

Posudek disertační práce

Autor práce: M.Eng. Ing. Rostislav Lang
Název práce: Algoritmy pro návrh a analýzu membránových konstrukcí
Studijní obor: P3607 Stavební inženýrství

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

Datum zadání posudku: **4. 11. 2019**

Aktuálnost tématu disertační práce

Disertační práce je zaměřena na numerickou analýzu membránových konstrukcí. Díky možnostem použití u staveb se zvýšenými nároky na estetický vzhled i schopnosti překlenout velká rozpětí se v současné době membránové konstrukce těší stále větší oblibě. Jejich použití ale naráží na některá úskalí, která souvisí se specifickými vlastnostmi těchto nosných systémů a jsou také předmětem 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, resp. není dostatečně podložené normovými předpisy, 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

K hlavním cílům disertační práce, popsaných v kapitole 1.2, patří zejména tvorba a analýza algoritmů, které jsou vhodné pro navrhování membránových konstrukcí v rámci programových nástrojů založených na metodě konečných prvků. V disertační práci jsou v souladu se stanovenými cíli popsány metody pro výpočet počátečních rovnovážných tvarů membránových konstrukcí (form finding) - jak v současnosti známé a používané metody, tak způsob nově vyvinutý v rámci disertační práce. Práce rovněž obsahuje analýzu těchto metod vzhledem k jejich statické a dynamické odezvě řešené konstrukce i postupy ke generování tzv. stříhových vzorů nutných pro realizaci membránových konstrukcí. Jednotlivé cíle disertační práce byly zpracovány velmi podrobně a pečlivě, navíc byly doplněny několika příklady, vhodně demonstrující činnost navržených algoritmů, které dokládají, že výsledkem této disertační práce je stabilní a profesionálně odladěný algoritmus pro řešení membránových konstrukcí s vysokou efektivitou a přesností. Mohu tedy konstatovat, že hlavní **cíle práce byly splněny v rozsahu, který v mnohém předčí požadavky kladené na disertační práce s podobným tematickým zaměřením.**

Hodnocení:

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

Postup řešení problému - metody zpracování

Jedním z cílů práce je zpracování algoritmů, jejichž podstatou je zkoumání rovnovážného stavu membránové konstrukce – tzv. form finding, na který má vliv zejména definované předpětí, okrajové podmínky a zatížení. Součástí této analýzy – hledání rovnovážné soustavy sil v konstrukci, jsou i vhodné stabilizační postupy zejména v souvislosti řešení tzv. kuželových membrán. V práci je rovněž zpracován algoritmus pro řešení úloh optimalizujících tvary ohybově tuhých konstrukcí, u nichž je řešení spojeno s hledáním labilních rovnovážných konfigurací. Práce se zaměřuje také na problematiku vrásnění membrán, která souvisí se stabilitou řešení a může významně ovlivnit statickou a dynamickou odezvu analyzované konstrukce. Řešení tohoto problému je založeno na původním algoritmu, který lze použít při výpočtu membrán s definovaným lineárním, nelineárně elastickým i plastickým materiálovým modelem. Pro realizaci navržených membránových konstrukcí je nutný rovněž výpočet stříhových vzorů, pro který byla v práci rovněž navržena kombinace dvou různých výpočetních postupů, optimalizovaných s ohledem na rychlost a přesnost řešení. Při řešení popisovaných problémů disertant využil relevantní nástroje numerické analýzy. **Zvolené postupy řešení a metody zpracování lze považovat za ideálně zvolené vzhledem ke stanoveným cílům.**

Hodnocení:

<input checked="" type="checkbox"/> vynikající	<input 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 velký význam pro oblast numerického modelování membránových konstrukcí i pro praktické využití ve vyvíjených softwarových produktech pro statickou a dynamickou analýzu konstrukcí, např. při zdokonalování programového systému RFEM, vč. FEA řešiče. Vyzdvihl bych rovněž zpracování algoritmu pro řešení stříhových vzorů, který je plně funkční a velmi spolehlivý a nepochybně usnadní práci projektantů membránových konstrukcí. Práce zcela bezpochyby rozšiřuje stav poznání v problematice membránových (lanoplachtových) konstrukcí. 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 nesmírně přínosné.**

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

Disertační práce je na vysoké formální úrovni. Anglická část je formulována jednoduchou a srozumitelnou angličtinou. Vzhledem ke skutečnosti, že nejsem rodilý mluvčí, nejsem schopen detailně posoudit jazykovou úroveň použitého jazyka.

Pokud bych už měl uvést nějaký formální nedostatek této disertační práce, zmínil bych snad jen jistou nedokonalost obrázků obsažených v disertační práci, které mohly být vytvořeny některým vhodným grafickým editorem s vektorovou grafikou a ve vyšším rozlišení. Text v některých obrázcích není vždy zcela čitelný. Rovněž by bylo žádoucí dodržovat pravidla pro formátování matematických výrazů (např. funkce, konstanty a fyzikální jednotky by měly být uvedeny kolmým

písmem, proměnné kurzívou) a sjednotit formát označovaných veličin v textu, matematických výrazech a v obrázcích. Na obr. 83 chybí popis vvislé osy.

Tyto připomínky nemají žádný vliv na vysokou odbornou kvalitu práce. Uvádím je zde zejména pro případ dalšího publikování např. formou odborné knihy či monografie zaměřené na numerickou analýzu membránových konstrukcí. Taková publikace by byla jistě odbornou veřejností uvítána a já její vydání vřele doporučuji.

Hodnocení:

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

Hodnocení publikační a jiné činnosti doktoranda

V databázi WOS jsem našel dva příspěvky z mezinárodních vědeckých konferencí, v databázi Scopus jsou uvedeny tři příspěvky z mezinárodních vědeckých konferencí. Ve všech případech se jedná o publikace se zaměřením na téma disertační práce. Jako adekvátní předložené disertační práci si lze představit i článek v některém impaktovaném časopise, což se bohužel zatím nestalo. Předložená práce přitom pro vznik článku v některém z hodnotnějších vědeckých periodik poskytuje dostatek kvalitních podkladů.

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 úrovni a zcela nepochybně patří k těm nejlepším, které jsem měl možnost hodnotit jako oponent. Nicméně bych rád využil příležitosti této vědecké rozpravy a položil bych disertantovi několik doplňujících otázek, které mohou být zodpovězeny během obhajoby:

- Numerické modelování i přes veškerou snahu a použití pokročilých matematických postupů nemusí vždy odpovídat reálnému chování nosné konstrukce. V takových případech je na místě provedení experimentálního ověření na skutečné konstrukci, nosném detailu nebo na zmenšeném fyzikálním modelu konstrukce, příp. na základě experimentálně získaných dat provedení kalibrace výpočetního modelu. U membránových konstrukcí je provedení experimentálního ověřování velmi složité. Může se disertant pokusit i přes tuto skutečnost o návrh doporučeného postupu, jakým by bylo možné experimentální ověření jím navrženého výpočetního modelu skutečné membránové konstrukce provést?
- Samotnou kapitolu tvoří problematika některých detailů se zvýšenou koncentrací napětí, např. rohy membrán a místa jejich ukotvení, na jejichž statické chování má vliv např. jejich tvar nebo předpětí (bylo ukázáno i v kapitole 4.6). Mohl by disertant stručně zformulovat doporučené zásady, kterými by se v případě návrhu těchto detailů měli projektanti řídit?
- Na hledání rovnovážného tvaru membránových konstrukcí existuje v současnosti řada softwarových produktů. Mohl by disertant vyzdvihnout hlavní výhody jím navrženého algoritmu numerického výpočtu membránových konstrukcí vč. výpočtu stříhových vzorů oproti konkurenčním postupům?
- V disertační práci je v kapitole 5 detailně popsáno několik materiálových modelů (např. pro ortotropní pružný materiál nebo izotropní nelineární pružnoplastický materiál), jejichž parametry mohou být získány experimentálně (uniaxiální test, biaxiální test,

biaxiální test s uvažováním smykového spolupůsobení v membráně s nerovnoměrným vnášením deformací). Chystá se disertant pokračovat ve vývoji těchto materiálových modelů? Jaké jsou jeho badatelské záměry v této oblasti?

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. Rostislavu Langovi

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

Datum: 7. listopadu 2019

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