



Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-0032-10**

Numerické simulácie interakcií polí vo viacfázových poréznych médiach

Zodpovedný riešiteľ **Prof. RNDr. Vladimír Sládek, DrSc.**

Príjemca **Ústav stavebníctva a architektúry SAV**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Ústav stavebníctva a architektúry SAV
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

- 1.
- 2.
- 3.

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. D. Soares Jr., V. Sládek, J. Sládek, M. Zmindak, S. Medvecký: Porous media analysis by modified MLPG formulations, CMC – Computer, Materials, & Continua 27 (2012), 101-127.
2. J. Sládek, V. Sládek, M. Schanz: A meshless method for axisymmetric problems in continuously nonhomogeneous saturated porous media, Computers and Geotechnics 62 (2014), 100-109.
3. V. Sládek, J. Sládek, L. Sator: Physical decomposition of thin plate bending problems and their solution by mesh-free methods, Engineering Analysis with Boundary Elements 37 (2013), 348–365.
4. V. Sládek, J. Sládek, A. Shirzadi: The local integral equation method for pattern formation simulations in reaction-diffusion systems, Engineering Analysis with Boundary Elements 50

(1015), 329-340.

5. Y. Ochiai, V. Sladek, J. Sladek: Axial symmetric stationary heat conduction analysis of non-homogeneous materials by triple-reciprocity boundary element method, *Engineering Analysis with Boundary Elements* 37 (2013), 336–347.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky získané pri riešení projektu majú predovšetkým poznávaciu hodnotu a z toho vyplývajúcu prediktívnu silu. Teoretickým štúdiom a numerickými simuláciami boli odhalené a spoznané niektoré nové efekty vznikajúce interakciou rôznych fyzikálnych polí v uvažovaných multifyzikálnych problémoch, ako napr. viazanosť ohybových deformácií a deformácií v rovine dosky v dôsledku transversálneho gradovania Youngovho modulu, poznanie vplyvu porozity na ohyb dosiek, alebo na elektrickú a elastickú odozvu v piezoelektrickom poréznom materiáli, vznik priestorových štruktúr v reakčno-difúzných systémoch a pod. Vzhľadom na univerzálnu platnosť vyvinutých numerických metód sú použiteľné aj pri riešení iných vedeckých problémov a v inžinierskych aplikáciách. Experimentálno-materiálový výskum tiež priniesol hodnotné výsledky z hľadiska poznania zákonitostí tepelno-vlhkostných efektov v poréznych materiáloch s možnosťou praktického využitia v oblasti vývoja nielen stavebných materiálov, ale aj v bioinžinierstve. Navrhnuté nové experimentálne metódy predstavujú taktiež hodnotný prínos dosiahnutý pri riešení projektu.

CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV

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

Počas riešenia projektu sme vyvinuli jednoduchú matematickú formuláciu numerického riešenia poroelastických okrajových úloh so zachovaním fyzikálnej podstaty zložitých viazaných multifyzikálnych problémov. Vyvinuli sme slabú formuláciu na lokálnych podoblastiach ako aj silnú formuláciu s kompaktnými bezprvkovými aproximáciami poľných premenných. Podstatné vylepšenia sme dosiahli zavedením analytických integrácií v lokálnych slabých formuláciách a modifikovanej aproximácie vyšších derivácií poľných premenných. Rozpracovali sme tiež "triple-reciprocity method" a "completely de-singularized direct and indirect BEM", vedúce k redukcii diskretizačných sietí. Numerickými simuláciami sme vyšetrovali kvapalinou saturované porézne geomateriály, piezoelektrické porézne materiály, viazané non-Fick difúžno-termoelastické úlohy, nelineárne reakčno-difúzne systémy vykazujúce Turingovu nestabilitu a tvorbu obrazcov, viazané efekty v FGM kompozitných doskových konštrukčných prvkoch, vyšetrovanie vplyvu porozity na ohyb dosiek z materiálu obsahujúceho suché póry a defekty, a pod. Experimentálne a numericky bol vyriešený problém konvekcie tepla z porézneho povrchu pri malých teplotných rozdieloch. Tiež boli vyvinuté nové testovacie metódy použiteľné na malých vzorkách v bioinžinierstve poréznych materiálov. Na základe experimentálnych meraní bola modelovaná hysterézia sorpcie vodnej pary v rôznych silikátových stavebných materiáloch; zistilo sa, že hysterézia vlhkostnej deformácie CA-Si dosiek je determinovaná kapilárnym tlakom počas vlnutia a vysychania; pre analýzu vlhkostnej difuzivity bola použitá TDR metóda, a pod.

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

During the solution of the project, we have developed a simple mathematical formulation for numerical solution of poroelastic boundary value problems with preserving the physical nature of complex coupled multi-field problems. The weak formulation on local subdomains as well as the strong formulation have been developed with compactly supported meshless approximations of the field variables. Substantial improvements have been achieved by introducing the analytical integration into local weak formulations and modified differentiation in evaluation of approximations for higher order derivatives of field variables. Another mesh-reduction methods known as the triple-reciprocity method and the completely de-singularized

direct and indirect BEM have been elaborated too. The numerical simulations have been applied to fluid saturated porous geomaterials, piezoelectric porous materials, coupled non-Fick diffusion-thermoelastic problems, non-linear reaction-diffusion systems exhibiting the Turing instability and pattern formation, coupling effects in FGM composite plate structures, investigation of the influence of porosity on bending of plates involving dry pores and defects, etc. Experimentally and numerically has been solved the problem of heat convection from the surface of porous materials under small temperature gradients. New testing methods applicable to small samples in bioengineering of porous materials have been developed. Making use the experimental measurement data for various silicate building materials, the water vapor sorption hysteresis has been modelled; it was revealed that the hysteresis of moisture deformation of Ca-Si plates is determined by the capillary pressure during moisture and drying processes, TDR method was utilized in moisture diffusivity analysis, etc.

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

Zodpovedný riešiteľ

Prof. RNDr. Vladimír Sládek, DrSc.

V Bratislave, 25. 11. 2014

Štatutárny zástupca príjemcu

Ing. Peter Matiašovský, CSc.

V Bratislave, 27. 11. 2014

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu