

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Numerická implementace a integrace konstitutivních vztahů cyklické plasticity
Jméno autora:	Bc. Jiří Hałamka
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav mechaniky, mechatroniky a biomechaniky
Oponent práce:	Ing. Slavomír Parma, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	mimořádně náročné
<p><i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i></p> <p>Zadání předložené diplomové práce je velmi aktuální, protože se věnuje cyklické plasticitě materiálů. Predikce cyklické plasticity fenomenologickými modely je stále otevřená téma, ježto současné modely plně nevystihují chování materiálů a kalibrace těchto modelů je náročná a často vyžaduje jejich numerickou integraci. Zadání je ucelené a koherentní, současně je však poměrně náročné jak po stránce kvalitativní, tak z hlediska rozsahu práce.</p>	

Splnění zadání	splněno
<p><i>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.</i></p> <p>I přes náročnost zadání a rozsah řešeného problému diplomant zadaný problém úspěšně vyřešil a splnil veškeré vytyčené cíle definované v části „2. Cíle práce“ a vyplývající z pokynů pro vypracování uvedených v zadání práce. Diplomant zejména provedl rešerši základních i pokročilých modelů cyklické plasticity, implementoval 2 vybrané modely v MKP software Abaqus, provedl validaci modelů na experimentálních datech získaných na pracovišti vedoucího diplomové práce a upravil vybraný model plasticity zahrnutím paměťové plochy. Vzhledem k tomu, že v pokynech pro vypracování je požadavek na implementaci jediného modelu a diplomant implementoval modely dva, velice pozitivně hodnotím píli a zaujetí diplomanta.</p>	

Zvolený postup řešení	vynikající
<p><i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i></p> <p>K řešení problému a dosažení cílů je zvolen tradiční postup rešerše literatury, analýzy základních pozorovaných jevů, v tomto případě jevů souvisejících s cyklickou plasticitou, a konečně rešerše modelů a elementární analýza jejich vlastností. Pro implementaci modelů je zcela správně zvolen super-výkonný jazyk FORTRAN 77, modely jsou implementovány pomocí procedury UMAT do komerčního software Abaqus. Volbu software volím velmi pozitivně zejména s ohledem na širokou uživatelskou základnu. Zvolený Chabocheho model kinematického zpevnění je v oblasti cyklické plasticity nenahraditelný a mnoho dalších modelů z něj vychází. Rovněž koncept paměťové plochy je v konstitutivním modelování široce užíván. V případě kalibrace modelů je formulace pomocí optimalizační úlohy rovněž typická, zejména ve spojení se software Matlab. V souhrnu jsou postup řešení a volba nástrojů zcela správné.</p>	

Odborná úroveň	A - výborně
<p><i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i></p> <p>Práce má vysokou odbornou úroveň i potenciál pro další pokračování. Implementace modelů plasticity není triviální a vyžaduje značné znalosti z oblasti mechaniky kontinua, plasticity materiálu, numerické matematiky a programování. Problém integrace konstitutivních vztahů je poměrně široký a diplomant se jej zhostil velmi efektivně a adresně. Zejména odvození konzistentního tečného operátoru pro danou numerickou metodu a model není vždy triviální, avšak přináší zrychlení výpočtu, což mimo jiné dokládá i předložená práce. Kalibrace parametrů modelů z experimentálních dat cyklického</p>	

zatěžování také vyžaduje vytvoření poměrně rozsáhlého a strukturovaného kódu. Zde opět velmi pozitivně hodnotím jasný modulární přístup.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

B - velmi dobře

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

Struktura i rozsah práce odpovídá běžným zvyklostem i požadavkům kladeným na diplomové práce. Práce obsahuje zadání, anotaci, čestné prohlášení, obsah, seznam obrázků, tabulek a příloh, nomenklaturu veličin a seznam literatury. Samotná práce je členěna do 6 kapitol, jmenovitě: 1. úvod, 2. Cíle práce, 3. Teoretická část práce, 4. Základní materiálový model, 5. Rozšířený materiálový model a 6. Závěr. Provedení grafů je vynikající. Grafy samotné jsou reprezentativní a přehledné a plně korespondují s textem. Popisky jednotlivých os jsou jednoznačné a zahrnují i fyzikální jednotky. Provedení tabulek je standardní. Veškeré rovnice jsou číslovány a podle potřeby korektně odkazovány v textu. Jazyková úroveň je dobrá, text místy postrádá koherenci, nicméně odborná úroveň práce není dotčena.

Na str. 20 bych volil jinou formulaci textu „vzniká Pragerův model“, např. „Prager navrhl model“. Na str. 26 je obrázek odkazován formulací: „... je vytvořen následující graf smyčky na středu živostnosti.“ Podobné odkazy bez reference na číslo obrázku se místy vyskytují i dále v textu. Vzhledem k povaze obrázků a tabulek coby plovoucích objektů není tento způsob odkazování běžný. Na str. 28 je popis oddělen od obrázku a nachází se na další straně. V rovnici (3.21) vystupují aditivně tenzor napětí a deviatorický tenzor kinematických parametrů.

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

Vyjádrete 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.

Diplomant využívá standardizovaný numerický formát citací (systém Vancouver) v souladu se zvyklostmi v oboru. Citace jsou v textu uváděny průběžně a konzistentně a jsou v souladu s citační etikou. Velmi oceňuji, že se diplomant nespolehá pouze na monografie, ale pracuje i s původními zdroji, např. Armstrong a Frederick (1966), Chaboche et al. (1979) a Ohno et al. (2019), vše vztaženo k referencím v oponované diplomové práci. Reference doporučené v zadání práce jsou zahrnuty a průběžně odkazovány.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádrete 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.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

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

Diplomantovi doporučuji více formálního vyjadřování, které získá zejména studiem literatury. Rovněž doporučuji rozšířit práci o multiaxiální zatěžovací stavy a publikovat ji v renomovaném zahraničním časopise. Vzhledem k náročnosti tématu a nutnému studiu pokročilé problematiky celkově hodnotím danou práci jako vynikající.

Otázka č. 1:

V rámci své diplomové práce jste implementoval a využil dva modely plasticity, které označujete jako „základní materiálový model“ a „rozšířený materiálový model“. Tyto modely jste kalibroval na experimentálních datech.

Je možné, resp. účelné kvantifikovat odchytku každého z modelů od experimentálních dat? Jinými slovy, lze kvantifikovat, který z modelů lépe aproximuje experiment?

Otázka č. 2:

Proč jste pro integraci konstitutivních vztahů zvolil implicitní schema?

Otázka č. 3:

V odstavcích 4.2.7. a 5.2.6. shodně pojmenovaných „Optimalizace parametrů modelu“ mimo jiné vyplývá, že jste kalibraci parametrů obou modelů formuloval jako optimalizační úlohu s definovanou cílovou funkcí, přičemž pro samotnou optimalizaci jste použil funkci „fminsearch“, resp. „fminseachbnd“ dostupnou v software Matlab.

Jakou optimalizační metodu obě jmenované funkce využívají? Pokud by bylo vyhodnocení cílové funkce numericky (časově) náročné, bylo by možné danou metodu paralelizovat?

Otázka č. 4:

Na str. 61 své diplomové práce tvrdíte: „Sledované odchylky v počátcích průběhů u grafů pro amplitudy poměrných deformací 0,005 a 0,008 jsou z části důsledkem lokální optimalizace. Příznivější výsledky by mohly být očekávány, kdyby se použily časově náročné globální metody optimalizace.“

Precizujte, prosím, toto tvrzení. Lze snadno ověřit, zda je daný problém konvexní? Jak jste definoval podmínku pro konvergenci dané optimalizační metody, tj. jakou podmínkou jste ukončil výpočet? Zkoumal jste závislost konvergence na počátečním odhadu parametrů?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm

Datum:

Podpis:

