

Posudek disertační práce

Autor práce: Ing. Hynek Štekbauer
Název práce: Statika, dynamika a kinematika kontaktů těles
Studijní obor: P3607 Stavební inženýrství

Oponent: prof. Ing. Martin Krejsa, Ph.D.
Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Datum zadání posudku: **3.3.2023**

Aktuálnost tématu disertační práce

Disertační práce je zaměřena na problematiku dynamických kontaktů a kinematických vazeb mezi FEM prvky statické a dynamické analýzy. Numerické modelování dnes představuje nedílnou součást při návrhu a posuzování spolehlivosti nosných stavebních konstrukcí. Aplikace metody konečných prvků umožňuje řešit různé složité úlohy lineární a nelineární stavební mechaniky se statickými i dynamickými účinky zatížení. U těchto numerických analýz bývá inženýr často postaven před problém správného modelování kontaktu mezi jednotlivými částmi numerického modelu, s čímž jsou spojeny také stanovené cíle této disertační práce. Z tohoto důvodu hodnotím **téma disertační práce** jako **vysoce aktuální** a vzhledem ke skutečnosti, že toto téma prozatím nebylo odpovídajícím způsobem zpracované a publikované, také jako velice žádoucí.

Hodnocení:

<input checked="" type="checkbox"/> Vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrné	<input type="checkbox"/> průměrné	<input type="checkbox"/> podprůměrné	<input type="checkbox"/> slabé
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Splnění cílů disertační práce

Cíle disertační práce jsou ve třech bodech jednoznačně popsány v kapitole 3. Jedná se o návrh nových metod pro explicitní dynamický kontakt, návrh originálního kladkového FEM prvku a implementace a verifikace navržených metod do FEM řešiče. Na základě rozboru popisovaných výpočetních postupů, dosažených výsledků a jejich zhodnocení mohou potvrdit, že **cíle práce byly splněny v požadovaném rozsahu**. Kvalita zpracování disertační práce svědčí o uchazečově zapálení pro řešenou problematiku, o čemž vypovídá mj. velmi kvalitně zpracovaný přehled současného stavu poznání i zajímavé demonstrační příklady.

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrné	<input type="checkbox"/> průměrné	<input type="checkbox"/> podprůměrné	<input type="checkbox"/> slabé
-------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Postup řešení problému – metody zpracování

V kapitole 2 je obsažen pečlivě popsáný rozbor aktuálních znalostí v daném oboru stavební mechaniky včetně potřebných teoretických nástrojů potřebných pro řešení stanovených cílů této disertační práce. V kapitole 4 pak následuje popis dvou nejpoužívanějších metod pro

vynucení kontaktních vazeb. Velmi výstižně je popsána z hlediska řešení kontaktních úloh nezbytná pasáž, a to způsoby diskretizace mezi povrchy: node-to-node, node-to-segment a segment-to-segment. Tyto části disertační práce jsou zpracovány detailně a pro čtenáře (oponenta) čitelně a přehledně. K popisovaným postupům i metodám zpracování cílů nemám připomínek. Jak už jsem se zmínil, pozitivně hodnotím také množství řešených příkladů, které dokládají správnou implementaci popisovaných metod ve FEM řešiči včetně potřebné verifikace. Nechybí také užitečné informace zaměřené na rychlost a přesnost řešení, stabilitu explicitního časového integračního výpočtu a zvolený časový krok. Bohužel často postrádám u popisovaných úloh bližší upřesnění, čím je daná úloha zajímavá nebo z jakého důvodu uchazeč zvolil právě takové vstupní parametry, jaké jsou použity v předložené práci. Na místě by bylo jistě užitečné srovnání, jak se daná úloha chová při změně vstupních parametrů a v čem jsou slabiny a výhody zvolených výpočetních postupů. Na škodu by nebyly ani osobní poznatky, zkušenosti a doporučení, které při řešení těchto komplikovaných úloh uchazeč získal a rád by je předal svým kolegům v oboru. Budu doufat, že mé povzdechnutí na tomto místě bude vyslyšeno v průběhu obhajoby.

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrné	<input type="checkbox"/> průměrné	<input type="checkbox"/> podprůměrné	<input type="checkbox"/> slabé
-------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Význam disertační práce pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

Výpočetní postupy popsané v této disertační práci mají nepochybně veliký význam pro rozvoj numerického modelování v oblasti kontaktních úloh i pro praktické využití ve vyvíjených softwarových produktech (FEM řešiči) pro statickou a dynamickou analýzu konstrukcí. Práce nepochybně rozšiřuje stav poznání v problematice explicitní dynamiky. Poznatky, které byly získány v rámci disertační práce, proto považuji **pro praktické využití, pro rozvoj vědního oboru stavební mechanika i další badatelskou činnost disertanta jako velmi přínosné**. Pozitivně hodnotím i záměry uchazeče v budoucí badatelské práci doplnit předložené výpočetní postupy i o vliv tření na řešenou kontaktní úlohu a vývoj nových typů diskretizace kontaktních ploch výpočetního modelu.

Hodnocení:

<input checked="" type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrné	<input type="checkbox"/> průměrné	<input type="checkbox"/> podprůměrné	<input type="checkbox"/> slabé
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Práce je zpracována velmi pečlivě jak po stránce grafické, tak typografické. Neshledal jsem téměř žádné prohřešky vůči formální úpravě. Uvádím drobnosti, na které jsem při studiu práce narazil: např. str. 36 – „Data převzatá z [108] jsou zobrazena na obr. 5.4.“ (Nebo jsou na mysli spíše dosažené výsledky, a nikoliv vstupní údaje? Pak je číslo obrázku v pořádku.), str. 51 – „ $\rho = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ “ (Nebo se jedná o měrnou objemovou hmotnost pro 2D úlohu?), str. 84 – taktéž špatné jednotky objemové hmotnosti, občasná záměna desetinných separátorů „.“ a „.“, atd. Tyto drobnosti však nemají na odbornou úroveň práce žádný vliv.

Hodnocení:

<input checked="" type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrná	<input type="checkbox"/> Průměrná	<input type="checkbox"/> podprůměrná	<input type="checkbox"/> slabá
--	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Hodnocení publikační a jiné činnosti doktoranda

Publikační činnost doktoranda je obsažena v závěrečném seznamu a byla rovněž dohledána v příslušných databázích. V databázi WOS bylo nalezeno 6 příspěvků z mezinárodních

vědeckých konferencí a 1 článek v časopise s impakt faktorem. Citační ohlas tvoří 8 citací. V databázi Scopus je pak uvedeno 7 příspěvků z mezinárodních vědeckých konferencí a 2 články v časopisech s citačním ohlasem 10 citací. Ve všech případech se jedná o publikace se zaměřením na téma disertační práce. **Publikační činnost uchazeče lze tedy hodnotit jako nadprůměrnou** v porovnání se standardními požadavky na studenty doktorského studia a dokládá vysokou odbornou erudici uchazeče. Pozitivně hodnotím také pedagogickou činnost a účast na poměrně velkém množství výzkumných projektů.

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrná	<input type="checkbox"/> průměrná	<input type="checkbox"/> podprůměrná	<input type="checkbox"/> slabá
-------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Poznámky a připomínky k textu práce

Jak již bylo řečeno, předložená disertační práce je na velmi vysoké odborné úrovni. Nicméně bych rád využil vědecké rozpravy a položil disertantovi několik doplňujících otázek:

- Jednou z oblastí, kde lze využít popisované výpočetní modely kontaktních úloh, může být numerické modelování dynamických jevů spojených s interakcí konstrukce záchytných systémů – svodidel, s vozidly. V dnes již neplatném předpise TNI CEN/TR 16303 byl obsažen návod na provádění simulačních výpočtů nárazových zkoušek pro záchytné systémy pro vozidla v softwarovém systému ANSYS s modulem LS-Dyna, které mohou nahradit velmi drahé crash testy. Bylo by podle názoru uchazeče možné podobné numerické simulace provést i s popisovanými výpočetními nástroji implementovanými do FEM řešiče programů RFEM/SCIA? Jaká lze přitom očekávat úskalí?
- V řešených příkladech se objevují materiály s parametry $E = 1 \text{ MPa}$ ($E = 100 \text{ Pa}$); $\nu = 0,5$; $\rho = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ($\rho = 0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$). Můžete tyto materiály blíže specifikovat? Jistě jste pro volbu takových materiálůvých a často i geometrických charakteristik měl své důvody – můžete je stručně popsat? Jak by se v těchto analýzách projevoval typický stavební materiál, např. ocel? Implementaci popisovaných metod ve FEM řešiči komerčních programů budou přece používat inženýři pro řešení reálných konstrukcí s reálnými materiálovými parametry, a v tom cítím u předložené práce určitý rozpor. Určitě by pro větší přehlednost práce prospělo také sjednocení zvolených jednotek v jednotlivých příkladech pro modul pružnosti i jiné fyzikální veličiny, např. pro zatěžovací síly.
- Jak již bylo zmiňováno v předchozím textu, uvítal bych detailnější popis řešených příkladů během obhajoby v duchu mnou uvedených doporučení se zaměřením na reálnost získaných výsledků (např. velikost posunutí u v příkladu dynamické simulace lanové dráhy). V textu se objevuje i zmínka o použité teorii malých deformací. Kde byla tato teorie uplatněna a ve kterých příkladech není její použití možné?

Závěr

Jedná se o velmi kvalitní disertační práci, která nepochybně přispívá k rozvoji řešené problematiky.

Uchazeč zpracováním disertační práce prokázal způsobilost k samostatné tvůrčí vědecké práci ve smyslu § 47 zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a změnách a doplnění dalších zákonů.

Doporučuji, aby disertační práce **byla** přijata k obhajobě a aby v případě jejího úspěšného obhájení byl

Ing. Hynkovi Štekbauerovi

udělen akademický titul „doktor“ (ve zkratce „Ph.D.“ uváděné za jménem).



Datum: 2. května 2023

Podpis oponenta práce: prof. Ing. Martin Krejsa, Ph.D.