

Posudek habilitační práce

Habilitační obor: Teorie stavebních konstrukcí a materiálů

Uchazeč: Ing. Jan Novák, Ph.D.

Oponent: doc. Ing. Jan Eliáš, Ph.D.

Název habilitační práce: Modelling of Microstructure-Informed Fluctuation Fields for Generalized Finite Element Methods

Aktuálnost námětu habilitační práce

komentář: Habilitační práce se zabývá metodami, které umožňují v numerických analýzách chování materiálu zohlednit heterogenitu. Ačkoliv výpočet s přímým zahrnutím heterogenního charakteru materiálu je teoreticky možný (například pomocí standardní metody konečných prvků), bývá výpočtově velmi náročný. Jan Novák ve své práci vyvíjí metody, které dokážou heterogenní charakter materiálu různými způsoby zpracovat předem a následně tato data začlenit do výpočtu. Pomocí vytvořených postupů lze dosáhnout značné redukce výpočtové náročnosti za cenu relativně malé chyby ve výsledcích.

Makroskopické chování heterogenních materiálů má zásadní význam v mnoha oborech lidské činnosti. Jelikož je toto chování do značné míry určeno právě heterogenní vnitřní strukturou, mají představené techniky velký aplikační potenciál. Proto považuji tento námět výzkumu za aktuální.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

přístup k řešení

komentář: První část práce (kapitoly 2 a 3) je založena na Eshelbyho řešení problému eliptické inkluze, ze kterého se skládají mikromechanické složky řešení. K tomu je ve třetí kapitole práce vytvořen program [mju]Mech s otevřeným zdrojovým kódem umožňující určit kombinaci Eshelbyho řešení pro zvolenou mikrostrukturu. V druhé části, týkající se Wangova dláždění (kapitoly 4 a 5), je mikromechanické řešení získáno přímým výpočtem. Mikromechanická pole napětí jsou následně použita jako obohacující funkce v Trefftzově metodě konečných prvků.

Jan Novák postupuje velmi precizně a využívá komplikovaný matematický aparát. Občas se mi ale zdá, že předpoklady, na kterých je matematické řešení založeno, jsou nedostatečně obhájeny nebo objasněny. Například v druhé kapitole je uvažována konstantní vlastní deformace (eigenstrain) v celé inkluzi, ačkoliv interakce s ostatními inkluzemi by měla způsobit proměnnost této deformace. Pro čtenáře (tedy alespoň pro mě) je matoucí, že tento předpoklad není uveden. Ve čtvrté kapitole to pak autor vysvětluje. Stejně tak mě zarazila multikriteriální optimalizace představená v kapitole 5. Po komplikovaném odvození Wangova dláždění, které je určeno k co nejpřesnější reprezentaci heterogenní struktury, začne autor tuto strukturu modifikovat za účelem minimalizace chyby ve výsledném mechanickém řešení. Tím se ale zároveň vzdaluje původnímu cíli co nejpřesnější reprezentace heterogenit.

| | | | | |
|-------------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> vynikající | <input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrný | <input type="checkbox"/> průměrný | <input type="checkbox"/> podprůměrný | <input type="checkbox"/> slabý |
|-------------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|

Kvalita a správnost dosažených výsledků

komentář: Habilitační práce se skládá z článků publikovaných v mezinárodních časopisech, které prošly náročným recenzním řízením. Ani já jsem neobjevil nic, co by vzbuzovalo pochybnosti o kvalitě či správnosti dosažených výsledků.

| | | | | |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> vynikající | <input type="checkbox"/> nadprůměrný | <input type="checkbox"/> průměrný | <input type="checkbox"/> podprůměrný | <input type="checkbox"/> slabý |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|

Původnost dosažených výsledků

komentář: Práce je založena na kombinaci různých známých postupů a řešení (Trefftzova metoda, Eshelbyho řešení, Wangovo dláždění, ...). Domnívám se, že nové je právě jejich propojení a aplikace na problém mechanického chování heterogenních materiálů. Za původní dále považuji např. sefl-balancing algoritmus nebo metodologii přípravy dlaždic pro Wangovo dláždění. Jelikož je u všech prací uveden autorský kolektiv, není mi úplně jasné, které původní nápady jsou dílem uchazeče a které pochází od jiného člena týmu.

| | | | | |
|-------------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> vynikající | <input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrný | <input type="checkbox"/> průměrný | <input type="checkbox"/> podprůměrný | <input type="checkbox"/> slabý |
|-------------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|

Publikování výsledků

komentář: Uchazeč publikoval v kolektivu autorů celkem 17 prací v mezinárodních časopisech s impakt faktorem, z toho na třech je uveden jako první autor a na sedmi jako autor poslední. Domnívám se, že se takovýto publikační záznam by měl být hodnocen jako vynikající.

| | | | | |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> vynikající | <input type="checkbox"/> nadprůměrný | <input type="checkbox"/> průměrný | <input type="checkbox"/> podprůměrný | <input type="checkbox"/> slabý |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|

Ohlasy výsledků

komentář: U prací Jana Nováka je v databázi WoS celkem 325 citací (295 bez autocitací). Jeho Hirschův index je 9. Tato čísla přesvědčivě ukazují rozsáhlý ohlas vědecké komunity.

| | | | | |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> vynikající | <input type="checkbox"/> nadprůměrný | <input type="checkbox"/> průměrný | <input type="checkbox"/> podprůměrný | <input type="checkbox"/> slabý |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|

Uplatnitelnost výsledků pro rozvoj oboru a další bádání

komentář: Postupy uvedené v práci navazují na dříve publikované a známé metody a podle mého názoru zásadně rozvíjí obor mechaniky heterogenních materiálů. Odvozené postupy lze však lehce modifikovat také na řešení Poissonovy rovnice, a nepřímo tedy rozvíjí také obory zabývající se difuzními, transportní a elektrickými vlastnostmi či vedením tepla v heterogenních materiálech.

| | | | | |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> vynikající | <input type="checkbox"/> nadprůměrný | <input type="checkbox"/> průměrný | <input type="checkbox"/> podprůměrný | <input type="checkbox"/> slabý |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|

Uplatnitelnost výsledků pro technickou praxi

komentář: Práce se zabývá základním výzkumem, nesnaží se nalézt aplikační oblasti a neuvádí žádné konkrétní aplikační příklady. Přesto je její uplatnění v technické praxi lehce

představitelné, neboť její výsledky lze použít v oborech pracujících s elastickými heterogenními materiály. Nejspíš by ale bylo nutné postupy rozšířit pro komplikovanější struktury se složitějšími tvary a více než jen dvěma materiálovými složkami.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění požadavků na habilitační práci - úroveň habilitační práce

komentář: Habilitační práce se skládá z šesti kapitol, první z nich je shrnutí práce a poslední kapitola uvádí navazující vědecké výsledky. Čtyři vnitřní kapitoly jsou tvořeny články z impaktovaných časopisů. Tyto kapitoly tedy prošly recenzním řízením a mají vynikající vědeckou úroveň. Také na sebe poměrně plynule navazují. Celá práce je psaná bezchybnou angličtinou a je dobře strukturovaná.

Občas mi chybělo podrobnější vysvětlení některých úvah. Například rovnici 4 na straně 71 jsem neporozuměl. Také se domnívám, že v rovnicích 38 až 41 na stranách 50 až 51 chybějí symboly dvojité kontrakce při násobení tenzorů.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Připomínky

Při čtení práce mě napadla spousta dotazů, některé obecnější, jiné velmi konkrétní. Omezím se zde jen na několik z nich. Uchazeč by je mohl během obhajoby své práce zodpovědět.

1. Celá práce předpokládá pouze lineární konstitutivní vztahy. Zdá se mi, že žádná z popsaných technik není rozšířitelná na nelineární konstitutivní modely. Je to tak? Uvažoval uchazeč o možnostech rozšíření práce třeba na nelineární elastické materiály?

2. V práci je řešena pouze statická (ustálená) odezva. Lze metody představené v práci použít při řešení transientních úloh?

3. Proč nejsou do souboru článků vybrány některé novější publikace? Nejnovější zahrnutý článek je z roku 2016, ostatní články jsou z let 2010-2013. Zdá se mi, že výsledky z novějších článků by do práce mohly být zahrnuty také.

4. Mikromechanická pole složená z Eshelbyho řešení jsou odvozena pro konstantní pole vzdálené deformace. Autor tato pole využívá v čtyřstěnných prvcích, které mají také konstantní deformaci. Lze uvedený postup rozšířit například na konečné prvky s (tri)lineárním polem deformace?

5. V kapitole 5 je metodologie testována na periodických okrajových podmínkách. To se mi jeví jako velmi výhodné, neboť pro ně byla také vytvořena mikromechanická pole napětí. Pokud by se výpočet provedl na úlohách s volným okrajem, nevznikla by tam velká chyba vzhledem k absenci sousední dlaždice?

6. Nebylo by možné vytvořit mikromechanická pole napětí pro jednu Wangovu dlaždici v mnoha verzích, podle toho s jakými dlaždicemi sousedí? Chápu, že ani to by nezaručilo perfektní výsledky, neboť i vzdálenější dlaždice řešení ovlivňují. Navíc by variant bylo velké množství. Umožnilo by to ale vyhnout se nepříjemným kompromisům při tvorbě heterogenní struktury, která je nyní ovlivněna požadavky na shodu napětí na kontaktu mezi různými dlaždicemi.

Závěrečné zhodnocení habilitační práce

Jsem přesvědčen, že habilitační práce jednoznačně prokazuje, že Jan Novák je vyzrálou vědeckou osobností. Jeho výsledky snesou nejpřísnější mezinárodní srovnání. Doporučuji proto jmenování Ing. Jan Nováka, Ph.D. docentem bez jakýchkoliv výhrad.

Doplňující poznámky k habilitační práci a k osobě uchazeče:

jmenování docentem doporučuji

ano

ne

Datum: 5. 9. 2022

Podpis oponenta:.....

S vypracováním oponentského posudku dávám souhlas s jeho zveřejněním na webových stránkách Fakulty stavební ČVUT v Praze.