dynamické zaťaženie) charakterizované amplitúdou a frekvenciou kmitania. Z bežnej betonárskej praxe je známe, že previbrovávaním sa parametre betónu zhoršujú (zvyšuje sa obsah vzduchu, segregácia kameniva, potenie betónu). V prípade vláknotbetónov je výsledok previbrovania prinajmenšom rovnaký. Navyše, vlákna vplyvom gravitácie, ktorá sa v „stekutej“ zmesi ľahšie prejavuje, klesnú do spodnej časti prierezu konštrukcie a zaujmú prevažne horizontálnu polohu. Je dôležité zvoliť správnu technológiu zhutňovania, jej parametre a v neposlednom rade dobu (začiatok a trvanie).
- Po zatuhnutí betónu môže prichádzať na rad rezanie kontrakčných škár. Tieto by sa mali zhotoviť do doby dosiahnutia maximálneho hydratačného tepla. V závislosti od okrajových podmienok na stavbe, vlastností použitého cementu ako aj prípadných prísad a prímiesi je potrebné určiť čas, kedy sa konštrukcia prestane zohrievať a začne chladnúť. V tomto okamihu bude potrebné uvoľniť vznikajúce napätia v mladom vláknotbetóne. Najčastejšie sa to rieši rezaním kontrakčných škár minimálne do hĺbky {max  $h_{kon}$ ; 70 mm}. V takto oslabenej oblasti (v reze) vznikne trhlinka. Rez sa následne vyčistí a vyplní. V zásade platí pravidlo, že s ras-

túcim stupňom vystuženia možno kontrakčné celky zväčšovať, tj. kontrakčné škáry môžu byť rezané vo väčších vzdialenostiach. Keďže ocelové vlákna pôsobia v priereze ako výstuž, ich zvyšujúca sa dávka zvyšuje stupeň vystuženia a umožňuje zväčšovať kontrakčné celky (obr. 11). Do úvahy v tomto prípade treba vziať hrúbku dosky a určite aj spôsob uloženia (klzné alebo spriahnutie s podkladom).

Vláknotbetóny (ocelové vlákna) so sebou obnášajú aj určité negatíva, ktoré si popíšeme v nasledovných bodoch. Tým, že sa vláknotbetóny používajú prevažne na plošné horizontálne konštrukcie uložené na teréne alebo na nejakej nosnej konštrukcii, dochádza počas tuhnutia a tvrdnutia betónu k nerovnomernému vysychaniu konštrukcie po jej výške. Intenzívna strata vlhkosti do okolitého prostredia z povrchu dosky a naopak malá strata vlhkosti do podkladu spôsobuje vyzdvihnutie hrán kontrakčných celkov a vytvorenie konvexného tvaru kryhy. Zdvihnutie hrán sa najviac prejavuje v rohoch kryh (tzv. *curling* na obr. 12). Navyše, ak sú zdvihnuté rohy zaťažené (čo i len hmotnosťou pracovníka) dochádza k ich odlomeniu. Veľkosť *curlingu* pritom obmedzuje dôsledné ošetrovanie betónu i stupeň spriahnutia konštrukcie s podkladom.

Druhý problém vláknotbetónov sa vzťahuje na konštrukcie a výrobky vystavené vlhkému prostrediu. V prípade vlákien nie sme zatiaľ schopní zabezpečiť dodržanie krycej vrstvy výstuže (vlákien). Ak je vláknotbetón vystavený vlhkému alebo mokrému prostrediu, je vysoká pravdepodobnosť, že už po cca jednom roku sa na jeho povrchu objavia známky korózie ocelových vlákien (obr. 13).

### Preventívne opatrenia

Elementárnou snahou je dosiahnuť rovnomerné a všesmerne rozptýlenie vlákien v celom kompozite. Vzhľadom na množstvo činiteľov ovplyvňujúcich distribúciu vlákien je preto viac ako potrebné dbať už v samotnom návrhu zloženia betónu a v návrhu dávky vlákien na všetky technologické možnosti zhotovenia konštrukcie a dôkladne poznať navrhované vlákna. Počas realizácie zabezpečiť špeciálny dohľad nad zhotovovaním vláknotbetónových konštrukcií a priebežnú kontrolu homogenity zmesi. Táto sa môže vykonávať podľa STN EN 14721+A1. Skúška je založená na odoberaní vzoriek (známeho objemu) z čerstvého vláknotbetónu, odseparovaní vlákien, zistení ich hmotnosti a prepočítaní zistenej dávky na 1 m<sup>3</sup>. V prípade, že sa výsledok nelíši od projektovanej dávky o viac ako ±10 %, je možné vláknotbetón zabudovať do konštrukcie.

## Záver

Na záver len zdôrazním, že vláknotbetón je akosi nadstavbou už aj tak zložitého materiálu (betónu), a preto si vyžaduje individuálny prístup od návrhu až po odovzdanie konštrukcie. Problematika vláknotbetónov je tak rozsiahla, že doposiaľ nebol vytvorený všeobecne platný model návrhu a správania sa vláknotbetónov a ten, kto tvrdí, že vláknotbetónu rozumie – zrejme vie viac ako ostatná odborná verejnosť, no s najväčšou pravdepodobnosťou klame.

PETER BRIATKA

*foto archiv autora*

## Literatúra:

- 1) Ševčík, P. – Briatka, P.: Vlákna do betónu – požiadavky a skúšanie, zborník Stavebné materiály a skúšobníctvo 2008, Orgware, Podbanské, 2008.
- 2) Labib, W. – Eden, N.: An Investigation into the Use of Fibres in Concrete Industrial Ground-Floor Slabs, Liverpool John Moores University, Liverpool, 2006.
- 3) Kauffman, J. et al.: Novel bi-component fibers for the mechanical reinforcement of concrete, Empa activities 08/09, EMPA, Switzerland, 2009, pp. 34–35.
- 4) Hela, R. – Klablana, P. – Krátký, J. – Procházka, J. – Štěpánek, P. – Vácha, J.: Betonové průmyslové podlahy, Informační centrum ČKAIT, Praha, 2006.
- 5) Briatka, P. – Ševčík, P.: Hodnotenie vplyvu rozptýlenej výstuže na vlastnosti betónu, BETON TKS 2/2009, BETON TKS, Praha, 2009, str. 74–81.
- 6) Svoboda, P. – Doležal, J.: Průmyslové podlahy a podlahy v objektech pozemních staveb, Jaga Group, Bratislava, 2007.
- 7) Dupont, D.: Modelling and experimental validation of the constitutive law ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) and cracking behaviour of steel fibre reinforced concrete, Dissertation thesis, Department of Civil Engineering, University of Leuven, 2003.
- 8) Tattoni, S. – Civati, M. – Madeddu, M.: Industrial Floor on Spanning Slab, Università di Cagliari, Milano, 2006.
- 9) STN EN 14889-1 Vlákna do betónu. Časť 1: Oceľové vlákna. Definície, špecifikácie a zhoda.
- 10) STN EN 14889-2 Vlákna do betónu. Časť 2: Polymérové vlákna. Definície, špecifikácie a zhoda.
- 11) STN EN 14651 Skúšobné metódy na betón vystužený kovovými vláknami. Meranie pevnosti v ťahu pri ohybe (medza úmernosti (LOP), zostatková pevnosť).
- 12) STN EN 14845-1 Skúšobné metódy pre vlákna v betóne. Časť 1: Referenčný betón.
- 13) STN EN 14845-2 Skúšobné metódy pre vlákna v betóne. Časť 2: Účinok na betón.
- 14) STN EN 12350-3 Skúšanie čerstvého betónu. Časť 3: Skúška Vebe.
- 15) STN P ENV 13670-1 Zhotovovanie betónových konštrukcií. Časť 1: Spoločné ustanovenia.
- 16) STN EN 14721+A1 Skúšobné metódy na betón vystužený kovovými vláknami. Meranie obsahu vlákien v čerstvom a zatvrdnutom betóne.

---

*Ing. Peter Briatka (\*1982)*

*je absolventem Stavebnej fakulty STU, kde pôsobí ako doktorand.*

*Současně je i výzkumným pracovníkem TSÚS v Bratislavě. Specializuje se na technologii betonu, objemové změny betonu, jeho trvanlivost a nedestruktivní zkušební metody. Je členem technických komisí ACI 201, 209 a 308.*