POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**Object-Oriented Design and Implementation of Contact Mechanics into Finite Element Code "OOFEM"**
Jméno autora:	**Ondřej Faltus**
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta stavební (FSv)
Katedra/ústav:	Katedra mechaniky
Oponent práce:	Ing. Jan Stránský, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Na volné noze

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání — mimořádně náročné

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Zadáním diplomové práce je implementace základních algoritmů pro řešení kontaktních úloh metodou konečných prvků do programového prostředí OOFEM a její ověření na vhodně zvolených příkladech.
Zadání vyžaduje pokročilejší znalosti a schopnosti z oblastí mechaniky (kontaktní mechanika, MKP), matematiky (např. metoda Lagrangeových multiplikátorů) a výpočetní techniky (objektově orientované programování, C++).
Rozumný, promyšlený a propracovaný návrh a realizace opětovně rozšiřitelného rozšíření programového prostředí OOFEM vyžaduje nutnost chápat kód a vztahy mezi mnoha různými částmi kódu na mnoha různých místech.
Vzhledem ke všemu výše uvedenému hodnotím zadání práce jako mimořádně náročné.

Splnění zadání — splněno

Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.

Implementovány byly dva základní přístupy (metoda Lagrangeových multiplikátorů a metoda „penalty stiffness") pro dva základní kontaktní módy („uzel-uzel" a „uzel-hrana").
Ověření správnosti implementace bylo provedeno na velkém množství příkladů s různou úrovní složitosti.
Zadání práce bylo splněno bez výhrad.

Zvolený postup řešení — vynikající

Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.

První část práce shrnuje teoretické poznatky potřebné pro další text. Základní principy řešení jsou navíc ilustrovány na elementárním a snadno pochopitelném příkladu.
Druhá část práce navazuje na teoretické poznatky a věnuje se samotné implementaci a systematickému rozšíření stávajícího prostředí OOFEM. Na konci této části jsou navíc nastíněny možnosti a směry další práce.
Třetí část se věnuje numerickým experimentům a provnání vypočtených řešení s výsledky z literatury nebo s teoretickými analytickými výsledky, případně studii vlivu parametrů na výsledky. Numerické experimenty jsou vhodně seřazeny tak, aby ověřily výpočty od nejjednodušších speciálních případů až po obecné klasické kontaktní problémy.
Ve všech případech hodnotím postup řešení i příslušné umístění v textu práce jako velmi vhodné.

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Odborná úroveň	A - výborně

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Práce je logicky členěná s dostatečným teoretickým úvodem. Problematika je vysvětlena jasně a srozumitelně za pomoci elementárních ukázek, vztahy jsou odvozeny ze základních předpokladů a způsoby odvození dokazují výborné porozumění problematice.
Popis implementace a přidružené UML diagramy ukazují promyšlenost návrhu a porozumění stávající struktuře OOFEMu jakožto zvolenému prostředí.
Ve všech oblastech (mechanika, matematika, výpočetní technika) student prokazuje vynikající porozumění dané problematice.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Diplomová práce je napsána srozumitelně, text je přehledně a logicky strukturovaný.
Oceňuji volbu anglického jazyka a jeho úroveň (při čtení jsem nenarazil na žádnou zjevnou chybu či nesrozumitelnost).
Dále oceňuji volbu prostředí LaTeX pro sazbu a s tím související vynikající úroveň typografické úpravy.
Jediná drobná formální nesrovnalost je zvláštně formátovaný odstavec na straně 8 za rovnicí (18).

Výběr zdrojů, korektnost citací	B - velmi dobře

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Výběr zdrojů, jejich množství a korektnost citací je naprsoto v pořádku.
Dle mého názoru by si některé pasáže citované jako „[Patzák, 2019] Patzák, B. (2019). Numerická analýza konstrukcí 2. University Lecture.“ zasloužily citaci i některého „veřejného“ zdroje (i když stejně tak by daly zařadit i do kategorie „obecně známých pravd“, např. Rovnice (7)).

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Následují návrhy drobných úprav, které ale nikterak nesnižují kvalitu práce.

- Grafy na obrázcích 19 a 20 by bylo vhodné spojit do jednoho grafu
- Veličiny z Paraview v kapitole 3 by někdy bylo vhodné vykreslovat včetně znaménka (tedy nejen „magnitude“, ale u napětí např. vhodnou normálovou složku, u posunů taktéž vhodnou složku)

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Jako bývalý uživatel OOFEMu velmi oceňuji výběr tématu i dosažené výsledky. Nově vytvořené možnosti bych býval jistě využil v rámci svých simulací.
Osobně velmi oceňuji množství ověřovacích příkladů a testů a jejich logickou vzrůstající komplexitu.

Při diskusi nad diplomovou prací by se diplomat mohl vyjádřit k následujícím otázkám:

1. Teoretické poznatky i implementace jsou pro případ kontaktu bez tření. Jak moc by se teorie, implementace a výpočetní náročnost změnily v případě uvažování tření?
2. Pro „node-to-node“ kontakt se směr kontaktu definuje jako vektor mezi počátečními souřadnicemi uzlů. Znamená to, že není možné modelovat kontakt uzlů, které mají shodné počáteční souřadnice (počátečně se dotýkající tělesa)? Šlo by doplnit uživatelský parametr defiujicí směr v takovém případě?
3. Pro „Rigid Flat Punch Problem“ v kapitole 4.5 je použita jen metodou penalty. Proč ne i metoda Lagrangeových multiplikátorů?
4. UML diagramy v práci znázorňují konečnou podobu návrhu implementace. Jaká byla časová souslednost návrhu a samotné implementace? Návrh vždy dříve, nebo se jednalo o iterativní proces?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm A - výborně.

Datum: 02/05/20

Podpis: