



Projekt financovaný:	Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže Slovenskej republiky
Typ a číslo projektu:	VEGA 1/0365/25
Názov projektu:	Vplyv anizotropie na šírenie trhlín v materiáloch a v rozhraní medzi materiálmi kompozitných konštrukčných prvkov
Vedúci projektu:	prof. Ing. Roman VODIČKA, PhD.
Doba riešenia projektu:	2025 – 2028

ANOTÁCIA

Fyzikálno-matematické výpočtové modely pre analýzu defektov v materiáli pracujúce na báze regularizovaných trhlín s využitím teórie vnútorných materiálových premenných, najmä premenných fázového poľa (phase-field variables) pre poškodenie, poškodenia rozhrania so súdržnosťou (cohesive zone models), a ďalších premenných pre nelineárnu alebo časovo závislú mechanickú odozvu ako plasticita alebo viskozita. Modelovanie a simulácie prvkov stavebných konštrukcií s takýmito defektmi. Aplikácia modelov do vlastného počítačového nástroja v MATLABe založenom na numerických nástrojoch časovej diskretizácie a metóde konečných prvkov. Implementácia nelineárnych optimalizačných metód do modelov fyzikálnych problémov s variačným charakterom pri rozbere mechanizmov vzniku defektov. Experimentálna verifikácia navrhnutých modelov a ich využitie na analýzu prvkov stavebných konštrukcií;

Ciele projektu

Analýzou a implementáciou súčasných znalostí pre zavedenie nových efektívnych metodík v oblasti výpočtovej simulácie nukleácie a propagácie trhlín a iných nevratných zmien v materiáloch s anizotropným charakterom najmä pri mechanickom namáhaní boli stanovené nasledujúce ciele:

- CP1) Vyvíjať a rozširovať fyzikálny model poskytujúci energetickú formuláciu mechanického lomu s využitím regularizovaných trhlín (modely s fázovým poľom poškodenia, modely s adhéznym kontaktom na rozhraní prvkov) o ďalšie nevratné a časovo závislé procesy v materiáloch súvisiacich s jeho tvárnosťou a dotvarovaním: plasticita, reológia.
- CP2) Preskúmať vhodnosť navrhnutého fyzikálneho modelu v kontexte použitia matematických nástrojov metód hraničných a konečných prvkov na riešenie deformačného stavu, časovej diskretizácie a nelineárneho programovania pri optimalizácii energetickej bilancie riešeného systému s prihliadnutím na existenciu, jednoznačnosť riešenia, a presnosť či výpočtovú stabilitu približného riešenia.
- CP3) Využitím fyzikálneho modelu vytvoriť vo vhodnom výpočtovom prostredí (pravdepodobne MATLAB) všeobecne aplikovateľný softvérový nástroj na riešenie problémov uvedených typov.
- CP4) Modelovať fragmenty kompozitných konštrukčných prvkov na báze stavebných materiálov s trhlínami, propagovanými na vnútorných rozhraniach a v materiáloch, v rôznych režimoch lomu a pri rôznom nelineárnom alebo časovo závislom správaní (modely s plasticitou, poškodením a reológiou) ústiace v možnom zlyhaní prvku alebo celej konštrukcie.
- CP5) Identifikovať a kvalitatívne i kvantitatívne ohodnotiť fázy tvorby, šírenia a interakcie trhlín na vnútorných rozhraniach a v matrixi ako vplyvom rozdielnych mechanicko-fyzikálnych vlastností spájaných materiálov v rámci kompozitných prvkov.



Dopady projektu

- 1) Zlepšenie existujúcich a navrhovanie nových fyzikálnych modelov na riešenie:
 - (i) kvázi-statickej aj dynamickej evolúcie deformácie multidoménných telies s istým typom anizotropie,
 - (ii) poškodenia jednotlivých domén aj rozhraní medzi nimi vedúce k vzniku a šíreniu trhlín,
 - (iii) ďalších fenoménov vedúcich k nezvratnému pretvoreniu telies (plasticita).
- 2) Navrhnutie nástrojov výpočtovej lomovej mechaniky, ktoré sa používajú v regularizovaných modeloch trhlín:
 - (i) štandardné a novovytvorené phase-field modely v kombinácii s vhodným modelom plasticity umožnia simulovať režim vznikajúcich trhlín v materiáloch,
 - (ii) modely s kohéznou oblasťou v kombinácii s plasticitou rozhrania umožnia simulovať adhézny kontakt s trhlinami, ktoré budú tak isto v rôznych režimoch, no nezávisle od phase-field poškodenia materiálu.
- 3) Rozvoj udržateľných výpočtových prostriedkov, ktoré poskytnú navrhnutým fyzikálnym modelom vhodnú matematickú interpretáciu v zmysle:
 - (i) reálnej odozvy konštrukcií a ich prvkov pri namáhaní mechanickom aj spôsobom inými vplyvmi,
 - (ii) kompetitívnej simulácie nezávislých procesov v materiáloch a rozhraniach kontrolovanej optimalizačnou stratégiou riešenia,
 - (iii) adekvátnej voľby výpočtových metód pre zlepšenie algoritmov implementovaných v komerčných softvéroch alebo reflektovaných v odbornej literatúre tak, aby pozitívne ovplyvnili praktickú využiteľnosť softvérového produktu, súvisiacu napr. s presnosťou výpočtov, rýchlosťou výpočtu, či objemu používaných údajov.
- 4) Vytvorenie nových výpočtových modulov softvérového nástroja v systéme MATLAB na riešenie stavov a procesov v kompozitných konštrukčných prvkoch a v ich materiáloch pre širokú škálu problémov. Takýto nástroj bude použiteľný pri statickej, kvázi-statickej alebo dynamickej analýze stavebných konštrukcií.

Košice, 06/2025