



Posudek disertační práce

Uchazeč Ing. Petr Konrád

Název disertační práce Characterization of high-performance fibre-reinforced cementitious composites subjected to high deformation rates

Studijní obor Fyzikální a materiálové inženýrství

Školitel doc. Ing. Bc. Radoslav Sovják, Ph.D.

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

e-mail petr.kabele@fsv.cvut.cz

Aktuálnost tématu disertační práce

komentář: Problematice vysokohodnotných vláknobetonů se vědecká a inženýrská komunita věnuje již několik desetiletí. Nicméně i v současné době existuje potřeba systematické charakterizace chování těchto materiálů při středních a vysokých rychlostech deformace, zejména v souvislosti s jejich využitím v konstrukcích, které musí odolávat mimořádným zatížením, jako je náraz objektu. Tuto tezi podporuje i velmi pečlivě zpracovaný přehled současného stavu poznání v kapitole 3 disertace, kde autor shrnuje a kriticky hodnotí stávající metody testování dostupné v normách a odborné literatuře. Zvolené téma proto považuji za nadprůměrně aktuální.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění cílů disertační práce

komentář: Cíle disertace jsou jasně definovány v části 1.1 a jsou plně v souladu se závěry studie současného stavu poznání. Konkrétně se jedná o (1) vývoj zařízení, metodiky a vyhodnocovacího software pro testování schopnosti kvazikřehkých materiálů pohlcovat energii nárazu a (2) využití tohoto zařízení pro porovnání odezvy vzorků vybraných vláknobetonů na zatížení rázem. Zařízení má být navrženo tak, aby se eliminovaly některé nevýhody stávajících postupů (např. neměřitelné ztráty energie testovacího mechanismu) a aby bylo použitelné pro zkoušení vzorků dostatečné velikosti. Metodika měření a vyhodnocení pak musí umožnit objektivní zhodnocení a porovnání chování různých materiálů. Jak je patrné z následujících odstavců, tyto cíle jsou bezesbýtku naplněny.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Metody a postupy řešení

komentář: Autor vychází z hlubšího porozumění mechanismů chování a porušování vysokohodnotných vláknobetonů, které jsou detailně diskutovány v kapitole 2, a již zmíněného zhodnocení dosavadních metod v kapitole 3. Vlastní postup vedoucí k dosažení cíle (1) pak zahrnuje: a) koncepční návrh zařízení (rázového kyvadla) a principu snímání a vyhodnocení měřitelných veličin, b) řešení řady technických detailů konstrukce kyvadla a snímačů, a c) vývoj algoritmů pro vyhodnocení experimentu a jejich softwarovou implementaci. Použitelnost přístroje je pak demonstrována na měřeních pohlcené energie pro vzorky čtyř typů vláknobetonů lišících se použitými vlákny i skladbou matrice. Tato měření jsou doplněna dalšími materiálovými zkouškami a podrobnou analýzou a porovnáním výsledků, čímž je naplněn cíl (2). Velmi oceňuji autorův systematický a hloubavý přístup i to, že zkoumá a vyhodnocuje různé postupy řešení

dílčích úloh.				
<input type="checkbox"/> vynikající	<input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrný	<input type="checkbox"/> průměrný	<input type="checkbox"/> podprůměrný	<input type="checkbox"/> slabý

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta				
komentář: Výsledky a konkrétní přínos disertanta jsou již popsány v ostatních odstavcích.				
<input checked="" type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrný	<input type="checkbox"/> průměrný	<input type="checkbox"/> podprůměrný	<input type="checkbox"/> slabý

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru				
komentář: Za nejvýznamnější přínos považuji realizaci rázového kyvadla a návrh a implementaci metodiky měření a vyhodnocení experimentu. Experimentální centrum tím získalo unikátní přístroj, který rozšiřuje jeho kapacity jak pro vlastní výzkum, tak i nabízené odborné služby. Cenné jsou i poznatky získané z provedené experimentální studie a porovnání různých vláknobetonů.				
<input checked="" type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrný	<input type="checkbox"/> průměrný	<input type="checkbox"/> podprůměrný	<input type="checkbox"/> slabý

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň				
komentář: Práce je logicky strukturovaná a dobře srozumitelná. Při délce textu přes 140 stran autor zachází do přiměřené úrovně podrobnosti tak, aby čtenáři zpřístupnil základní pochopení pojednané látky, ale zároveň jej nezahltil detaily. Text je napsán vynikající odbornou angličtinou. Zápis rovnic i odkazy na literaturu splňují standard používaný ve vědeckých publikacích. Grafy, obrázky a tabulky mají velmi dobrou grafickou úroveň a vhodně doplňují text.				
<input checked="" type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrný	<input type="checkbox"/> průměrný	<input type="checkbox"/> podprůměrný	<input type="checkbox"/> slabý

Připomínky
V odborné diskusi během obhajoby by se disertant mohl vyjádřit k následujícím bodům:
1) V přehledu poznatků o vysokohodnotných vláknobetonech betonech v kapitole 2 bych považoval za vhodné zmínit v současné době široce akceptovanou definici UHPFRC dle publikace AFGC/SETRA, working group on Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete. 2013. Ultra High Performance Fibre-Reinforced Concretes - Recommendations. Association Française de Génie Civil.
2) Na začátku části 2.5.1 autor hovoří v souvislosti s popisem diagramu závislosti síly a průhybu získaného z ohybové zkoušky o deformačním zpevnění a deformačním změkčení ("strain-hardening" a "strain-softening"). Tyto termíny jsou v této souvislosti použity nepřesně: jedná se o tzv. průhybové zpevnění a změkčení ("deflection hardening" a "deflection softening"). Termín deformační zpevnění/změkčení se používá při popisu deformační odezvy materiálu při rovnoměrném jednoosém tahu (popř. tlaku). Ne každý vláknobeton, který vykazuje průhybové zpevnění, musí nutně vykazovat i deformační zpevnění. Viz např. JCI, DFRCC Committee. 2003. "DFRCC Terminology and Application Concepts." Journal of Advanced Concrete Technology 1 (3): 335–40. Naaman, A., and H. Reinhardt. 2006. "Proposed Classification of HPFRC Composites Based on Their Tensile Response." Materials and Structures 39 (5): 547–55.
3) Výpočet momentu setrvačnosti mechanismu rázového kyvadla a vzorku v Tab. 3 by bylo vhodné doplnit použitými (byť elementárními) vzorci a rozpracovanějším schématem, kde by byly patrné uvažované osy otáčení pro jednotlivé prvky.

4) Materiál popisovaný v publikaci [95], jehož složení autor použil jako vzor pro zkoušený materiál R, je velmi specifický tím, že vykazuje tahové deformační zpevnění a porušování ve formě rozptýlených trhlin (tzv. multiple cracking). Toho je dosaženo pečlivě odladěnou skladbou, přičemž použití vysokopevnostních PE vláken hraje zásadní roli. Při nahrazení PE vláken ocelovými, jak autor provedl v materiálu R, deformačního zpevnění patrně nebylo dosaženo a z hlediska dříve zmíněných klasifikací se tedy jedná o odlišné materiály.

5) Na str. 84 autor popisuje způsob výpočtu působícího zatížení při rázové zkoušce na základě grafu disipované energie proti rozevření trhliny (CMOD). Uvedený postup však považuji za metodicky nesprávný:

a) Práce síly působící na zkoušené těleso je vyjádřena jako integrál z této síly podle posunutí jejího působíště. Pro její zpětné určení tedy nelze derivovat funkci této práce (absorbované energie) podle CMOD.

b) Autor vychází s předpokladu, že graf funkce zatížení proti CMOD má vycházet z nuly. To ale není pravda, protože materiál má nenulovou tahovou pevnost a tudíž před vznikem trhliny (při $CMOD = 0$) může zkoušené těleso přenášet nenulové zatížení.

c) Způsob, který autor použil pro splnění podmínky b), tedy úpravu funkce energie vložím náhodně zvoleného bodu tak, aby její derivace pro $CMOD=0$ byla nulová, není objektivní. I malým posunutím tohoto bodu se výrazně změní sklon tečny i poloha bodu, kde přechází konvexní tvar v konkávní. Tím je tedy výrazně ovlivněna hodnota i poloha vrcholu určené křivky zatížení.

Nutno podotknout, že v závěru (str. 102) si autor některé nedostatky tohoto postupu uvědomuje.

Závěrečné zhodnocení disertace

Předložená práce splňuje ve všech bodech požadavky kladené na doktorskou disertaci a doporučuji tedy její předložení k obhajobě.

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

ano

ne

Datum: 6.3.2021

Podpis oponenta: