



Posudek disertační práce

Uchazeč Ing. Jan Stránský

Název disertační práce Mesoscale Discrete Element Model for Concrete and Its Combination with FEM

Studijní obor Fyzikální a materiálové inženýrství

Školitel prof. Ing. Milan Jirásek, DrSc.

Oponent doc. Ing. Jan Eliáš, Ph.D.

e-mail elias.j@fce.vutbr.cz

Aktuálnost tématu disertační práce

komentář: Disertační práce je rozdělena do tří částí. Společným tématem všech tří částí je diskrétní přístup k modelování heterogenních materiálů a souvislost se spojitým přístupem. Téma práce je velmi aktuální, diskrétním modelům je ve vědecké literatuře v současnosti věnován stále větší prostor. Také jejich propojení se spojitým popisem materiálu považuji za aktuální, neboť takovou kombinací lze obejít nevýhody jednotlivých přístupů.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění cílů disertační práce

komentář: V části 1.1 jsou uvedeny tři cíle. Prvním cílem je popis makroskopického chování diskrétních systémů. Druhým cílem je vytvoření programu s otevřeným zdrojovým kódem propojujícího diskrétní a spojitý přístup k modelování. Poslední z cílů je vývoj meso-úrovňového diskrétního modelu betonu a jeho validace. Práce je rozdělena do tří hlavních částí, které se popořadě zaměřují na uvedené cíle a představují zajímavé a nové výsledky. Přestože poslední část, věnující se vývoji meso-úrovňového modelu, se mi zdá kratší a méně propracovaná než předchozí, považuji všechny tři cíle za splněné.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Metody a postupy řešení

komentář: První část disertační práce obsahuje popis diskrétního modelu, používaného dále téměř v celé práci, a také odvození ekvivalentního makroskopického chování tohoto diskrétního systému v elastické oblasti. Na závěr první části je odvozen vztah pro výpočet tenzorového napětí.

Druhá část představuje řadu možností propojení spojitého a diskrétního popisu materiálu. Motivací pro takové propojení je buď přítomnost dvou různých materiálů (jeden heterogenní popsáný diskrétním modelem a jeden homogenní popsáný spojitým modelem), nebo snaha o úsporu výpočtového času nahrazením diskrétního modelu modelem spojitým.

Třetí část je zaměřena na vývoj meso-úrovňového diskrétního modelu pro simulaci betonu. V modelu jsou přímo reprezentována jednotlivá zrna kameniva, matrice a také rozhraní mezi kamenivem a matricí. Model je verifikován pomocí experimentálních dat z literatury.

Celá práce je založena na základních principech mechaniky pro elastická a neelastická tělesa. Veškerá odvození jsou podrobně vysvětlena od počátečních předpokladů v postupných krocích až po výsledný vztah. Práce obsahuje řadu citací publikací z poslední doby v mezinárodních vědeckých časopisech.

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

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář: Práce obsahuje nové a zajímavé výsledky. V první části je to například studie ekvivalentního makroskopického elastického chování diskretních systémů s různým interakčním poměrem a hlavně odvození vztahu pro výpočet momentového tenzoru napětí. Oba tyto výsledky jsou důležité a poskytují efektivní nástroje k práci s diskretními modely. Je ovšem škoda, že v práci není uvedeno srovnání vztahu pro výpočet momentového tenzoru napětí s jinými vztahy z literatury, případně uvedení jeho výhod a nevýhod v porovnání s nimi.

Ve druhé části je představen nový software s otevřeným zdrojovým kódem umožňující propojit programy YADE a OOFEM, což jsou také programy s otevřeným zdrojovým kódem vyvinuté k diskretnímu a spojitému modelování materiálů. Jan Stránský v práci ukazuje několik různých způsobů, jak diskretní a spojitý popis pomocí nového programu propojit, a diskutuje jejich vhodnost pro různé typy úloh. V závěru části je pak představen zajímavý způsob přenosu informace o poškození v diskretním modelu do spojitého modelu. I zde je ovšem, dle mého názoru, věnován příliš omezený prostor ověření funkčnosti tohoto přenosu. Výsledky jsou představeny pouze pro jeden konečný prvek a pouze pro jednoosé tlakové zatížení.

Poslední část přináší nový mezo-urovňový model pro beton. Zrna, matrice i rozhraní mezi nimi je v modelu reprezentováno různými mechanickými parametry kontaktů v základní diskretní struktuře složené z nepravidelně umístěných kulovitých zrn. Validace modelu je provedena za pomoci experimentů z literatury. Velmi podobný model používá ve svých člancích například Nitka a Tejchman, z mého pohledu se jedná o klasický mřížkový model rozšířený o setrvačné síly. V tomto smyslu tedy nepovažuji popsany přístup za zcela nový.

V práci je otevřeno několik problémů, u většiny z nich je uvedeno zajímavé a nové řešení. V úvodu práce je uvedeno, že ne všechny výsledky bylo možné do textu zařadit, jelikož byly získány s podporou průmyslového partnera. Bylo by zajímavé mít možnost přečíst si práci rozšířenou také o tyto výsledky.

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

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

komentář: Diskretní modely a jejich propojení se spojitými modely se jeví jako velmi slibný směr ve výpočtové mechanice heterogenních materiálů. Je pravdou, že tyto modely stále trpí některými nevýhodami, které brání jejich většímu rozšíření do praxe. Práce ukazuje, že některé z nich lze odstranit propojením diskretního a spojitého přístupu. V tomto smyslu vidím význam pro praxi a rozvoj vědního oboru hlavně v první a druhé části, které se právě na tuto problematiku zaměřují. Praktický význam práce ukazuje také částečná podpora průmyslového partnera.

Oceňuji, že Jan Stránský zveřejnil veškeré zdrojové kódy dalším uživatelům, případně doplnil zdrojový kód již zavedeného volně dostupného výpočetního programu. Umožňuje tím přímé využití své práce, ale také její detailní kontrolu a případné rozšíření.

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

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář: Disertační práce je napsána skvělou angličtinou s minimem chyb. Text je přehledně strukturovaný, veškerá tvrzení jsou podpořena srozumitelnými argumenty. Pečlivě zpracovány jsou i všechny obrázky. Oceňuji zejména tabulky 4.1, 6.1 a A.1, které názorně objasňují význam uvedených rovnic a symbolů. Dále oceňuji přílohu, která podrobně na několika stranách shrnuje tenzorové operace, diferenciální počet, základní rovnice pro kontinuum a další vztahy použité v práci. Jediným nedostatkem je mnoho chyb v českém abstraktu.

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

Připomínky

Při odborné rozpravě nad disertační prací by Jan Stránský mohl zodpovědět některé z následujících dotazů:

1. Jaké další vzorce pro výpočet momentového tenzoru napětí v diskretním systému se používají? Jaké mají rozdíly, výhody a nevýhody v porovnání s nově odvozeným vztahem?
2. Objemové či plošné propojení diskretních a spojitých metod většinou vede k nežádoucímu odrazu a rozptylu vln na jejich rozhraní. Odstraňuje některá z uvedených metod tento problém?
3. Meso-úrovňový model představený v části 3 je složen z kulovitých částic. Jejich velikost nemá žádný fyzikální význam a zdá se, že může být zvolena téměř libovolně. Je odezva vyvinutého modelu nezávislá na velikosti těchto částic?
4. V práci je uvedeno (nad rovnicí), že v rovnici 3.35 je možné rozdělit sumaci díky předpokladu rovnoměrného rozdělení součinu kontaktních ploch a délek. Zdá se mi však, že lze předpokládat rozdělení zcela libovolné. Pro uvedené rozdělení sumace je ale nutné předpokládat nezávislost normálového směru n a součinu kontaktních ploch a délek AL . Mohl by se k uvedenému uchazeč stručně vyjádřit?
5. Obrázky 3.8 - 3.11 ukazují odchylku odvozeného analytického vztahu od skutečného makroskopického chování pro nízké a vysoké hodnoty interakčního poměru. Existuje nějaké jednoduché vysvětlení pozorované závislosti na interakčním poměru? Byl jsem těmito výsledky překvapen a nedokážu si odvodit, co je zdrojem uvedené závislosti, proč je pro malou hodnotu interakčního poměru odhad elastických parametrů tolik vychýlen. Lze získat takto přesný vztah také pro částice nekulovitého tvaru, například elipsoidy, v celém rozsahu poměru smykové a normálové tuhosti?

Závěrečné zhodnocení disertace

Předložená disertační práce obsahuje původní vědecké výsledky a Jan Stránský jí prokázal schopnost samostatné vědecké činnosti. Práci celkově hodnotím jako vynikající. Na základě výše uvedených faktů jednoznačně doporučuji tuto disertační práci k obhajobě a doporučuji, aby byl po úspěšné obhajobě Janu Stránskému udělen doktorský titul.

Doporučuji po úspěšné obhajobě disertační práce udělení titulu Ph.D.

ano

ne

Datum: 15. března 2018

Podpis oponenta:.....

