



Komise pro obhajoby bakalářských prací a státní závěrečné zkoušky FS ČVUT v Praze
Studijní program: Teoretický základ strojínského inženýrství

V Praze 8. února 2023

Věc: Posudek oponenta na bakalářskou práci předloženou panem Martinem Vašákem na téma

Analýza ohybové tuhosti kompozitního nosníku metodou konečných prvků

Zadání

Diplomová práce je zaměřena na určování ekvivalentního modulu pružnosti navíjených kompozitových trubek ohybově namáhaných. Cílem je porovnat výsledky analytických a numerických výpočtů MKP. Zadání práce hodnotím jako *lehčí*.

Splnění zadání

Předložená práce *splňuje* zadání v celém rozsahu.

Zvolený postup řešení

Bakalant popsal vztahy pro výpočet napětí a vnitřních silových účinků kompozitové skořepiny dle laminátové teorie s uvažováním vlivu příčných smykových sil (Henckyho-Mindlinova teorie) a dále zjednodušení dle Kirchhoffovy teorie. Chybí však naznačení výpočtu kompozitového průhybu nosníku dle ABD teorie. Ukázán je vztah pro výpočet ekvivalentního modulu pružnosti nosníku. Do tohoto vztahu vstupuje průhyb nosníku, který je určen na základě numerických analýz. Hodnoty ekvivalentního modulu pružnosti vypočtené na základě numericky určeného průhybu jsou porovnány s analyticky určenou hodnotou a rozdíly komentovány. Pro numerické výpočty průhybu kompozitového nosníku byla použita metoda konečných prvků (program Ansys). Zvolený postup řešení hodnotím jako *správný*.

Odborná úroveň

Odbornou úroveň hodnotím s ohledem na neúplný popis řešených numerických modelů *dostatečně*. Student využil svoje znalosti získané dosavadním studiem teorie pružnosti a pevnosti a dále je rozšířil s využitím nastudované literatury.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

Z hlediska formálního práce obsahuje všechny dle názvů potřebné kapitoly, jejich obsah je však diskutabilní. Jak již bylo napsáno, zvláště popis použitých modelů je nedostatečný. Rozsah práce, typografická i jazyková úroveň je přijatelná. Hodnoceno *dobře*.

Výběr zdrojů, korektnost citací

Použita byla odpovídající literatura, jejíž seznam je uveden na konci práce. Jedná se převážně o zahraniční literaturu. Je postačující pro základní nastudování problematiky analýzy dlouhovláknových kompozitů. Použitá literatura a převzaté obrázky jsou v textu korektně citovány. Bibliografické citace jsou úplné a v souladu s citačními zvyklostmi. Hodnoceno *výborně*.

Další komentáře a hodnocení

Předložená bakalářská práce obsahuje některé nepřesnosti, ale závažnější je absence nebo neúplnost popisu analytického řešení a numerických modelů.

Drobné nepřesnosti jsou v seznamu zkratk. Ve vztazích v podkapitole 2.3 chybí index k označující číslo vrstvy v kompozitu. Ve vztahu (29) je zavedena tzv. ABD matice, dále však chybí prezentace vztahů pro výpočet průhybu nosníku pomocí prvků této matice. Tabulka 1 je chybně nazvána Mechanické vlastnosti trubky. Jedná se o definici vlastností jedné vrstvy v souřadném systému podélný směr vlákna - příčné směry. Popis numerických modelů obsahuje řadu nepřesností. Konečně-prvková síť modelu v podkapitole 4.1 není tvořena „objemovými elementy“, ale klasickými 3D skořepinovými prvky. Z popisu není zřejmá definice úhlu popisujícího orientaci vláken ve vrstvách kompozitní trubky. Definice na obrázku 17 je v rozporu s údaji v obrázku 18 a popiskou tohoto obrázku. Síť modelu v podkapitole 4.2 není tvořena „objemovými skořepinami“, ale klasickými objemovými prvky. V podkapitole 4.3 zcela chybí popis prvků pro model „skořepiny“.

CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ A NÁVRH KLASIFIKACE

Výsledky prezentované v bakalářské práci jsou znehodnoceny neúplným nebo chybějícím popisem numerických modelů. Nicméně bakalant prokázal schopnost nastudovat problematiku analýzy dlouhovláknových kompozitů a práci s MKP softwarem. Obdržené výsledky přijatelně komentoval. K zodpovězení při obhajobě navrhuji tyto dotazy:

- Jak jsou definovány koeficienty Q'_{ij} použité při výpočtu prvků ABD matice (vztahy (31) až (33))?
- Jak je definován skořepinový model v podkapitole 4.3? V čem se liší od modelu popsaného v kapitole 4.1?

S ohledem na výše jmenované skutečnosti hodnotím předloženou závěrečnou práci klasifikačním stupněm

“D” (uspokojivě).

Ing. Ctirad Novotný, Ph.D.
ČVUT v Praze, FS
Technická 4
166 07 Praha 6
e-mail: Ctirad.Novotny@fs.cvut.cz