

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-0736-12****Degradácia kompozitných konštrukcií vystužených vláknami pri cyklickom zaťažení**Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Vladimír Dekýš, CSc.**Príjemca **Žilinská univerzita v Žiline**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Žilinská univerzita v Žiline
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, ČR
2. Centrum pokročilých inovačných technológií, VŠB - Technická univerzita Ostrava, ČR
3. Kielce University of Technology, Polsko

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

- 1.
- 2.
- 3.

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Zapoměl, J., Dekýš, V., Ferfecki, P., Sapietová, A., Sága, M., Žmindák, M.: Identification of Material Damping of a Carbon Composite Bar and Study of Its Effect on Attenuation of Its Transient Lateral Vibrations. International Journal of Applied Mechanics, 6, Vol. 7, Art. Number 1550081, 2015, ISSN: 1758-8251
2. Moravčík, M., Dolinajová, K., Bahleda, F., Kucharík, J. Niektoré skúsenosti z dlhodobého monitoringu mostných konštrukcií budovaných technológiou letmej betonáže. In: Inžinierske stavby = Inženýrské stavby. Roč. 60, č. 6 (2013), s. 138-143, ISSN 1335-0846 (Národná správa pre 4. Medzinárodný kongres FIB 2014, Mumbai, India)
3. Koteš, P., Vičan, J.: Using stay-in-place GFRP formwork and concrete slab as hybrid composite structure. In.: The 7th International Conference on FRP Composites in Civil

Engineering (CICE 2014), International Institute for FRP in Construction (IIFC), Vancouver, British Columbia, Canada, 2014, ISBN 978-1-77136-308-2, p. 198

4. Žmindák, M., Meško, J., Dudinský, M., Zrak, A.: Micromechanics and Damage of Composites Material Reinforced by Unidirectional Fibres. Wybrane problemy w mechatronice i inżynierii materiałowej. (Selected problems in mechatronics and material science). Edited by: Radek, N., Sládek, A. Politechnika Swietokrzyska, Kielce 2016, pp. 509-530, ISSN 1897-2691, ISBN 987-83-63792-55-8

5. Moravčík, M., Bahleda, F., Jošt, J.: Monitoring of Long-Term Effects on Concrete Bridge Built by Balanced Cantilever Method. Journal of Civil, Structural and Transportation Engineering (JCSTE), Vol. 1 (2015), pp. 1-6, ISSN TBA, DOI: TBA

## **Uplatnenie výsledkov projektu**

Sanácia konštrukcií zosilnených metódou NSM FRP, ich použitie v praxi, overenie vhodnosti numerickej verifikácie zosilnenej konštrukcie v Atena2D. Príspevok k rozvoju formulácii bezsieťových výpočtových modelov a ich verifikácií. Aplikácia IR termografie a akustickej emisie pri detekcii poškodenia a diagnostike.

## **CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV**

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku** (max. 20 riadkov)

Projekt sa zaoberal skúšaním (overením a porovnaním) vlastností železobetónovej konštrukcie zosilnenej metódou NSM FRP. T-nosník zosilnený touto technológiou vykazoval zvýšenie únavovej odolnosti 3,5 krát v porovnaní s pôvodným. Kritickým prvkom v zosilnenej konštrukcii zostáva oceľová výstuž. FRP lamela umiestnená v spodnej časti steny T-prierezu zabráňuje vznik veľkých ohybových trhlin. Numerická analýza zosilnených nosníkov v SW Atena2D vykazuje dobrú zhodu s experimentom. Nosník s FRP splnil normou predpísanú požiadavku 2000000 zaťažovacích cyklov. Boli pripravené tiež homogenizačné modely založené na kontinuálnej mechanike poškodenia. Pre analýzu doskových a škrupinových konštrukcií a ich poškodenia boli použité bezsieťové metódy. Výpočtové modely boli implementované v našich vlastných programoch v MATLABE. Získanými výsledkami boli: formulácia a implementácia výpočtových modelov založených na bezsieťových metódach pre lineárne elastické analýzy použitím Mindlinovej alebo Reddyho teórie dosiek s piatimi stupňami voľnosti v uzlovom bode; implementácia bezsieťových metód založených na silných a slabých tvaroch riadiacich rovníc; analýza vplyvu vstupných parametrov pre: rôzne usporiadanie vrstiev, rôzny vzhľadový pomer a plošnú hustotu uzlov, implementácia algoritmu spätného mapovania pre integráciu kinetických rovníc do materiálového modelu a jeho verifikácia pre elasto-plastické poškodenie, použitie Reddyho teórie k zlepšeniu presnosti určenia šmykových deformácií. Bola použitá IR termografia pre určenie prvého invariantu napätia na kovových vzorkách pri cyklickom zaťažovaní; akustická emisia a ultrazvukové budenie pre detekciu poškodenia.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku** (max. 20 riadkov)

The project dealt with testing (verification and comparison) properties of reinforced concrete structure reinforced with NSM FRP method. T-beam reinforced this technology shows increased fatigue resistance of 3.5 times compared to the original. A critical element in the design of reinforced steel reinforcement remains. FRP strip located at the base of the wall T-cross section prevents the formation of large flexural cracks. Numerical analysis of these reinforced beams in SW Atena2D shows good agreement of experiment with. Beam with FRP meets the standards prescribed requirements 2000000 load cycles. They were prepared by homogenization also models based on the continuous damage mechanics. For the analysis of plate and shell type structures and damage they were used meshless methods. Computational models have been implemented in our own programs in MATLAB. The results obtained were: the formulation and implementation of computational models based on

meshless methods for linear elastic analysis using Mindlin's or Reddy's theory plate with five degrees of freedom in the node point; meshless implementation methods based on strong and weak forms of governing equations; analyze the impact of the input parameters for a different arrangement of plies and different appearance ratio and areal density of nodes, the implementation of the algorithm re-mapping for integration of kinetic equations in materials modeling and verification for elastic-plastic damage, use Reddy's theory to improve the accuracy of determining the shear deformations. IR thermography was used for the determination of the first invariant stress to the metal samples at cyclic loading; acoustic emission and ultrasonic excitation for the detection of damage.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

**Zodpovedný riešiteľ**

doc. Ing. Vladimír Dekýš, CSc.

V Žiline .30 01. 2017

**Štatutárny zástupca príjemcu**

prof. Ing. Tatiana Čorejová, PhD.

V Žiline 30. 01. 2017

.....  
podpis zodpovedného riešiteľa

.....  
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu