

Mladá veda

Young Science



Rozhovor s prekladateľom Karolom Wlachovským
Betón v architektúre, konkretizácia-personalizácia
Zdroje ekonomického rastu v krajinách V4

Mladá veda

Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

December 2016 (číslo 2)

Ročník štvrtý

ISSN 1339-3189

Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk

Fotografia na obálke: Bangkok 2014. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA

doc. Ing. Peter Adamišin, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociálnej geografie a regionálneho rozvoja, Univerzita Karlova, Praha)

doc. PaedDr. Peter Čuka, PhD. (Katedra cestovného ruchu, Slezská univerzita v Opavě)

prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)

Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)

doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos s. r. o., Prešov)

prof. Ing. Róbert Štefko, PhD. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)

prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra veřejné ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

REDAKCIA

PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD. (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)

Mgr. Martin Hajduk (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

Mgr. Richard Nikischer, PhD. (Sociologický ústav Akademií věd ČR, Praha)

Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)

PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSS UKF, Nitra)

Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ

Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.

www.universum-eu.sk

Javorinská 26, 080 01 Prešov

Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

SOFTVÉROVÁ ANALÝZA DETEKCIE VLÁKIEN V REZE VLÁKNOBETÓNU

SOFTWARE ANALYSIS DETECTION OF FIBERS IN STEEL FIBER REINFORCED
CONCRETE - SECTIONAL

Marek Ďubek¹

Autor pôsobí ako odborný asistent na Stavebnej fakulte v Bratislave, odbor Technológie stavieb. Vo svojom výskume sa venuje problematike overovania rozptýlenia vlákien vo vláknobetónových konštrukciách, prevažne diagnostike homogenity vlákien.

Author works as a lecturer at the Faculty of Civil Engineering in Bratislava, Department of Building Technology. In its research covers various aspects of verification dispersal of fibers in fiber reinforced concrete structures, mainly diagnostics homogeneity fibers..

Abstract

The requirements for fiber reinforced concrete are able to be fulfilled only in case if fibers in its volume are evenly dispersed. The uniformity of fibers layout is represented also by similar rotation of fibers around each and every one of the three axes in the three-dimensional space. The examination of homogeneity led this research towards processing methodologies for evaluation of this uniformity in practice- verification and results processed directly on site. The results have been proposed to be found in the final - hardened fiber reinforced concrete which led to cuts of the fiber reinforced concrete. In the first step it was necessary to prepare samples to obtain needed cross-sections. In the next step there have to be created conditions as well as the contrast between fibers and concrete so that the created software would be able to detect fibers. In this following article there is described the principle of the detection of fibers based on images of cuts..

Key words: Steel fiber reinforced concrete, homogeneity, detection

Abstrakt

Požiadavky na vláknobetón sú splnené len v prípade, že vlákna v jeho objeme sú rovnomerne rozptýlené. Ich smer a orientácia by mala mať zastúpenie okolo každej osi v trojdimenzionálnom priestore rovnaké. Výskum hodnotenia bol zameraný na tvorbu metodiky overovania homogenity a vyhodnocovanie výsledkov v praxi priamo na stavbe. Požiadavkou je, aby boli hodnotené vlákna v konečnom zatvrdnutom vláknobetóne – z rezov vláknobetónu. V prvom kroku bolo nutné pripraviť vzorky pre získanie potrebných prierezov. V ďalšom kroku bolo potrebné vytvoriť podmienky, vytvorením kontrastu medzi vláknami a betónom

¹ Adresa pracoviska: Ing. Marek Ďubek, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Katedra Technológie stavieb, Radlinského 11. 813 68 Bratislava
E-mail: marek.dubek@stuba.sk

tak, aby sa vytvoril softvér schopný detegovať vlákna. V tomto článku je popísaný princíp detekcie vlákien na základe detegovania snímok rezov.

Kľúčové slová: vláknobetón, detekcia vlákien

Úvod

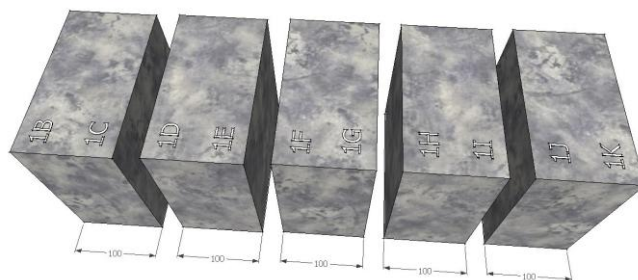
Vláknobetón predstavuje kompozitný materiál pozostávajúci z betónu a vlákien, vykazujúci vyššie pevnostné charakteristiky ako samotný betón. Vlákná majú plniť všetky požiadavky statických výpočtov, s ktorými sa uvažuje pri návrhu vláknobetónovej konštrukcie. Je to prevažne zamedzenie vzniku trhlín betónu, či už zo zmrašťovania alebo vonkajšieho zaťaženia. Pre plnohodnotné plnenie ich účelu však je požiadavka ich rovnomerného rozptýlenia. V problematike vláknobetónu (ďalej len VB) je toto rozmiestnenie nazývané homogenitou. Definovanie homogenity bolo predmetom výskumu viacerých riešených výskumov. Vláknobetón bol pritom preverený prístrojom od detektorov kovov po röntgenové prístroje. Účelom každého merania a pokusov bolo zistiť, ako sú vlákna v skutočnosti rozmiestnené a definovať ich rovnomernosť – homogenitu.

Vzorky

Vzorku tvoril hranol vo forme trámca s rozmermi 150x150x550 mm, ktorý bol neskôr narezaný na trámčeky s rozmermi 100 mm. Rezané plochy trámčekov z vláknobetónu (150x150 mm) sa snímkovali a začala sa spracovávať softvérová podpora pre automatické vyhľadávanie vlákien. Navrhnutý a vytvorený softvér zo snímok rezov vláknobetónových vzoriek by mohol identifikovať aj smer vlákien pomocou plochy rezu vláknom.

Na zhotovenie vláknobetónovej vzorky (trámca), sa použili: portlandský zmesový cement CEM II/B-M (S-V-LL) 32,5 R, ťažené kamenivo a oceľové vlákna s dĺžkou 60 mm a s priemerom 1 mm. Použila sa receptúra čerstvého referenčného betónu podľa STN EN 14845: 2007 s vodným súčiniteľom 0,55. Dávka cementu predstavovala 320 kg/m³; Dávka vody 176 kg/m³; kamenivo frakcie 0/4 mm a kamenivo frakcie 8/16 mm sa dávkovalo zhodne v dávkach po 952 kg/m³. Dávkovanie vlákien bolo stanovené podľa návrhu pre podlahové konštrukcie – 30 kg/m³ (STN EN 14889-1; STN EN 14651+A1; STN EN 14721+A1).

Voľba vlákien pre výrobu skúšobných trámčov predchádzala návrhu rozmerov skúšobných trámčov. Orientačný faktor (Duppond,2003) má vplyv na smer vlákien a preto sú rozmerové charakteristiky trámčov rozhodujúce pre voľbu dĺžky vlákien. Orientačný faktor bol predmetom výskumov (Gettu et al, 2005) a naznačuje smer a umiestnenie vlákien aj pri okrajoch vzorky. Steny formy majú veľký vplyv na smer vlákien a preto orientačný faktor má podľa (Duppond,2003; Gettu et al, 2005) v strede tendenciu byť $\alpha_1=0,5$ $\alpha_2=0,6$ a $\alpha_3=0,84$. V závislosti od formy sa vypočíta „ α “ celkové. Vlákná boli preto zvolené na rozmer s dĺžkou 60 mm a hrúbkou – priemerom 1,06 mm. Ich štíhlostný pomer je 55. Štíhlostný pomer vyjadruje tvar vlákna. Je to pomer dĺžky vlákna k jeho hrúbke.



Obr. 1 – Grafický náčrt vzorky
Zdroj: Autor

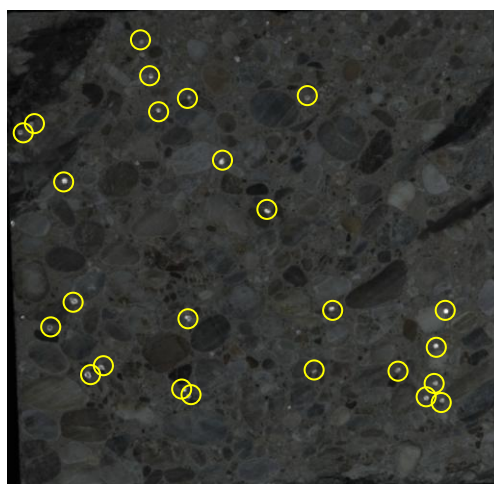
Podklad pre tvorbu softvéru

Na základe získaných snímok z rezov vláknobetónom (vzorka s rozmermi 150x150x600 mm, narezaná priečne šiestimi rezmi) sa zostavilo zadanie pre vyhotovenie softvéru. Zadanie obsahovalo všetky potrebné vstupné podklady a informácie a požiadavky na výstup a funkčnosť softvéru.

- Načítanie snímky vyhotovenej fotoaparátom z rezanej plochy
- Detegovanie vlákien zo snímky
- Sčítanie vlákien
- Identifikácia vlákien a ich súradnice

Uvedené zadanie sa spolu so snímkami odovzdali programátorom, ktorým boli Mgr. Marek Sýs, PhD. z ÚIM FEI a Bc. Juraj Piták z FEI. Pri tvorbe softvéru bolo potrebné vypracovať metodiku, podľa ktorej softvér pracuje a podľa ktorej určuje homogenitu distribúcie výstuže. Pre podklad pri výrobe boli použité narezané snímky a správny spôsob nastavenia svetla z prídavného blesku. To vytvorilo kontrast medzi vláknami a betónom a tým aj lepšiu rozpoznateľnosť vlákien pri kontrole softvérového detegovania.

Ďalším krokom bolo overovanie správnosti a funkčnosti tvoreného softvéru. Každá snímka, ktorú analyzoval softvér sa analyzovala aj manuálnym spôsobom - sčítavaním všetkých vlákien opticky (Obr. 2). Softvér bol schopný identifikovať všetky vlákna zo vzorovej brúsenej snímky (25 ks) čo predstavovalo 100% nájdených vlákien v porovnaní so skutočným stavom.



Obr. 2 – Rez vláknobetónovej vzorky s vyznačením vlákien
Zdroj: Autor

Pre potvrdenie spoľahlivosti softvéru bolo potrebné vykonať detegovanie početnejšieho množstva snímok. Tak sa dosiahli výsledky s dostatočnou vypovedacou schopnosťou.

Analýza obrazu softvérom

Snímky rezaných plôch obsahujú svetlé miesta – vlákna a tmavé – betón. Pri tvorbe softvéru sa použila metóda prahovania, ktorá je jednou zo základných metód segmentovania (oddelenia kontrastných bodov) v spracovaní obrazu. Poskytuje jednoduchý spôsob, ako vykonať segmentáciu na základe rôznej intenzity a farby konkrétneho bodu a jeho pozadia v obrázku. V najjednoduchšom prevedení je výstupom binárny obraz predstavujúci segmentáciu. Čierne body (pixely) zodpovedajú pozadiu a biele body (pixely) poprediu (3 vľavo). Tieto farby môžu byť aj inverzné. V jednoduchých implementáciách je segmentácii určený jeden parameter ako intenzita prahu. V jednom priechode je každý pixel v obraze porovnávaný s touto hranicou. Ak hodnota pixelu je vyššia ako je prahová hodnota, pixel je nastavený na biely výstup. Ak je prahová hodnota nižšia, pixel je nastavený na čiernu farbu (Gonzalez, 1992). Toto môže byť zvolené aj opačne.



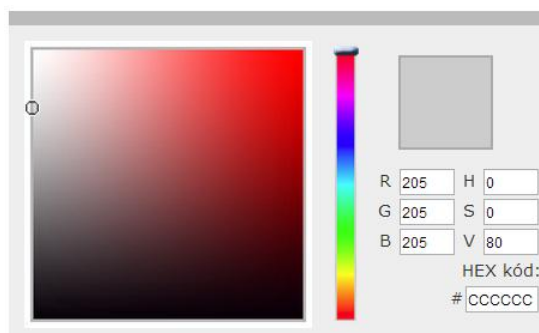
Obr. 3 – Vľavo – vlákna, vpravo – zväčšenie detailu vlákna vyjadreného pixelmi
Zdroj: Autor

Softvér cez vytvorené príkazy vytvorí z farebného obrázka obrázok čiernobiely (odtíene od bielej po čiernu farbu). Každý farebný pixel sa dá kódom vyjadriť na odtiene sivej farby od čiernej po bielu – interval od 0 po 255. Prahová rovina následne stanoví hranicu prepustenia odtieňov sivej – bielej. Rozsah je od 0 – čierna farba po 255 – biela farba.

Vzorkovník odtieňov farieb a ich kódov používaných pre programovanie a kódovanie v HTML je znázornený nižšie (Obrázok 4 a 5, s vyznačením bielej – vľavo a čiernej – vpravo). Pod ikonkou farby sa nachádza hodnota RGB – (Red , Green, Blue) červená, zelená, modrá a ich intenzita. Na definovanie vlákna v softvéri a pre ilustráciu v dizertačnej práci sú použité vzorkovníky z internetového zdroja (MS Company).



Obr. 4 – Vľavo – navolený kurzor v plnej bielej, vpravo – navolený kurzor v plnej čiernej
Zdroj: MS Company



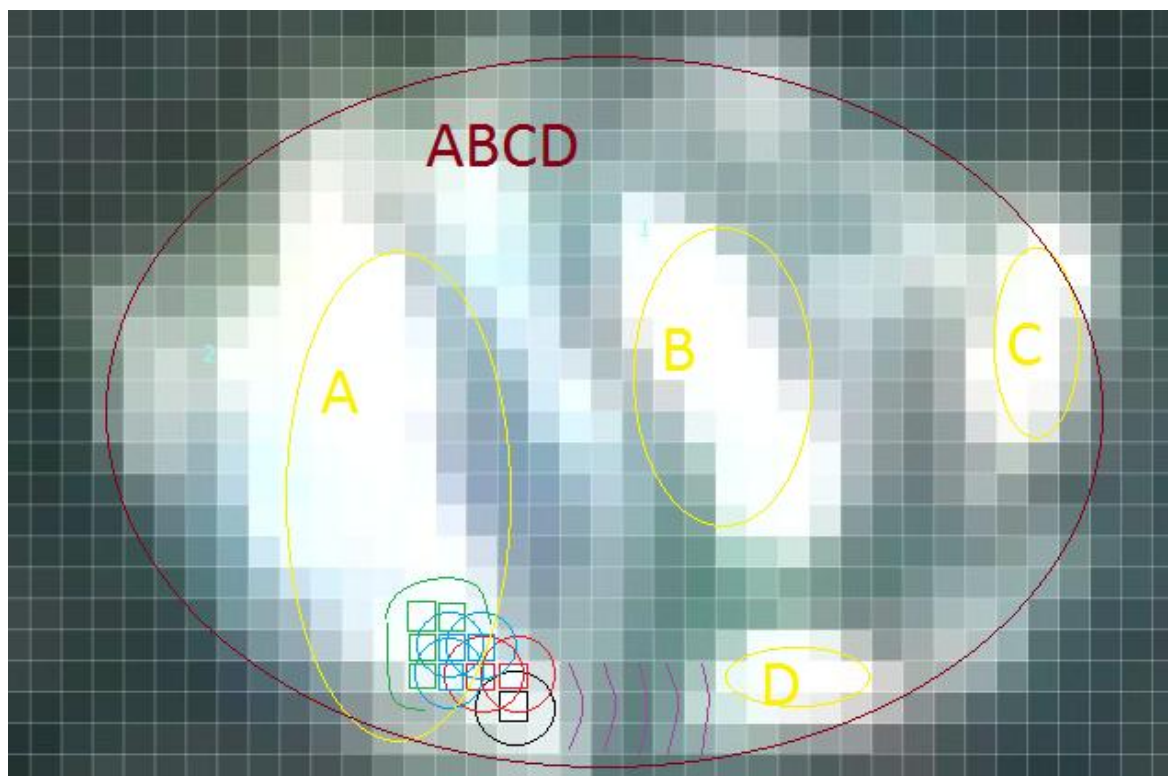
Obr. 5 – navolený kurzor v sivej: prah 205
Zdroj: MS Company

Odrzivost' vláknien je v rozmedzí bielej. Vytvorený softvér je schopný identifikovať takmer všetky vlákna pokiaľ je snímka vhodne upravená a vlákna majú jednoliatu farbu. Prah bol v softvéri predvolený na hodnotu 205. Táto hodnota predstavuje sivú farbu (Obrázok 5) a prah softvéru prepustí a zaznamená všetky farby medzi touto hodnotou sivej farby a bielou farbou (Obrázok 4, vľavo). Pixely spadajúce do intervalu 205 – 255 predstavujú v takomto navolenom softvéri detegované a hľadané body.

Spájanie pixelov do vlákna

Softvérové detegovanie vlákien spočíva v detekcii pixelov. V závislosti od použitého rozlíšenia fotoaparátu, vzdialenosti snímkovania a rozmerov vlákien zobrazuje jedno vlákno niekoľko pixelov. Aby každý detegovaný pixel nepredstavoval jedno vlákno, ale súhrn niekoľkých pixelov – je softvér schopný spájať detegované pixely ako jedno vlákno. To tiež ostalo nastaviteľné pre prípad použitia iných typov vlákien alebo iné nastavenia vstupného snímkovania rezaných plôch. Princíp spájania pixelov je v nájdení jedného pixelu (čierna farba štvorca) (Obrázok 6), ktorý zodpovedá zadanému detegovanému pixelu – nad prahovou rovinou (205). Ďalej prekontrolovaniu okolitých pixelov (čierna farba kružnice) v dosahu zadanej hranice (Obrázok 5, riadok 2) (Rafael, 1992) – pre vyjadrenie (Obrázok 6) je hranica na začiatku 1. Každý nájdený pixel (červené štvorce) v dosahu hranice sa stáva súčasťou detegovaného vlákna a je predmetom pátrania (červené kružnice) po ďalších podobných pixeloch (modré štvorce) v jeho okolí po zadanú hranicu „1“. Opäť hľadaním (modré kružnice) sa pripoja podobné pixely (zelené štvorce) v dosahu zadanej hranice. Tento postup

sa opakuje a softvér deteguje pixel za pixelom. Softvér pripojí všetky pixely, ktoré spĺňajú prahovú podmienku, sú v dosahu hranice a ešte nie sú súčasťou spájaného vlákna.



Obr. 6 – Princíp detekovania a spájania pixelov do vlákna
Zdroj: Autor

V prípade nedokonalnej plochy povrchu rezaného vlákna (rezných defektov) je možnosť posúvať hranicu detekcie vlákien na viac pixelov. Aby boli pixely patriace jednému vláknu „ABCD“ skutočne tomuto vláknu priradené ako v danej snímke (Obrázok 6), je potrebné posunúť hranicu detekovaného rozsahu pre pixel na hranicu 7 (fialové výseky kružnice – posledný výsek kružnice predstavuje siedmu hranicu). V tom prípade aj takto vzdialené pixely, ktoré sú pospájané do kvázi samostatných vlákien „A“, „B“, „C“, „D“ budú pripojené do vlákna, ktoré začalo nájdením jeho počiatočného pixela (čierny štvorec v čiastkovom vlákne „A“) a budú tak tvoriť skutočné vlákno „ABCD“. V ideálnom prípade jednoliateho vlákna – jedna súvislá farba vlákna, softvér nájde už pri hranici 1 všetky potrebné pixely a vytvorí tak jedno plnohodnotné vlákno, ktoré predstavuje skutočne odhalené vlákno na ploche rezu. Keďže vytvorenie jednoliateho povrchu vlákna nie je pri rezaní vzorky vždy dosiahnuteľné, bolo vhodnejšie na detegovanie vlákien s uvedenými vizuálnymi defektmi využiť metódu hľadania a spájania pixelov.

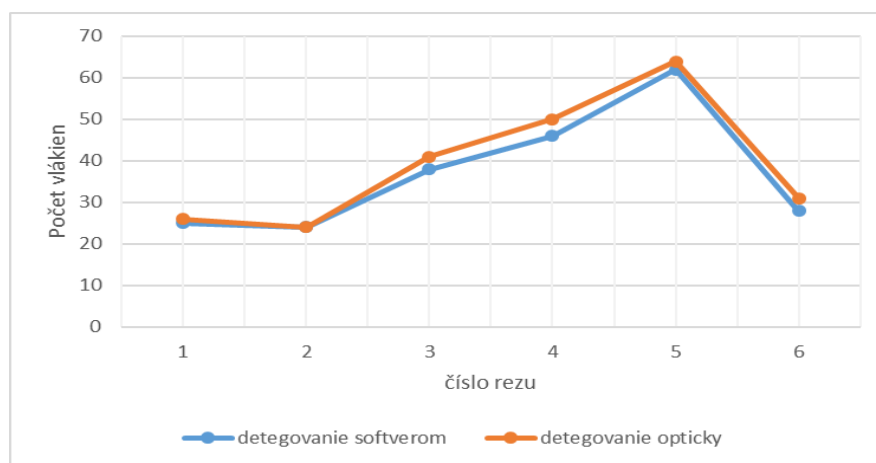
Sčítavanie prebieha po stĺpcoch pixelov začínajúc zľava, označenie jednotlivých vlákien je vykreslené v diagnostickom grafickom okne softvéru. Po pospájaní pixelov do vlákien softvér identifikuje ťažiská týchto vlákien – stred pospájaných pixelov. Tie slúžia ako vstupné údaje pre matematické vyjadrenie rovnomernosti rozptýlenia výstuže alebo ďalšie spracovávanie tejto súradnicovej hodnoty.

Výsledky merania a kontrola

Softvér detegoval rezy vláknobetónovej vzorky s vláknami. Každá snímka sa následne opticky kontrolovala, aby sa overila spoľahlivosť detekčného softvéru a jeho nastavenia. Pri optických defektoch (dva až tri vlákna spolu) bol softvér schopný vlákna identifikovať, spojil ich však do jedného vlákna. To vysvetľuje menšie množstvo detegovaných vlákien ako skutočné množstvo vlákien v priereze. Táto úprava má softvérový charakter, ktorý je predmetom súčasného výskumu. V tabuľke 2 nižšie je počet vlákien detegovaných softvérom a počet vlákien opticky odhalených pri kontrole. Výsledky sú znázornené aj graficky nižšie.

	Počet vlákien					
detekcia softvérom	25	24	38	46	62	28
detekcia opticky (kontrola)	26	24	41	50	64	31

Tabuľka 1 – Množstvo vlákien detegovaných softvérom a opticky



Graf 1 – Množstvo vlákien detegovaných softvérom a opticky

Záver

Vlákna detegované softvérom sú ďalej posudzované na rovnomernosť ich rozptýlenia na ploche rezu. Systém detekcie vlákien softvérom sa preukázal ako dostatočný nástroj na detegovanie vlákien a automatizáciu vyhodnocovania snímok. Prierezy vláknobetónom ďalej nemusia byť dodatočne upravené pre vytvorenie kontrastného zafarbenia s betónom, postačuje správne nastavenie prídavného svetla a fotoaparátu. Takto analyzované snímky tvoria podklad pre matematické vyjadrenie homogenity vlákien vo vláknobetóne pomocou dvoj-dimenzionálneho obrazu.

Tento článok odporúča na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda: doc. Ing. Peter Makýš, PhD.

Použitá literatúra

1. DUPPOND, D., 2003, *Modelling and experimental validation of the constitutive law (σ - ϵ) and cracking behaviour of steel fibre reinforced concrete*, Dissertation thesis, Department of Civil Engineering, University of Lueven.
2. GETTU, R. - GARDNER, D.R. - SALDIVAR, H. - BARRGÁN, B.E., 2005, *Study of the distribution and orientation of fibers in SFRC specimens*, RILEM, Materials and Structures 38.

3. GONZALEZ RAFAEL C. – WOODS. RICHARD E., 1992 : *Digital Image Processing* 2nd. Inc. Boston : Addison-Wesley, Longman Publishing Co.. ISBN 0201508036.
4. RAFAEL. C. GONZALEZ –WOODS, RICHARD E., 2007 : *Digital Image Processing* 3nd, ISBN-10: 013168728X.
5. STN EN 14889-1: 2006, *Vlákná do betónu. Časť 1: Oceľové vlákna. Definície, špecifikácie a zhoda*
6. STN EN 14651+A1: 2008, *Skúšobné metódy na betón vystužený kovovými vláknami. Meranie pevnosti v ťahu pri ohybe (medza úmernosti (LOP), zostatková pevnosť).*
7. STN EN 14721+A1: 2008, *Skúšobné metódy na betón vystužený kovovými vláknami. Meranie obsahu vlákien v čerstvom a zatvrdnutom betóne.*
8. MS Company, *kódy farieb pre http*, dostupné na: <http://www.recenzie.com/kody-farieb>
9. Fibrofor, technické listy a materiálové vzorky vlákien.