

Posudek disertační práce

Uchazeč Ing. Vladimír PŘÍBRAMSKÝNázev disertační práce Fenomén reologie UHPCStudijní program Stavební inženýrstvíStudijní obor: Konstrukce a dopravní stavbyŠkolitel doc. Ing. Lukáš VráblíkOponent doc. ing. Jiří Kolísko, Ph.D.e-mail jiri.kolisko@cvut.cz

Aktuálnost tématu disertační práce

komentář: Ve výzkumných projektech a technické praxi se stále častěji objevuje řešení problematiky moderního vysokopevnostního materiálu známého jako UHPC. Aktuálnost tématu je tedy více než zřejmá. Reologické chování tohoto materiálu (smrštění a dotvarování) je vzhledem k jeho relativnímu "mládí" stále málo prostudovanou a daty podloženou oblastí. Předkládaná práce se zabývá modifikací známého modelu reologického chování B4 (běžně používaného pro klasický beton) pro materiál UHPC. Disertantem navržená modifikace je následně využita pro návrh dílčí konstrukční části (stěn) progresivní hybridní mostní konstrukce komorového průřezu se stěnami z prefabrikovaných UHPC dílců typu "butterfly webs".

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění cílů disertační práce

komentář: Cíle disertační práce jsou uvedeny hned v úvodu na str. 1 následující:

1. Rešerše použití a rozvoje hybridních mostů.
2. Rešerše dlouhodobých charakteristik UHPC se zaměřením na vlivy, které je ovlivňují
3. Provedení a vyhodnocení experimentálního měření smršťování a dotvarování vzorků z UHPC.
4. Zhodnocení charakteristik materiálového modelu B4 pro predikci smršťování a dotvarování a extrapolace modelu B4 pro UHPC.
5. Pro UHPC stěny hybridního mostu zhodnotit možnosti optimalizace výrobního procesu.
6. Shrnutí řešené problematiky a diskuse možných využití.

Z prostudované práce je zřejmé, že cíle byly krok po kroku systematicky naplňovány kombinací teoretických i experimentálních postupů. Po prostudování předložené práce konstatuji, že navržené cíle práce byly splněny. Výsledky práce jsou komplexní, konkrétní a prakticky i teoreticky využitelné.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Metody a postupy řešení

komentář: Text je členěn na 8 kapitol a 5 příloh. Práce má celkem 199 stran z čehož 144 stran textu včetně úvodních stran a 7 stran literárních odkazů a 5 přílohy celkem 49 stran. Práce je tedy značně obsáhlá. Práce je řešena formou náročných a komplexních teoreticko - experimentálních postupů s diskusí výsledků a závěry.

V úvodní kapitole prezentuje disertant cíle své práce. V kap. 2 disertant provedl souhrnnou

rešerši problematiky kompozitních a hybridních. Vysvětluje tyto dvě základní pojmy a podrobně se věnuje tzv. hybridním mosním konstrukcím, které jsou předmětem jeho práce. V kap. 3 se věnuje odlišnostem v reologickém chování mezi běžným betonem a UHPC a v navazující kapitole 4 pak inovativním způsobům ošetřování UHPC na tyto parametry. Kapitoly 5 a 6 jsou věnovány k aktualizaci a kalibraci tzv. modelu B4 pro účely UHPC. Model B4 je využíván k predikci průběhu objemových změn a dotvarování normálního betonu a pro jeho aplikaci na UHPC je právě aktualizace a kalibrace nutná. V kapitole 5 jsou popisovány experimentální práce a měření těchto parametrů na zvolené směsi UHPC. V kapitole 6 je rozebírán postup kalibrace modelu B4 jednak na základě vlastních experimentů, ale také s přihlédnutím k údajům z literárních zdrojů. Analýzy porovnávají experimentální údaje s navrhovanými úpravami modelu B4 a vše je také porovnáváno i s dalšími modely (např. Eurokod). V jednotlivých podkapitolách kap. 6 jsou diskutovány úpravy modelu B4 vzhledem rozdílnosti materiálu UHPC a běžného betonu. Jedná se o rychlost nárůstu modulu pružnosti, úprava množství složek směsi, součinitele vlivu teploty, úprava vlivu vlhkosti, doplnění součinitele vlivu ošetřování. Unikátní je přístup disertanta k odvození 8-mi součinitelů příměsí z naměřených dat využitím generického algoritmu. Disertant sestavil vlastní programové řešení na platformě Rhinoceros 7 a jeho doplňku Grasshopper. Algoritmus je aplikován kromě vlastního měření na další 3 sady výsledků smrštění a dotvarování. V kapitole 6.8. je provedeno porovnání výsledku modifikovaného modelu B4 pro UHPC s vlastním experimentem a kapitole 6.9. s dalšími 3 sadami dostupných experimentálních dat z literatury. Na těchto porovnáních je prezentována dobrá shoda modifikovaného modelu B4 s experimenty. V následující kapitole 6.10 však disertant správně upozorňuje, že prezentované výsledky není možné vnímat absolutně a diskutuje problematická místa v kalibraci modelu B4 na UHPC jako jsou např. typ cementu z hlediska rychlosti nárůstu pevnosti, poddajnost od dotvarování při vysychání a několik dalších. Kapitole 6 by v úvodu prospěla část zahrnující byť stručný popis modelu B4, aby byla jasná myšlenková návaznost úvah a postupů disertanta na tento model. Pouze odkaz na literární zdroj není v kontextu práce dle mého názoru dostatečný. To však jistě nesnižuje hodnotu samotné práce disertanta jen ji činí méně srozumitelnou a to je vzhledem k vykonané rozsáhlé práci škoda. V kapitole 7 pak využívá disertant predikce jím modifikovaného modelu B4 aplikovaného na konkrétní směs UHPC pro návrh stěnového panelu komorové hybridní mostní konstrukce typu "butterfly webs". Současně se věnuje možnostem zlepšení vlastností stěnového prvku z UHPC v rámci prefabrikace. Podrobně je rozvíjena teze aktivního a pasivního vnesení tahových předpětí, která je podrobně demonstrována na detailní analýze návrhu a realizace předepnutého stěnového prvku systému "butterfly webs". Model B4 je vhodně využíván na predikci napjatosti a ztrát v předpětí v závislosti na různých typech uspořádání napínacího systému (ztráty pokluzem, relaxací a tuhostí), ošetřování prvku z UHPC (vzduch až pára 90 °C) a okamžiku vnesení předpětí do prvku. Analýza je podrobná a vychází z naměřených dat vlastností konkrétního UHPC v práci uvedených a disertantem provedené modifikace modelu B4. V tabulce 7.1. je uvedeno celkem 8 scénářů výroby, ošetřování a zabudování (zatížení) stěnových prvků, které jsou srovnávány. Analýzou je dokládána možnost významně eliminovat (téměř odstranit) způsobem ošetřování možné ztráty předpětí. Dále je konstatován významný vliv ošetřování teplotou na minimalizaci objemových změn UHPC vlivem dotvarování a smrštění.

Shrnutí je pak provedeno v závěrečné kapitole 8. Detaily experimentálních prací, úpravy software pro generické stanovení konstant pro příměsí a numerických analýz jsou popisovány v samostatných přílohách P1-P5.

Z prezentovaného postupu řešení je zjevná erudice a orientace disertanta v široké škále vědeckovýzkumných postupů a metod. Výsledky řešení jsou dobře popsány a prezentovány. Disertant jednoznačně prokázal schopnost systematicky řešit studované téma.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář: Konkrétní přínos disertanta se dobře kryje s jeho cíli. Realizoval a vyhodnotil rozsáhlý experimentální program s materiálem UHPC. Výsledky shrnul a porovnal s informacemi získanými v mezinárodním kontextu. Na základě takto získaných podkladů realizoval modifikaci modelu reologického chování betonu B4 pro novodobý materiál UHPC. V rámci modifikace aktualizoval software pro aplikaci generického algoritmu na stanovení konstant příměsí modelu

B4. Vytvořenou modifikaci modelu B4 využil k návrhu a parametrické analýze z hlediska scénářů výroby, předpětí a ošetřování unikátního stěnového prvku systému "butterfly webs" komorového hybridního mostu vyrobeného z UHPC. Výsledky porovnal i s dalšími používanými modely. Věnoval vysokou pozornost věrohodnosti a verifikaci modifikovaného modelu s experimentálními daty. Svou prací přispěl k modifikaci a úpravě reologického modelu B4 pro účely UHPC.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

komentář: Disertantovi se dle mého názoru dobře podařilo propojit data získaná experimenty a rešerší s teoretickými analýzami. Vytvořil modifikaci jednoho z používaných modelů B4 pro UHPC a posunul poznání ve využitelnosti tohoto modelu pro reálnou praktickou aplikaci u konstrukcí z UHPC. Podrobně rozebral a popsal možnost využití UHPC pro unikátní hybridní mostní konstrukce typu "butterfly webs", které prozatím čekají v podmínkách ČR na své využití. Rozborem také naznačuje využitelnost reologických modelů pro účely UHPC v obecné rovině. Popisuje zásadní vliv teplotního ošetřování na reologické vlastnosti UHPC a tedy následně i na návrh a realizaci prvků z UHPC. Bezpochyby lze doporučit tyto výsledky práce ještě více publikovat a pokračovat v této práci směrem k dalšímu zobecnění výsledků pro potřeby navrhování konstrukcí z UHPC.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář: Práce je logicky, srozumitelně a přehledně členěna na následující části a kapitoly:

1 ÚVOD, ČLENĚNÍ A CÍLE PRÁCE str. 1-3

2 KOMPOZITNÍ A HYBRIDNÍ KONSTRUKCE str. 4-15

3 REOLOGICKÉ VLASTNOSTI BETONU str. 16-30

4 OŠETŘOVÁNÍ UHPC str. 31-48

5 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ DLOUHODOBÝCH VLASTNOSTÍ UHPC OŠETŘOVANÉHO ZVÝŠENOU TEPLOTOU str. 49-63

6 ADAPTAČE MODELU B4 PRO POUŽITÍ NA UHPC A OŠETŘOVÁNÍ ZVÝŠENOU TEPLOTOU str. 64-116

7 POUŽITÍ OŠETŘOVÁNÍ ZVÝŠENOU TEPLOTOU PŘI PREFABRIKACI str. 117-116

8 ZÁVĚR str. 117-143

LITERATURA str. 144-150

PŘÍLOHA 1 – MANUÁL K PROGRAMU „B4 FOR UHPC“ str. 151-157

PŘÍLOHA 2 – CELKOVÝ MODIFIKOVANÝ MODEL B4 str. 158-167

PŘÍLOHA 3 – PROTOKOL MĚŘENÍ KÚ 2021 str. 168-188

PŘÍLOHA 4 – NÁVRH A POSOUZENÍ PŘEDPÍNACÍHO RÁMU str. 189 -195

PŘÍLOHA 5 – VÝPOČET ZTRÁT METODOU ČASOVÉ DISKRETIZACE str. 196-199

Obsahuje 102 obrázků a 7 tabulek. Stylistická a grafická úprava je na velmi dobré úrovni. Text je přes značný rozsah a komplexnost srozumitelný. Je dobře doplňován obrázky a tabulkami, které mají až na drobné výjimky (6.3.6, 7.15 - chybí legenda napětí) dobrou velikost a kvalitu s dobrými a srozumitelnými popisy. Na str. 128 jde patrně v textu v prvním odstavci o překlep kdy by odkaz měl být patrně na obr. 7.8 a nikoli 7.6. U obr. 7.3. postrádám vysvětlení k legendě o způsobu ošetřování vzorků. K jazykové stránce z hlediska gramatiky se necítím kompetentní vyjadřovat. Četnost překlepů je dle mého pozorování nízká.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Připomínky

K celkovému obsahu a vyznění práce nemám zásadní připomínky a pokládám ji za komplexní shrnutí řešené problematiky. V kapitole 6 postrádám byť jen stručný popis modelu B4. Přispělo by to k celkové srozumitelnosti práce. Některé drobnosti uvádím v předchozích odílech posudku.

Požádal bych disertanta o reakci k následujícím dotazům:

- 1) Proč si myslí že je optimum vláken 1 nebo 1,5 %
- 2) V textu se zmiňuje, že pro vznik trhlin je rozhodující pevnost UHPC v tahu za ohybu. Jak je to míněno ve vztahu k pevnost UHPC v prostém tahu? Jaký je mezi těmito pevnostmi rozdíl, a který typ pevnosti by disertant doporučil při návrzích prvků z UHPC používat?
- 3) Dokážete se pod pojmem reologické chování UHPC představit i jiný typ problému spojený s UHPC než řešíte ve své práci ?

Závěrečné zhodnocení disertace

Disertační práce odborným a komplexním způsobem pojednává a řeší velmi aktuální téma. Z obsahu práce je zjevné, že disertant prokazuje schopnost provádět systematickou vědeckovýzkumnou práci na vysoké odborné úrovni.

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

ano

ne

Datum: V Praze 29.5.2022

Podpis oponenta: