

Posudek disertační práce

Uchazeč Ing. Kateřina Horníková

Název disertační práce Performance of Cementitious Composites Subjected to Combined Fire and Blast Loading

Studijní program Civil engineering - Structural and Transportation Engineering

Školitel Doc. Ing. Marek Foglar, Ph.D.

Oponent Prof. Ing. Vít Šmilauer, Ph.D., DSc.

e-mail vit.smilauer@cvut.cz

Aktuálnost tématu disertační práce

komentář: Téma je aktuální pro odolnost (železo)betonových prvků a konstrukcí proti požáru a/nebo výbuchu.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění cílů disertační práce

komentář: Prvním cílem bylo potvrdit vliv vzduchové permeability na odolnost proti požáru a výbuchu. Disertantka sama v závěru uvádí, že sama vzduchová permeabilita není klíčový parametr. Druhým cílem bylo zjistit vliv mechanických vlastností na odolnost, kde byl zjištěn důležitý vliv tahové pevnosti. Třetí cíl je hlubší, a to porozumění kombinovaného účinku vysoké teploty a výbuchu. Tento cíl byl splněn pomocí série experimentů a numerických simulací.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Metody a postupy řešení

komentář: Práce zkoumá nejprve vliv teploty na pěti betonech, zúžených v další fázi na tři. Vybrány byly relativně běžné vyráběné betony s a bez přísad vláken (standardní beton C30/37, příměs expandovaného jílu, recyklované kamenivo, vylehčené kamenivo, UHPC, plnivo z organických materiálů, plnivo z minerální vaty). Změřena byla objemová hmotnost, porozita, tepelná vodivost, měrná tepelná kapacita, vzduchová permeabilita, zdánlivá porozita, tlaková pevnost většinou do teploty 1000°C. Při stanovení tepelné vodivosti byla použita metoda dle EN 993-15, která ukázala spíše pokles vodivosti při vzrůstající teplotě. Metoda zdánlivé teplotní vodivosti od autorů Vejmelková & Černý ukazuje spíše nárůst vodivosti s rostoucí teplotou, metoda nesprávně započítává dalších složky zdrojů tepla (radiace, fázové přeměny, vedení vlhkosti). Metoda se proto nehodí pro porovnání s metodou dle EN 993-15. V disertaci jsou správně prováděny komparativní testy, například účinky výbuchu byly porovnány na teplotou nezatížených, jednostranně a oboustranně zatížených vzorcích. Experimenty byly detailně naplánovány a vhodně osazeny termočlánky. Některé experimenty by zasloužily opakování, například v kapitole 3.2. bylo téměř zničeno 6 desek z 12.

U experimentálních metod postrádám detailnější diskusi, například vliv nehomogenních teplotních polí na výsledné vlastnosti, vliv trhlin, či vliv velikosti vzorku. Tahová pevnost byla změřena nepřímo u třech betonů do 400°C, pro konzistenci dat bylo vhodnější změřit tahovou pevnost (resp. tah za ohybu) u všech pěti betonů při vyšších teplotách, na menších vzorcích a při pomalém nárůstu teploty kvůli odprýskávání. Uvítal bych také základní interpretaci výsledků,

například malý pokles pevností u UHPC je dán zejména vysokou dávkou ocelových drátků. Dále by bylo vhodné zmínit, jak by se lišilo chování betonu, pokud by byl výbuch proveden při zvýšené teplotě bez vychladnutí vzorků. V kapitole 3.2.4.3. se popisuje úbytek hmotnosti vlivem odpařování volné vody. V Powersově smyslu se ovšem jedná také o vliv vody adsorbované do 105°C a zejména chemicky vázané vody, tj. vody odpařitelné nad 105°C, která se nalézá v C-S-H gelech, ettringitu, portlanditu, atd. Tím se vysvětlí i větší úbytek hmotnosti v materiálu UHPFRC.

Kapitola 4 se zabývá diskretizací kontinua pomocí metody konečných prvků. Zde bych uvítal také referenci na metodu diskretních prvků (DEM), která se často používá pro řešení podobných úloh. Použitý materiálový model je popsán jako MAT_159 z Ansys LS-DYNA. Z manuálu se lze dočíst, že se jedná o izotropní model poškození s duktilním a křehkým porušování s regularizací dle velikosti prvku, tyto základní informace bylo vhodné začlenit do disertace. Při porušování dlaždic se dle mého názoru jedná hlavně o křehké poškození, kde funkce poškození závisí na maximální kladné hlavní deformaci. Pro ověření chování materiálového modelu by bylo vhodné ukázat několik jednoduchých testů v tahu a tlaku, zda model poskytuje očekávané výsledky.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář: Disertantka provedla detailnější sadu měření na pěti sadách betonů, tři sady byly analyzovány detailněji za zvýšené teploty. Jednalo se o velká množství poměrně unikátních dat, která byla publikována. Byl vytvořen konečněprvkový model pro věrohodnou simulaci chování desky při výbuchu. Výsledky byly publikovány ve třech impaktovaných časopisech, kde disertantka je hlavní autorkou u jednoho článku.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

komentář: Experimentální data betonů za vyšších teplot mají velkou hodnotu. Experimenty i model ukázaly na zásadní vliv tahové pevnosti betonů za normálních a vyšších teplot.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář: Formální úprava práce je vynikající, práce je psána čtivou angličtinou. Občas se narazí na překlepy, například na Obr. 8 má být správně na ose y tepelná kapacita, nebo věty připomínající strojový překlad „This experiment is possible to know like starts experiment of these phenomena at our workplace.“ Na str. 46 je použit termín „tension strength“ namísto „tensile strength“. Str. 62 používá „spall strain“ namísto „spall strength“.

vynikající nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Vyjádření k dodržení citační etiky

Citační etika je splněna, zdroje jsou řádně citovány. Stejný závěr je ze Zázpisu o kontrole disertační práce.

Připomínky

Během obhajoby bych rád položil následující otázky:

1. Po detonaci byla pomocí metody PDV (Photon Doppler velocimetry) měřena rychlost úlomků. Velikost a rychlost úlomků má charakter náhodných veličin, pravděpodobně se značným rozptylem. Co metoda PDV měří a dá se z výsledků dopočítat například celková energie úlomků? Je rychlost úlomků vhodný parametr pro validaci modelu?

2. Materiálové modely v LS-DYNA. Jedná se o komerční software, kde není jasná vlastní implementace. Proč padla volba na použití materiálového modelu MAT_159 pro beton a elastoplastického materiálového modelu pro ocelový rám? Provedla se verifikace materiálového modelu a citlivostní analýza modelu dlaždice? Jaký je vliv lomové energie na výsledky?

Závěrečné zhodnocení disertace

Disertace obsahuje velké množství změřených dat na betonech za normálních a zvýšených teplot. Jelikož je disertace vědeckou prací, ocenil bych detailnější interpretaci dat a detaily z vytváření numerického modelu. Rozšíření výsledků proběhlo formou třech impaktovaných článků a několika konferenčních příspěvků.

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

ano **ne**

Datum: 30.5.2023.....

Podpis oponenta:.....