

Posudek disertační práce

Autor práce: Ing. Radek Hermann
Název práce: **STUDIUM A VÝVOJ POLYMER-CEMENTOVÝCH KOMPOZITŮ S DŮRAZEM NA VYSOKÝ OBSAH DRUHOTNÝCH SUROVIN A KOMPENZACI OBJEMOVÝCH ZMĚN**
Studijní obor: **P3607 Stavební inženýrství (nDK)**
Oponent: **prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.**
Jiri.kolisko@cvut.cz

Datum zadání posudku: **17.8.2023**

Aktuálnost tématu disertační práce

Aktuálnost a důležitost tématu je zřejmá a vyplývá z propojení materiálového výzkumu s akcentem na využití druhotných surovin při zachování či zvýšení užitečných vlastností výsledného materiálu. V kontextu současných požadavků na udržitelnou a ekologicky šetrnou výstavbu to platí dvojnásob. Disertant se ve své práci zaměřil na výsek materiálového výzkumu specializovaného na materiál pro sanace betonových konstrukcí s možností využitelnosti jako materiál pro lepení. Údržba a opravy povrchů betonových konstrukcí tvoří zásadní položku při údržbě a opravách infrastrukturních či průmyslových staveb. V případě nevhodného provedení dochází k velkým škodám s obtížnou nápravou. Výzkum v této oblasti je trvale aktuální.

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrné	<input type="checkbox"/> průměrné	<input type="checkbox"/> podprůměrné	<input type="checkbox"/> slabé
-------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Splnění cílů disertační práce

Cíle práce jsou uvedeny v kapitole EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST na str. 48. Hlavním cílem práce je vývoj objemově kompenzovaného polymer-cementového kompozitu pro sanaci a reprofilaci betonových konstrukcí a reprofilaci prvků z taveného čediče při velmi vysoké substituci primárních pojiv a plniv druhotnými surovinami. Z prostudované práce je zřejmé, že cíle byly krok po kroku systematicky naplňovány směrem od teoretického shrnutí stavu problematiky přes návrh a realizaci experimentálního ověření disertantem navržených hmot. Po prostudování předložené práce konstatují, že cíle práce byly splněny. Výsledky práce jsou komplexní, konkrétní a prakticky i teoreticky využitelné.

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrné	<input checked="" type="checkbox"/> průměrné	<input type="checkbox"/> podprůměrné	<input type="checkbox"/> slabé
-------------------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------------	--------------------------------

Postup řešení problému – metody zpracování

Práce je řešena formou rozsáhlých experimentálních a optimalizačních postupů s diskusí výsledků a následujícími závěry (kap. 2-11). Tyto kapitoly navazují na shrnutí stavu problematiky v úvodní kapitole 1 práce. Práce má celkem 197 stran je tedy značně obsáhlá.

V úvodní kap. 1 se disertant pokusil shrnout informace o základních používaných surovinách a mechanismech jejich spolupůsobení. Komentuje složení jednotlivých cementových a polymer-

cementových kompozitů a vysvětluje problematiku objemových změn, ke kterým běžně dochází během hydratačního procesu cementu. Tato kapitola se omezuje v zásadě na relativně povšechný a obecný popisný výčet široké škály komponent a témat. Pravděpodobně proto je poměrně stručná a ani v oblasti objemových změn se nepouští do rozsáhlejších rozborů této problematiky, což z mého pohledu komplexnosti práce neprospívá. Dovolil bych si polemizovat s rozčleněním objemových změn v kapitole 1.6.. Není mi jasný vztah a rozdíl mezi autogenním a chemickým smrštěním. Z mého pohledu se jedná o to samé. Disertant to naznačuje i vzorcem na str. 42.

Experimentální část tvořící jádro práce je naopak velmi obsáhlá a podrobná a je rozvedena v kap. 2 až 11. V kap. 2 disertant popisuje a rozvádí cíl(e) práce. Postup aktivit k dosažení cíle si disertant rozčlenil na 6 Etap (str. 60). Řešení každé Etapy si nejprve rozčlenil a podrobně popsal vývojovými diagramy v kap. 3. Popisu řešení každé Etapy a rozboru výsledků je pak věnována samostatná kapitola.

V Etapě I (kap.4) je řešen konkrétní popis prostředí, kterému bude navrhovaný materiál vystaven a měl by vzdorovat a vyhovět. Jsou vytyčeny požadavky na výsledné vlastnosti hmoty. Je uvedeno celkem 19 různých experimentálních normových i nenormových metod testování vlastností složek i výsledné hmoty. Jsou zde uvedena a shromážděna data o vlastnostech cementů, příměsí, druhotných surovin, přísad dostupných v ČR, které budou využity při hledání optimálního složení výsledného hledaného materiálu.

V Etapě II (kap. 5) je prezentován experimentální a optimalizační postup pro výběr receptury. Na základě dle mého soudu vhodně zvolených sedmi parametřů, byla ze 6-ti základních receptur neobsahující polymerní prášky a ani SRA přísady zvolena receptura B. Pro optimalizaci bylo všech 7 parametřů dále využíváno. V další části byl na 23 recepturách upravené receptury B testován vliv náhrady pojiva i plniva druhotnými surovinami. I zde je popsán podrobně optimalizační scénář pro výběr nejvhodnějšího složení s největší vahou vzhledem k soudržnosti a objemové změně. Vybrány byly 2 modifikované receptury B.

V Etapě III (kap. 6) je prezentován experimentální a optimalizační postup pro výběr redispersovatelného prášku na receptuře B stanovené optimalizací Etapě I. Byly testovány 4 polymerní prášky a 1 vodoretěčnická přísada (HPMC) vždy dvojitá dávka tedy celkem 10 receptur. Výsledek optimalizace vedl k volbě dávky 2,5 % styren-akrylátového prášku.

V Etapě IV (kap. 7) je prezentován experimentální a optimalizační postup pro výběr přísady pro kompenzaci smrštění na receptuře B stanovené optimalizací Etapě I. Bylo testováno 6 přísad na 18 recepturách. Optimalizace byla realizována pro 8 vhodně zvolených vlastností, z nichž rozhodující byly objemové změny. Výsledek optimalizace vedl k volbě dávky 15 % ACA cementu.

Etapě V (kap. 8) završuje vývoj kompozitu, kdy kombinuje receptury získané na základě výstupů experimentálních a optimalizačních Etap II až IV a porovnává je v 8-mi parametrech s dvěma výchozími recepturami. Výsledkem je receptura s vysokou náhradou kameniva, plniva druhotnými surovinami, vhodně modifikovaná přísadami pro zajištění přídržnosti a nízké objemové změny

V kap. 9 pak disertant provedl velmi zajímavou analýzu vztahu přídržnosti na 7-mi sledovaných parametrech (pevnost v tlaku a tahu za ohybu, objemová hmotnost, obrus, odolnost proti CH.R.L., smrštění – sledováno dvěma způsoby) z dat získaných v přechodících etapách řešení. Z této analýzy vyplynula jasná závislost přídržnosti na objemové změně (sledováno 2–ma způsoby - 28 dní a 72 hodin), kterou bylo možno popsat regresní analýzou a to s relativně vysokou mírou korelace (více jak 90 %). Bylo prokázáno na mnoha výsledcích, že pro zajištění vysoké soudržnosti mezi hladkým podkladem a nanášenou hmotou je zásadní minimalizovat objemovou změnu.

Rozsáhlé a komplexní výsledky řešeného problému jsou dle mého názoru dobře a srozumitelně podrobeny diskusi v kapitole 10. Shrnutí je pak provedeno v závěrečné kapitole 11.

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

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrné	<input type="checkbox"/> průměrné	<input type="checkbox"/> podprůměrné	<input type="checkbox"/> slabé
-------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Význam disertační práce pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

Konkrétní přínos disertanta se dobře kryje s jeho cílem práce. Komplexními experimentálními a optimalizačními postupy získal rozsáhlý praktický a relevantní podklad pro finální návrh velmi specializovaného cementového kompozitu s výrazným využitím druhotných surovin jak pojivu tak plnivu hmoty. Kromě komplikované a specializované oblasti reprofilyce betonových povrchů byl materiál vyvíjen také pro nanášení na nenasákavý hladký povrch čedičových prvků, což je vysoce extrémní aplikace. Testy prokázal úspěšné zvládnutí tohoto vývoje a vytvoření speciálního kompozitu dle vytčeného záměru. Na základě rozsáhlých experimentů odvodil vztah vlivu objemové změny materiálu na soudržnost s podkladem. Práce je také významná a unikátní rozsahem experimentálních prací a systematickým studiem a optimalizací jednotlivých vlivů na výsledné vlastnosti hmoty.

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrné	<input checked="" type="checkbox"/> průměrné	<input type="checkbox"/> podprůměrné	<input type="checkbox"/> slabé
-------------------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------------	--------------------------------

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Práce je logicky, srozumitelně a přehledně členěna a obsahuje celkem 197 stran. V základu je členěna na dvě části. Teoretická část v rozsahu kapitol 1 a Experimentální část v rozsahu kapitol 2-11. V kapitole 12 je uveden seznam použitých zdrojů. Obsahuje 108 obrázků (kap. 13) a 94 tabulek (kap. 14). Práce je tedy značně obsáhlá. Stylistická a grafická úprava je dobrá. Text je přes značný rozsah a komplexnost celkově srozumitelný. Je vhodně doplňován obrázky a tabulkami dostatečné velikosti a kvality. Jistý nedostatek vnímám u popisů legend v jednotlivých grafech (obrázků), který je často malým a obtížně čitelným písmem. K jazykové stránce z hlediska gramatiky se necítím kompetentní vyjadřovat. Četnost překlepů je dle mého pozorování poměrně nízká.

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input type="checkbox"/> nadprůměrná	<input checked="" type="checkbox"/> průměrná	<input type="checkbox"/> podprůměrná	<input type="checkbox"/> slabá
-------------------------------------	--------------------------------------	--	--------------------------------------	--------------------------------

Hodnocení publikační a jiné činnosti doktoranda

Hodnocení jsem provedl na základě soupisu prací uvedeném v tezích doktoranda k dizertační práci. Za období 2019-2023 je spoluautorem více jak 20 publikací v národním i mezinárodním kontextu. Přičemž 2 publikace jsou v impaktovaných časopisech Material (Q3) a Buildings (Q2). Současně se podílel na 9-ti aplikačních výsledcích, z nichž 2 jsou chráněny užitným vzorem. Další jsou funkční vzorky a jeden prototyp. Je tedy zjevné, že disertant se věnuje prezentaci výsledků výzkumu v mnoha směrech a publikační aktivity jsou na dobré úrovni.

Hodnocení:

<input type="checkbox"/> vynikající	<input checked="" type="checkbox"/> nadprůměrná	<input type="checkbox"/> průměrná	<input type="checkbox"/> podprůměrná	<input type="checkbox"/> slabá
-------------------------------------	---	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Poznámky a připomínky k textu práce

K práci samotné nemám zásadních připomínek. Chtěl bych požádat o reakci k otázkám:

- Mohl byste rozvést Váš pohled na autogenní a chemické objemové změny a v čem vidíte jejich případný rozdíl nebo shodu?
- Míchání cementů různých typů není zcela běžné a v betonářské praxi není našimi standardy povoleno. Neobáváte se nějakých změn mikrostruktury kompozitu, tj. samovolné změny hydratačních produktů složeného z OPC a ACA cementu? Nemůže dojít k samovolné degradaci např. pozdějším vznikem ettringitu?
- Jaká je dle Vašeho názoru přípustná expanze materiálu vlivem SRA přísad, aby nedošlo k případnému nevratnému poškození výsledného kompozitu?
- V kap. 9 popisujete podrobně vztah měřeného smrštění cementového kompozitu a výsledné přídržnosti k hladkému čedičovému střepu. Jaké namáhání vyvozuje smrštění nově nanášené vrstvy na podklad a proč je tedy vhodné jej eliminovat?

Závěr

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 velmi dobré 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 a aby v případě jejího úspěšného obhájení byl

Ing. Radku Hermannovi

udělen akademický titul „doktor“ (ve zkratce „Ph.D.“ uváděné za jménem).



Datum: 18.10.2023

Podpis oponenta práce: