

OPONENTNÍ POSUDEK

disertační práce k získání titulu Ph.D.

Ing. Tereze Zámečnickové

NÁVRHOVÉ METODY ANALÝZY KOMPOZITNÍCH NOSNÍKU

V Sušici dne 28. 2. 2024

Vypracoval :

Ing. Ondřej Uher, Phd.

Aktuálnost tématu

Disertační práce se věnuje aktuálnímu tématu – zpřesnění metod návrhu kompozitních struktur se zaměřením na predikci tuhosti nosníků mezi kruhového průřezu obecné skladby a tloušťky. Toto téma je zkoumáno řadu let a je stále aktuální, neboť nejsou k dispozici dostatečně přesné a použitelné metody, které by pokrývaly široké rozpětí kompozitních skladeb (různé orientace vláken, tloušťky).

Cíle práce a jejich naplnění

Cíle disertační práce a způsoby jejich dosažení jsou jasně formulovány v kapitole 3.1. Shrnutí dosažených výsledků je v kapitole osmé a deváté. Cíle disertační práce byly splněny.

Vhodnost použitých metod řešení a způsobu jejich aplikace

K řešení problematice přistoupila autorka pomocí srovnávání výsledků velkého množství experimentálních zkoušek kompozitních vzorků z odlišných vláken, odlišných skladeb a tloušťky s výsledky existujících analytických modelů a nově vytvořeného analytického přístupu k sestavení ohybové tuhosti. V tomto přístupu kombinuje ohybovou a tahovou složku k stanovení výsledné ohybové tuhosti. Výsledky dále pomocí srovnáním modelů využívající metodu konečných prvků, kde byly použity nejčastěji používané přístupy k modelování kompozitů – plošné a objemové skořepiny, dále pak výrazně méně používané objemové prvky. Metody použité k dosažení výsledků lze označit jako vhodné.

Nicméně je nutné upozornit, že v práci je velmi nedostatečný popis, a to jak u vyhodnocování experimentálních zkoušek, tak u výpočtových modelů používajících metodu konečných prvků. Z hlediska MKP zde nejsou uvedeny okrajové podmínky, způsob zavedení sil, způsob vyhodnocení výsledků, ani vlastní popis sítě, která u objemových skořepin a zejména objemových prvků může významně ovlivnit výsledky. Podobně u experimentálních zkoušek není jasné, jak byly některé parametry vyhodnoceny (viz v kapitole 6 popis vyhodnocení E_p a E_d , zatímco v kapitole 7 je parametr $experiment_průměr = E_{eq} * J$). Dále není jasné jak byl ve výsledcích zahrnut vliv příčného smykového

namáhání. Srovnání přesnosti analytických přístupů s výsledky experimentálních zkoušek a výsledky MKP je tudíž omezeno nejistotou určení chyb výsledků MKP a experimentálních zkoušek.

Teoretický a praktický přínos práce

Z hlediska své praxe ředitele výzkumu a vývoje ve firmě CompoTech hodnotím práci i přes diskutované nedostatky jako velmi přínosnou. Analytické metody návrhu kompozitních profilů byly a jsou každodenně používány od začátku vzniku firmy takřka před 30 lety. Na jejich dalším aplikačním vývoji se podílela již celá řada inženýrských i doktorských prací. Díky jejich rychlosti aplikace a se započtením mnoha technologických omezení a parametrů lze velmi často získat prakticky použitelný návrh za zlomek času a nákladů oproti metodám MKP. Nejen proto považuji vývoj analytických metod za přínosný a jsem rád, že se na pracovišti odboru pružnosti dlouhodobě rozvíjejí.

Dotazy a připomínky

- **MKP**
 - Jakým způsobem byly vytvořeny výpočtové modely na bázi MKP, které byly použity pro srovnání s výsledky experimentálních zkoušek?
 - Jak bylo modelováno uložení vzorků a zaneseno zatížení a vyhodnocena ohybová tuhost?
 - U objemových skořepin a objemových prvků jak vypadala síť modelu z hlediska tloušťky a jak se to měnilo pro odlišné skladby a tloušťky vzorků?
 - Lze říct, který způsob modelování pomocí MKP vede u kompozitních nosníků mezi kruhového průřezu k nejvyšší přesnosti, respektive shodě s výsledky experimentálních zkoušek?
- **Experimentální zkoušky**
 - V kapitole 6.2 je popsáno vyhodnocení modulu pružnosti E_p z průhybu a E_d z tenzometrů. Proč došlo k zanedbání vlivu smykového napětí při vyhodnocení modulu pružnosti E_p z průhybu? Do jaké míry to může ovlivňovat srovnání výsledků experimentálních zkoušek s výsledky analytických výpočtů a výpočtů MKP? Došlo nějakým způsobem k zahrnutí vlivu smyku při vyhodnocení výsledků?
 - V kapitole 7 jsou výsledky experimentálních zkoušek vyhodnoceny parametrem E_{eq*J} (experiment_průměr). Lze vyjádřit, jak byl tento parametr stanoven? Bylo v něm použito E_p , E_d , případně jak bylo určeno $E*J$?
 - Lze popsat, z kolika vzorků stejného typu byly v kapitole 7 vyhodnoceny výsledky E_{eq*J} a jaký byl rozptyl ve výsledcích zkoušek? U kapitoly 4.1.4 je rozdíl v tuhostech 2 vzorků stejného typu značný, jak to bylo u sady vzorků v kapitole 7?

Závěrečné hodnocení

Domnívám se, že disertační práce doktoranda Ing. Terezy Zámečnickové **odpovídá požadavkům na udělení vědecko-pedagogického titulu Ph.D.**

Práci doporučuji k obhajobě.

Uchazeč předložil k obhajobě rovněž teze své práce. Teze obsahují všechny požadované body členění, ke kterým autor formuluje jasný a výstižný komentář.