

Posudek disertační práce

Uchazeč Ing. Tomáš ZelenkaNázev disertační práce Přetvárné vlastnosti textilního betonuStrenght and deformation of TRCStudijní program Stavební inženýrstvíStudijní obor: Konstrukce a dopravní stavbyŠkolitel prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc.Oponent prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.e-mail jiri.kolisko@cvut.cz

Aktuálnost tématu disertační práce

komentář: Aktuálnost tématu je dle mého soudu evidentní. Disertan ve se ve své práci zaměřil na výsek materiálového výzkumu v oblasti cementové matrice vyztužené nekonvenční, tedy nekovovou výtztuží tzv. TRC (Textile Reinforced Concrete). Téma materiálového výzkumu posouvající hranice vlastností materiálů a oblasti jejich použití a korespondující se současnými požadavky na udržitelnou a ekologicky šetrnou výstavbu, které jsou u TRC materiálů jednou z podstatných charakteristik, pokládám ze více než aktuální.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění cílů disertační práce

komentář: Cíle práce jsou uvedeny v kapitole 1 na str. 16 a zahrnují 3 oblasti, které lze zkráceně uvést takto:

- Zkoumání ohybových vlastností textilního betonu kombinací experimentálního programu a numerického modelování a doprovodných výpočtů.
- Studium vlivu rozměrového efektu na stanovení pevnosti TRC v tahu za ohybu za využití experimentů a teoretických analýz.
- Studium vlivu namáhání TRC dynamickým zatížením na pevnostní charakteristiky v tahu za ohybu. Na základě zkoušek byl hodnocen vliv typu vláken (sklo, uhlík) a jejich vhodnost pro tento typ namáhání a to v souvislosti s výstupy řešenými v bodě a).

Cíle práce pokládám za poměrně ambiciózní a obsáhlé. Disertant v rámci řešení vhodně řešení zúžil na vybrané tvary těles (trámce 100x100x400 mm a 2200x150x200 mm) a 3 typy cementových matic. Z prostudované práce je zřejmé, že cíle byly krok po kroku naplňovány směrem od shrnující rešerše stavu problematiky přes návrh a realizace experimentálního programu disertantem navržených prvků, výtztuže cementové matrice a teoretických výpočtů pro porovnání s experimenty. Po prostudování předložené práce konstatuji, že navržené cíle práce byly splněny.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Metody a postupy řešení

komentář: Práce je řešena formou rozsáhlých experimentálních prací doplněných výpočtovými

analýzami a modelováním s cílem zhodnotit a verifikovat experimentální data. Vlastní experimentální činnost popsaná primárně v kapitolách 4 navazuje na rešeršní rozbor problematiky a popis aktuálního stavu v kapitolách 2-3.

V úvodní kap. 2 vyslovuje disertant některé teze a hypotézy (např. kombinovaném vlivu délky vlákna a matrice na rozměrový efekt), které pak ověřuje a rozvádí v experimentální části.

V kap. 3, která je rešeršní, věnuje pozornost komponentům textilního betonu (TRC). Podrobně se věnuje problematice soudržnosti textilního multivlákna s cementovou matricí a to jak v teoretické, tak experimentální rovině. Disertan tak vytváří dle mého názoru dobrý výchozí základ pro svoji vlastní experimentálně teoretickou práci prezentovanou v kap. 4.

Jádro disertace je uvedeno v kap. 4, která popisuje experimenty a vývody disertanta ve všech směrech výtčených v cílech práce prezentované v kap.1.

V části zaměřené na statické chování je, dle mého názoru, vhodně zvoleno zúžení na porovnávací experimenty na tělesech vyztužených skleněným (2 typy) a uhlíkovým (2 typy) typem vláknové výztuže ve dvou typech cementové matrice - směs 1 (char. pevnost v tlaku 33,9 MPa) a směs 2 (char. pevnost v tlaku 71,2 MPa) a dvou uspořádáních výztuže (pouze na ohyb, zachyující i smyk). V rámci zkušebního programu čtyřbodovým ohybem na trámcích 100x100x400 mm (3 ks každá varianta) byly získány unikátní výsledky ohybových pevností. Tyto výsledky byly konfrontovány s modely v programu ATENA 2D a výpočty mezních momentů a momentů při vzniku trhliny metodou mezních přetvoření.

V části zabývající se rozměrovým efektem byly testy na trámcích 100x100x400 mm porovnány s testy čtyřbodovým ohybem na trámcích 150 x 200 x 2200 mm (3+3 ks každá varianta) vyztužených jedním typem skleněných a jedním typem uhlíkových vláken a cementovou matricí typu 2 (71,2 MPa). Disertant mimo jiné také diskutuje hypotézu o vlivu délky vlákna na rozměrový efekt na pevnost TRC prvků. V této kapitole postrádám podrobnější popis způsobu stanovení tzv. štíhlostního poměru u trámů délky 2200 mm (jednou 14,3 následně 15,4). V této části jsou dle mého názoru výsledky prozatím ne zcela jednoznačné a průkazné. Svou prací disertant nastoluje celou řadu otázek, které si jistě vyžádají další výzkumné aktivity.

V části zabývající se chováním TRC prvků při dynamickém cyklickém zatěžování v ohybu, byly realizovány testy na trámcích 100x100x400 mm čtyřbodovým ohybem (3+3 ks každá varianta) vyztužených jedním typem skleněných a jedním typem uhlíkových vláken a cementovou matricí typu 2 (71,2 MPa) a typu 3 (114,1 MPa). Dynamické testy jsou náročné a dlouhodobé. Limit pro dostatečný počet zatěžovacích cyklů je zvolena disertantem hodnotou $10+E5$. Cyklování jednoho trámece aplikovanou frekvencí 12 Hz trvá cca 7 hodin. Tento počet cyklů je z hlediska hodnocení dynamické odolnosti, dle mého názoru, relativně nízký. Obvykle se pro dlouhodobé testy pracuje s namáháním v řádu $10+E6$ cyklů. Obdržené výsledky lze pokládat za unikátní z hlediska popisu chování prvků do i po vzniku ohybové trhliny a následného přenosu zatížení vloženou textilní výztuží při zvoleném uspořádání zkoušky a zkušebních těles. Dovolil bych si polemizovat s poměrně jednoznačným a zobecňujícím konstatováním disertanta o nevhodnosti výztuže ze skleněných vláken k vyztužování dynamicky namáhaných konstrukcí. V jím realizovaném experimentálním uspořádání bylo jistě prokázáno, že tento typ výztuže má nejhorší chování.

Kapitola 5 pak již jen stručně shrnuje výsledky prací a dává je do souvislosti s výtčenými cíli. Dle mého názoru by experimentálnímu programu slušelo doplnění o měření skutečné soudržnosti použitých cementových matric a výztuží. Nutně vzhledem ohromné šíři problematiky však muselo dojít k jejímu zúžení a nic to neubírá originalitě a unikátností získaných výsledků.

Z prezentovaného postupu řešení je patrná erudice a orientace disertanta v širší škále vědeckovýzkumných postupů a metod. Disertant prokázal schopnost systematicky řešit studované téma.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář: Disertan se ve své práci zaměřil na témata v oblasti výzkumu TRC, o kterých je velmi málo relevantních informací. Jedná se zejména o vliv rozměrového efektu na hodnocení a navrhování prvků z TRC a chování TRC prvků vystavených cyklickému mechanickému

namáhání. Dizertant realizoval a vyhodnotil rozsáhlý experimentální program v jehož rámci získal množství unikátních a dle mého názoru relevantních výsledků. Analýzou těchto údajů vytvořil základnu, na kterou by bylo vhodné navázat další vědeckovýzkumnou činností, aby bylo možné potvrdit a zobecnit některé hypotézy vyslovené v rámci disertace (vliv délky vlákna na rozměrový efekt, nevhodnost skleněné výztuže pro dynamicky namáhané prvky atd.)

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

komentář: Dostatečně popsána a ozdrojovaná experimentální data jsou vždy zásadním podkladem pro tvorbu návrhových postupů a jejich kodifikaci v předpisech a normách. Tato cesta nebývá v oblasti stavebnictví příliš snadná a krátkodobá. Každá takováto práce, vyžadující ohromné úsilí a penzum práce, je velmi cenná a z hlediska rozvoje techniky neocenitelná. Z tohoto úhlu pohledu učinil disertan velmi významný posun v rozšíření znalosti v málo probádaných oblastech chování TRC materiálu a prvků z nich vyhotovených. Bylo by vhodné ještě více získané výsledky publikačně prezentovat.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář: Práce je zpracována v českém jazyce a je velmi rozsáhlá. Má celkem 266 stran z čehož 135 stran textu včetně úvodních stran, 3 strany literárních odkazů (počet 45), 2 strany seznamu rovnic (48), 1 stranu seznamu tabulek (17) a 3 strany seznamu obrázků (64), 2 strany seznamu grafů (22). Text je členěn na 5 kapitol, kapitolu Zdroje a Přílohy takto

- 1 Cíle disertační práce - 2 strany
- 2 Úvod do problematiky textilního betonu - 3 strany
- 3 Komponenty textilního betonu - 60 stran
- 4 Experimentální část disertační práce - 55 stran
- 5 Závěr 3 strany
- 6 Seznam použitých zdrojů 3 strany

Přílohy - fotodokumentace a některé výpočty - 128 stran

Práce je celkově srozumitelná a přehledně členěna. Stylistická a grafická úprava je na dostatečné úrovni. Text je doplňován obrázky a tabulkami, které mají až na některé výjimky (obr. 11, 14, 15, 21, 33) dobrou velikost a kvalitu. K jazykové stránce z hlediska gramatiky se necítím kompetentní vyjadřovat. Četnost překlepů je dle mého pozorování nízká.

Drobný komentář si dovoluji k některým technickým aspektům popisů a textovým obrátům.

a) Uvádění výsledků experimentů a vlastností materiálů s vysokou variabilitou, jako jsou cementové matrice, na 3 desetinná místa nepokládám za zcela vhodné. Zhoršuje se srozumitelnost a vyvolává možná dojem snadno nastavitelných a ovlivnitelných parametrů těchto hmot. Obávám se že tomu tak není.

b) Popis plniva směsí (kameniva) o zrnitosti 0/4 jako štěrku (např. záhlaví tab.2 a text) nepokládám za terminologicky správné a vhodné. Jedná se o tzv. drobné kamenivo (terminologie norem). Z tohoto úhlu pohledu nemusí být popis materiálu zkušebních těles jako beton vnímán zcela jako odpovídající. Jde spíše o jemnozrnné cementové matrice pro TRC. Chápání textu disertace to samozřejmě nezhoršuje.

c) U některých rovnic chybí popis použitých symbolů a písmen nebo je nejasný. Např. v rovnici 34 je patrně chybně popis plochy betonu jako At. Patrně mělo být Ac. Rovnice 42, 45 neuvádí co znamená L i když z kontextu lze odvodit smysl. Rovnice 47 uvádí rozměr d, který v rovnici ale vůbec není. Patrně by mělo být L. Zhoršuje to srozumitelnost textu.

d) Fotografie v příloze jsou bez popisu. Je zhoršeno chápání smyslu fotek a propojení s textem.

f) Graf 14 a 15 mají jinak voleny směry osy x. jejich porovnání je obtížné. Prospělo by sjednocení.

g) V odkazech na reference je nesoulad (viz další odstavec posudku).

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Vyjádření k dodržení citační etiky

System citací nenaplnuje požadavky a pravidla pro citace dle ČSN ISO 690 Informace a dokumentace - Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů.

Seznam citovaných podkladů čítá 45 položek. Jednotlivé položky však nejsou dostatečně identifikovány a popsány. Chybí roky vydání, identifikace ISBN či ISSN, číslování stran publikace, vydavatelství atd.

V textu práce jsou uváděny odkazy na zdroje, které v seznamu zdrojů nejsou. Např. je v textu u obr. 33 a 34 odkaz na zdroj 50, který ale v seznamu čítajícího pouze 45 položek vůbec není uveden. To samé u obr. 53 je odkaz na neexistující položku 52. Těchto citačních nepřesností je v disertaci více např. u rovnice 46 pro vyčíslení size effect křivky dle prof. Bažanta s odkazem na položku 27 avšak reálně by to ukazovalo na položku 24.

Zhoršuje to srozumitelnost. Nepředpokládám záměr, avšak ukazuje to na nedůslednou závěrečnou kontrolu při finalizaci práce.

Připomínky

Práce obsahuje velké množství unikátních experimentálních výsledků, zajímavých hypotéz a rozborů prezentovaných na základě dat. K některým aspektům práce je vyjádření výše. Mimo ně bych měl následující dotazy a komentáře. Chtěl bych požádat disertanta o jeho vyjádření.

- a) Myslíte, že uvádění parametrů materiálů na 3 desetinná místa je pro použité hmoty vhodné?
- b) Rovnice 47 popisujete rozměr d – délky a vlákněné výztuže. Ve vzorci nic takového není, nemá to být L ?
- c) Z jakého zdroje byl čerpán popis kameniva 0-4 jako štěrk? Terminologicky to není zcela vhodný popis.
- d) Str. 87- Nakolik je věrohodná charakteristická pevnosti odvozená ze 3 zkoušek směsi bez znalosti jejího chování za delší časové výrobní období?
- e) Mohl byste blíže popsat pojmy „účinná výška průřezu – značeno d “ a „štíhlostní poměr – značeno λ). U statických testů uvádíte štíhlostní poměr = 3 pro trámce 100x100x400 mm, v části rozměrového efektu na str. 110 je štíhlostní poměr 3,333 pro trámce 100x100x400 mm. Jaká tomu odpovídá poloha vláknové výztuže a hodnota účinného průřezu d pro rozpon zkoušky $L=300$ mm? Jak je to pro trámec délky 2200 mm, kde uvádíte jednou $\lambda =14,3$ a jednou $\lambda =15,4$. Je to rozdílné pro výztuž ze skleněných vláken či uhlíkových?? Na obr. 61 chybí kóta pro parametr d . Kolik je uvažován?
- f) Na str. 95 uvádíte u čtyřbodové zkoušky na trémcích 100x100x400 mm řízení rychlosti zatěžování posunem 0,2 mm/s. Mohl byste tuto rychlost potvrdit či upřesnit? Vzhledem k měřeným průhybům v řádu 2-3 mm, by trvání zkoušky bylo relativně krátké (10-20 sekund). Záznam pracovních diagramů, jak jsou prezentovány, by tak mohl být velmi obtížný. Nebylo zatěžování realizováno pomaleji např. 0,2 mm/min. nebo 0,02 mm/s? Obdobně u trémců délky 2200 mm je uváděna rychlost 0,5 mm/s. Mohl byste potvrdit zda to tak bylo?
- g) Mohl byste komentovat výraznější poklesy průřezem přenášené síly, např. v grafech 2 a 3 (skleněná výztuž)? Proč u grafu 4 (uhlíková vlákna) je to významně méně zřetelné?
- h) Mohl byste komentovat co míníte pojmem „změna tuhosti průřezu“, který používáte při popisu změn sklonu větve pracovních diagramů? Nebylo by vhodnější spíše hovořit o chování strain hardening (deformační zpevnění) nebo strain softening (deformační změkčení) prvku či materiálu?
- i) Myslíte, že počet zatěžovacích cyklů $10+E5$ je z hlediska hodnocení dynamického chování dostatečný?
- j) Na str. 128 poměrně jednoznačně konstatujete nevhodnost skleněné výztuže z hlediska odolnosti na dynamické namáhání chování. Nelze zjevně horší chování tohoto typu výztuže

ošetřit např. konzervativnějším návrhem?

Závěrečné zhodnocení disertace

Disertační práce řeší aktuální technické téma v oblasti speciálního cementového kompozitu označovaného jako TRC (Textile Reinforced Concrete). Z obsahu práce je zjevné, že disertant prokazuje schopnost provádět systematickou vědeckovýzkumnou práci na odpovídající odborné úrovni. 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.

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

ano

ne

Datum: 5.9.2023.....

Podpis oponenta: