

Posudek disertační práce

Uchazeč Ing. Eliška Šmídová, MSc.

Název disertační práce Konstitutivní model pro porušení dřeva trhlinami při namáhání tahem a smykem / Constitutive Model for Timber Fracture Under Tension-Shear Stress States

Studijní program Fyzikální a materiálové inženýrství

Školitel prof. Ing. Petr Kabele, Ph.D.

Oponent Ing. Jan Tippner, Ph.D. Ústav nauky o dřevě a dřevařských technologiích, LDF MENDELU
e-mail jan.tippner@mendelu.cz

Aktuálnost tématu disertační práce

komentář: Předložená disertační práce se věnuje problematice numerického modelování porušení dřeva. Cíle práce vychází z přehledu více než 80 citovaných relevantních převážně zahraničních titulů, vč. odborných článků převážně z posledních 2 desetiletí, dále starších primárních zdrojů důležitých pro obor. Jako reálný objekt klíčové části práce bylo zvoleno dřevo smrku, tj. rozšířený stavební materiál ať již v podobě prostého rostlého konstrukčního dřeva či materiálů na jeho bázi. Navzdory aktuálnímu problematickému stavu odvětví strmě roste zájem o užití dřeva jako "zeleného" materiálu v moderních kompozitech a konstrukcích. Mechanika dřeva tak čelí a bude čelit novým výzvám, využití pokročilých výpočetních metod pro predikci chování dřevěných konstrukcí je pak vzhledem ke komplexitě problémů nevyhnutelné. Motivace k rozvoji popisu chování dřeva daná aktuální potřebou praxe je zřejmá, zcela relevantní je zaměření tématu práce na porušení v tahu a smyku, kritického v mnoha aplikacích. V práci jsou zhodnocena kritéria porušení vycházející ze současného stavu poznání, provedena je přímá simulace odezvy dřeva za využití moderní výpočetní metody, model je implementován v prostředí software využívaným současnou praxí, standardu výzkumné práce odpovídá experimentální ověření modelu. Predikci ortotropní nelineární odezvy dřeva na prakticky uplatnitelné úrovni natož popis porušení trhlinou považují za komplikované, stále velmi aktuální a žádané téma.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění cílů disertační práce

komentář: Cílem disertační práce bylo rozpracovat, zdokonalit a implementovat model porušení dřeva do programu využívajícího metodu konečných prvků; na základě experimentálních dat model kalibrovat a validovat; následně model použít pro predikci porušení dřeva ve složitých stavech namáhání. Navzdory absenci definice výzkumné hypotézy jsou cíle stanoveny logicky, konkrétně a ambiciózně. Autorce se podařilo dobře identifikovat hlavní výzvy, které je nutno při výzkumné práci tohoto charakteru překonat, překonání výzev pak vedlo k dosažení hlavního cíle, tj. výsledkem je funkční experimentálně ověřený model. Na základě v disertační práci uvedených výstupů výzkumu je zcela zřejmé, že se autorce podařilo úspěšně nasimulovat realistickou a měřením podloženou odezvu dřeva u všech prověřovaných variant. Výsledky disertační práce jsou již publikovány v nejméně 6 výstupech autorky, které prošly standardním oponentním řízením. Cíle práce byly jednoznačně splněny.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Metody a postupy řešení

komentář: Autorka se ve své práci soustředí na zhodnocení kritéria porušení dřeva analytickým přístupem na příkladu 5 materiálů, dále přímou simulaci chování dřeva smrku ztepilého pomocí vlastního konstitutivního modelu (ve výzkumu navazuje na svoji diplomovou práci) a implementaci sestaveného modelu v rozšířeném proprietárním softwarovém prostředí využívajícím metody konečných prvků. Implementace si vyžádala originální přístup a přípravu dynamické knihovny za využití programovacího jazyka C. V experimentální části využívá výsledky měření na standardních zkušebních strojích ke kalibraci a validaci. Při kalibraci zapojila také sofistikované inverzní metody. K vyhodnocení deformací využívá digitální korelace obrazu (open-source software a grafickou nástavbu vyvinutou na řešitelském pracovišti). Následně využívá vyvinutého modelu pro predikci standardních módů namáhání. Jedná se o zcela logický přístup a sled kroků řešení, zahrnutý jsou všechny nutné kroky a práce si vyžádala zvládnutí celé řady metod. Postupy jsou originální, využity jsou standardní moderní metody na současném stavu poznání.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář: Ing. Eliška Šmídová, MSc. předložila disertační práci formou ucelené monografie, která podstatnou měrou vychází z již vydaných publikací. U nich je vždy hlavní autorkou s jasným vkladem. Konkrétní přínosy lze vysledovat v hlavních kapitolách disertační práce následovně: náplní kapitoly 2 disertační práce je stručný přehled mechanických vlastností dřeva, rešerše přístupů k jeho modelování, popis vybraných kritérií porušení a zejména autorkou provedená studie porovnání kritérií včetně popisu výsledků a závěrů studie. V kapitole 3 je popsán vlastní konstitutivní model tahově-smykového porušení, kdy autorka vychází ze své diplomové práce, dále je zde zřejmá implementace do komerčního software vyžadující tvůrčí přístup v přípravě kódu knihovny. Kapitola 4 dále přináší výsledky autorkou provedené experimentální práce, kapitola 5 popisuje procesy kalibrace modelu na základě získaných experimentálních dat, kapitola 6 pak přináší validaci konstitutivního modelu na základě měření odezvy lepeného lamelovaného oblouku s vrubem při zatížení tříbodým ohybem. Kapitola 7 dokazuje nasazení modelu pro prediktivní numerickou analýzu standardizované smykové zkoušky a tahové zkoušky. Jedná se o výčet hlavních přínosů v jednotlivých krocích řešení problému, které dokládá ze strany disertantky zvládnutí široké škály náročných metod na současném stavu poznání. Velkým přínosem je zaměření na porušení dřeva smrku v tahu a smyku, komplikované a kritické v praxi.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

komentář: Sestavení a implementace konstitutivního modelu porušení pro zatížení tahem a smykem je jednoznačným přínosem práce pro další výzkum i praktické nasazení ve výpočetním nástroji. Vyvinutý model dřevo zjednodušuje do 2D homogenního kontinua, podchycuje porušení v tahu (podél a napříč vláken) a smyku resp. kombinaci těchto porušení, což je pro popis běžných porušení dřeva ve stavebních konstrukcích klíčové. Komplexnost modelu dokládá zohlednění ortotropie materiálu v lineární i nelineární oblasti, z hlediska vlastního porušení pak zahrnutí ortotropní podmínky porušení, dále podmínky typu trhliny a využití kohezivního zákona pro chování trhliny.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář: Dokument práce obsahuje 93 stran vlastního textu v aktuálním standardu vědecké práce, citováno je 86 relevantních titulů, práci doprovází přehled obrázků a tabulek. Za zdařilou považuji formální stránku dokumentu a grafickou úpravu obrazových výstupů, ať již přímých výstupů z numerických simulací i zpracování experimentálních dat. Ojedinelé jsou drobné typografické prohřešky, např. kurzíva latinských názvů, nejednotnost sylu citací, nevysvětlené zkratky - jedná se o zcela marginální nedostatky nesnižující jakkoli srozumitelnost textu. Práce je vcelku logicky a přehledně členěna do 8 kapitol vč. úvodu a závěru. 6 kapitol tvořících hlavní část práce popisují metodiku a výsledky jednotlivých metodických kroků celé výzkumné práce; jen částečně obsahují prvky diskuse výsledků. Jedná se o méně obvyklé členění, nicméně sledující vlastní logickou osu výzkumu - tj. tvorbu modelu, jeho implementaci, kalibraci a validaci, aplikaci pro predikci. Struktura také víceméně odpovídá publikacím (článkům) autorky, na které se hojně odkazuje. Kapitoly jsou vždy stručně uvedeny, ukončeny jsou pak částečným shrnutím/závěrem. Toto "orámování" kapitol kvituji, výrazně zpřehledňuje dokument. Zdroje jsou řádně citovány, uvedeny v bibliografickém přehledu v příloze práce. Použita je srozumitelná odborná angličtina na velmi dobré úrovni.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Připomínky

Za obecnou slabinu disertační práce považuji nedostatečné odiskutování výsledků dílčích kroků výzkumu včetně podrobnějšího vyjádření k vlivu všech zjednodušení modelu např. s ohledem na definici okrajových podmínek. Např. omezení stupňů volnosti modelu zkoušky porušení ve smyku ("vymezení" smykové roviny, jak naznačuje i obr. 4.10) může být klíčové. Jaké alternativy byly zvažovány, analyzovány? Na jaké faktory a jak je model citlivý?

Práce je strukturována tak, že prvky metodiky a výsledků se vzájemně prolínají a jsou součástí jednotlivých hlavních kapitol práce. Práci to mnohdy znepřehledňuje. Nepovažuji např. za vhodné zařazení kapitoly 2.5 (Comparative study of failure criteria) bezprostředně do části state-of-the-art. Volba kritéria porušení je jedním ze základních milníků práce, měl by ji být věnován odpovídající prostor v metodické a výsledkové části. Analýzu kritérií by mělo předházet zargumentování výhod/nevýhod kritéria na základě podrobnějšího přehledu již publikovaných analýz kritérií. Jaké výhody/nevýhody kritéria Tsai-Hill spatřujete v porovnání s dalšími interaktivními kritérii (Von Misses, Hill, Hoffmann, Tsai-Wu...)?

Lze výsledky zhodnocení kritérií porušení pro v této části práce použité druhy dřev (např. smrk sitka, douglaska) aplikovat pro dřevo smrku ztepilého?

Co bylo důvodem k volbě komerčního kódu ATENA (spíše známého pro modelování betonových konstrukcí), jaká specifika to přineslo, jaká omezení mohou dle vašeho názoru nastat při implementaci do dalších rozšířených FEM kódů?

Prosím o stručný nástin možností rozšíření modelu do 3D ať již s předpokladem isotropie v příčných anatomických směrech i "plné" ortotropie pro 3 základní anatomické směry ve dřevě.

Vlastní disertační práce postrádá obšírnější shrnutí statistického zpracování výstupů z validačního měření. Jaké přibližné variability výsledků základních zjištěných parametrů bylo dosaženo při zkouškách?

Jaké výhody/nevýhody s sebou neslo využití standardního digitálního fotoaparátu pto DIC analýzy v oblasti porušení materiálu? Mimo jiné, skutečně bylo použito rychlosti zatížení a frekvence snímání uvedených na str. 32?

Za nevhodnou (a vzhledem k dostatku výstupů autorky i zbytnou) považuji citaci vlastních publikačních výstupů "In preparation", jejichž stav přípravy nelze jednoznačně posoudit. Podařilo se v čase od odevzdání disertační práce dokončit přípravu článků?

Závěrečné zhodnocení disertace

Disertační práci považuji za originální a zdařilou, přes náročné téma a požadavky na metody pak po formální i odborné stránce zpracovanou na velmi dobré úrovni; úroveň jazyka a grafického zpracování práce jsou také velmi dobré. Téma práce je aktuální, jednoznačný přínos pro rozvoj vědního oboru a pro praxi spatřuji nejen v širším rozvoji možností numerických simulací chování dřeva, ale také v konkrétních dílčích výstupech práce tj. 1) ve srovnání podmínek porušení při daném namáhání a samozřejmě 2) ve, pro disertační práci klíčovém, sestavení konstitutivního modelu porušení a jeho verifikaci včetně 3) kalibrace a validace na základě experimentálních dat. Publikované výstupy práce mají okamžité uplatnění pro navazující výzkumné práce i praxi, aplikační potenciál je umocněn implementací do poměrně rozšířené (ikdyž proprietární) platformy. Cíle disertační práce byly naplněny a konkrétní zásluhy autorky v oblasti modelování mechanické odezvy a porušení zvoleného materiálu jsou zjevné, autorka tak jednoznačně prokázala schopnost samostatné tvůrčí práce. Předloženou disertační práci doporučuji k obhajobě a po jejím obhájení doporučuji Ing. Elišce Šmídové, MSc. udělení titulu Ph.D.

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

Datum: 21. 3. 2022

Podpis oponenta:

