

Posudek bakalářské práce

Jana Holečka

zpracované na téma

Numerické řešení úlohy kontaktu elastických těles

Bakalářská práce je zaměřena na řešení úlohy kontaktu elastického tělesa s tuhou překážkou ve 2D, a to jak bez tření, tak s třením Coulombova typu. V práci jsou nejprve představeny některé ingredience, nutné pro praktickou implementaci úlohy, jako jsou například algoritmy pro určení vzdálenosti mezi tělesem a překážkou, interpolace po částech lineární konečně-prvkové hranice tělesa kubickými spline křivkami pro aproximaci normálových vektorů, a algoritmy řešení nelineárního komplementárního problému. Další část je věnována popisu úlohy elastostatiky s jednostranným kontaktem bez tření. Je zde uvedena variační formulace této úlohy, její aproximace metodou konečných prvků, a výsledky numerických simulací, dosažené vlastní implementací potřebných algoritmů pro kontakt v matlabu. Poslední část práce ukazuje rozšíření modelu o tření, a opět obsahuje výsledky a zhodnocení numerických simulací.

Bakalářská práce je na výborné formální úrovni, a je napsána srozumitelným, vytříbeným jazykem. Dané téma je kvalitně zpracováno, srozumitelně popsáno, a ilustrováno pomocí numerických simulací.

Připomínky a dotazy

- V abstraktu v angličtině je příliš šetřeno členy.
- Uvítal bych lepší/detailnější popis souvislostí úlohy kontaktu s nelineárním komplementárním problémem. Proto bych dal k uvážení vhodnost umístění sekce o elastostatice až za sekci o nelineárním komplementárním problému.
- Lepší, než se pouze odkazovat na Obr. 1 u ilustrace nehladkých bodů NCP funkcí, by bylo vykreslit přímo tyto funkce do nového obrázku.
- Neodpovídá Obr. 1 rovnici (22), spíše než (21), kde je odkazovaný?
- Postrádám zmínku, že $\phi = \phi_{\min}$ z (19) v algoritmu 2.2.1.
- Nerozumím volbě $\alpha = \epsilon/2$ v kroku 4 algoritmu 2.2.1 - opravdu se délka kroku α nastavuje na polovinu tolerance v zastavovací podmínce?
- Postrádám zmínku, že $\phi = \phi_{FB}$ z (20) v algoritmu 2.2.2.
- Rovnice (29) zřejmě umožňuje praktický výpočet podmínky (26) - chybí mi tam tedy transpozice u $\nabla\psi(x_k)$.
- V části 3.1 by bylo vhodné zavést tensor napětí jako $\sigma_{ij} = D_{ijkl}\epsilon_{kl}$, neboť by to zjednodušilo zápis (i čtení) většiny rovnic.
- V (35) a (37) má být $\nu_i D_{ijkl}\epsilon_{kl}\nu_j$.
- Podobně v (38) má být $\gamma_i D_{ijkl}\epsilon_{kl}\nu_j$. Uvítal bych zde detailnější popis, o co se jedná (průmět trakcí do tečného směru).
- Odstavec za (55) se těžko čte — doporučil bych ho rozdělit na dvě části a nemíchat popis číslování vektoru posuvů (v celém tělese) a normál (pouze na kontaktní hranici).
- První odstavec sekce 4: doporučil bych uvést reference na použité softwary.
- V sekcích s numerickými výsledky 4, 6 postrádám fyzikální jednotky u dat. jak v textu, tak v obrázcích.

- Je vhodnější nejprve popsat obrázky v textu, a až následně je uvést. Tj. například obrázky z části 4 přesunout do 4.1.
- Pro zobrazení rezidua je nutné použít logaritmickou škálu na ose y . Na Obr. 5, 8, 11, 14 není jasné, zda výsledné reziduum mělo velikost 0.1, 0.001, nebo jinou.
- Bylo by zajímavé porovnat výsledky z Obr. 6 a 9, např. vykreslením jejich rozdílů.
- V sekci 4.1: jak reaguje algoritmus 2.2.1 na uvedenou divergenci? Vadí to, že algoritmus nezmenší reziduum v každém kroku, když se potom opět dostane na “správnou cestu”?
- Coulombův model, str. 30: $g_n = \nu_i D_{ijkl} \epsilon_{kl} \nu_j$.
- Za (77): $g_t = g_t \gamma$, $g_n = g_n \nu$.
- Prostřední člen v (79) není správně.
- Ve větě za (84) je zřejmě nějaký text navíc.
- Vztahy (91), (92) používají jiné značení než (73)-(75): f_c je ekvivalentní μ (součinitel tření)?
- Není jasné, co se myslí kladným a záporným směrem v (95). Jedná se o směry ve směru, resp. proti směru, tečny?
- Jak souvisí p v (97), (100) a dále s g_n v (91)? Není to to samé (chyba značení)?
- Odstavec se (104) je stejný jako odstavec se (109).
- Bylo by zajímavé demonstrovat uvedený postřeh, že pro vysoké hodnoty koeficientu tření výsledky simulace závisí na zvoleném počtu kroků zatěžování, na příkladu.
- Drobné překlepy:
 - str. 34: odkazy na (94), (87) nemají závorky;
 - str. 42 je ve druhém odstavci chybějící odkaz na obrázek;
 - str. 43: “Seznámili jsme se s pojem“, “disketizaci”.

Závěr Domnívám se, že Jan Holeček splnil cíle bakalářské práce a prokázal jak porozumění teoretické stránce problému, tak schopnost jeho praktické počítačové implementace. Jeho práce plně splňuje požadavky kladené na bakalářské práce a hodnotím ji známkou

výborně.

V Plzni, dne 19.6.2017

Robert Cimrman
NTC, ZČU v Plzni

