

Posudek disertační práce

Uchazeč Pavel KasalNázev disertační práce Assessment of Influences on the Early Age ConcreteStrength DevelopmentStudijní program Civil Engineering (Stavebnictví)Školitel prof.Ing. Ján L. Vítek, CSc., FEng.Oponent prof.Ing. Jaroslav Halvonik, PhD.e-mail jaroslav.halvonik@stuba.sk

Aktuálnosť tématu disertační práce

komentář: Dizertačná práca sa venuje výskumu v oblasti stanovenia vývoja pevnosti betónu ranného veku s použitím metódy zrelosti betónu. Aj keď sa jedná o metódu, ktorej počiatky možno datovať do 50 rokov 20 storočia, významný vývoj v oblasti chémie a technológie výroby betónu v posledných 20 rokoch a snaha o zníženie uhlíkovej stopy pri výrobe betónov viedol k potrebe ďalšieho rozsiahleho výskumu v tejto oblasti. Ide najmä o výskum vplyvu rôznych komponentov betónu na vzťah medzi pevnosťou betónu ranného veku a zrelosťou betónu, ktorá je zjednodušene definovaná ako súčin teploty betónu a časového intervalu do uvažovaného veku betónu. Metóda bola pôvodne vyvinutá pre betóny vyrobené z portlandských cementov. Doktorand preto ako jednu zo základných premenných zvolil druh použitého cementu, keď okrem klasického portlandského cementu CEM I použil portlandské cementy s prísadami CEM II a vysokopečne cementy CEM III. Nahradenie portlandských cementov CEM I, portlandskými cementami s prísadami CEM II predstavuje jednu z ciest zníženia uhlíkovej stopy v oblasti betónového staviteľstva. Prácu preto považujem za veľmi aktuálnu.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění cílů disertační práce

komentář: Ciele DP sú uvedené v kap.1.2 práce. Jedná sa o štyri ciele, ktoré sa podľa môjho názoru podarilo splniť.

1. Cieľ: Overenie používania metódy zrelosti betónu v praxi: Či metóda zrelosti poskytuje spoľahlivé výsledky aj na stavbe s transport betónom? Aké sú odchýlky vývoja pevnosti betónu raného veku pre jednu konkrétnu betónovú zámes dodávanú pravidelne v rámci bežného stavebného projektu.

Tento problematike sa doktorand venoval čiastočne v kap.9 a najmä v kap.10. V rámci výskumu opísaného v kap.9 doktorand zistil pri opakovanej kalibrácii referenčnej betónovej zámesi (5 kalibrácií) isté odchýlky v regresných krivkách z čoho jedná bola významná. Preto pre overenie vplyvu výrobného procesu betónu na presnosť predikcie pevnosti betónu pomocou kalibračných kriviek uskutočnil experimentálny výskum, ktorý spracoval v kap.10. Pre účely výskumu boli skúšané tri betónové zámesi betónu C25/30, vyrobené z CEM II-B-S 32,5 R, ktoré sa líšili podielom jednotlivých prísad (lietajúci popolček a vápenec), Dmax a v jednej bola prísada na urýchlenie tuhnutia. Pre jednotlivé zámesi boli pripravené kalibračné krivky s použitím 66 vzoriek. Samotná validácia prebehla s dvomi zámesami. Postupne sa zo stavby odoberali vzorky betónov s rovnakým zložením zámesi vyrobené v inom čase, ktoré sa potom skúšali v laboratórnych podmienkach a získané pevnosti sa porovnali s kalibračnými krivkami. Validácia potvrdila

spoľahlivosť metódy najmä v prípade zmesi s urýchľovačom tuhnutia. Trochu horšie výsledky boli dosiahnuté v prípade druhej zmesi, keď časť zistených pevností sa nedostala do intervalu bezpečnosti kalibračnej krivky. Tento cieľ práce považujem za splnený.

2. Cieľ: Špecifikácia najdôležitejších parametrov ovplyvňujúcich vývoj pevnosti v ranom veku betónu: Aký je vplyv špecifickej zmeny pri návrhu betónovej zmesi na vývoj pevnosti betónu v tlaku, vyjadrenej pomocou kalibračnej krivky?

Ako hlavné premenné zvolil doktorand: druh, množstvo a pôvod cementu, vodný súčiniteľ, pôvod a zrnitosť kameniva, prísady (plastifikačné a urýchľovače) a prímеси (lietajúci popolček a vápenec). Riešenie tohto cieľa práce je spracované najmä v kap.8 a kap.9. V kap.8 sa doktorand venuje výskumu pri ktorom boli použité experimentálne vzorky v tvare hranolov 40x40x160 mm vyrábané z cementovej malty. Celkom bolo pevnostne odskúšaných 432 vzoriek. Kap.9 je venovaná časti výskumu, ktorá sa uskutočnila na betónových vzorkách. Ako referenčný bol použitý betón C30/37 vyrobený s použitím cementu CEM II/B-S 32,5R v množstve 360 kg/m³ s w/c = 0,50 a ako prísada 58 kg lietajúci popolček. Doktorand skúmal vplyv druhu cementu (3 druhy cementu: CEM I, CEM II a CEM III), vplyv množstva cementu, vplyv zrnitosti kameniva, vplyv prímеси a D_{max} a nakoniec vplyv urýchľovačov tuhnutia a skrátenej spracovateľnosti. Celkom bolo vyrobených a odskúšaných 135 vzoriek betónu ranného veku. Experimentálne merania potvrdili vplyv každej z už spomínaných premenných na vývoj pevnosti betónu v čase. Najväčšie odchýlky boli zistené pri druhu a množstve cementu, menšie vplyvy má zrnitosť kameniva, rôzne prímеси a D_{max}, takmer zanedbateľný bol vplyv urýchľovačov tuhnutia a skrátenej spracovateľnosti. Možno konštatovať, že aj tento cieľ sa podarilo splniť.

3.Cieľ: Nájsť odpovede na otázky: Aké odchýlky môžu mať jednotlivé zložky v dávkovaní, aby sa rekalibrácia nemusela sa vykonávať? Je možné prepočítať kalibračnú krivku na základe zmeny návrhu betónovej zmesi bez potreby rekalibrácie.

Výsledky experimentov popísaných v kap.8, kap.9, kap.10 a kap.11 dali odpoveď na vyššie uvedené otázky. Najväčší vplyv na priebeh vývoja pevnosti betónu ranného veku a kalibračné krivky mal druh a pôvod cementu, množstvo cementu, obsah vody, použitie superplastifikátora, pôvod kameniva menej významný bol vplyv prímеси a zanedbateľný bol vplyv D_{max}, použitie urýchľovačov tuhnutia a skrátenie spracovateľnosti betónovej zmesi pri betonáži v zimnom období. Možno konštatovať, že cieľ práce bol splnený.

4. Cieľ: Dať odporúčania pre aplikáciu metódy zrelosti betónu a poskytnúť špecifikácie platnosti bezpečnostných faktorov: Dajú sa pomocou vypočítaného bezpečnostného faktora podľa NEN 5970 pokryť zistené odchýlky?

Výsledky meraní na stavbe ukázali, že väčšina validačných skúšok bola úspešná a zistené pevnosti sa pohybovali v rámci bezpečnostného intervalu príslušnej kalibračnej krivky. Len jeden validačný test z trinástich vyšiel mimo rozsahu bezpečnosti krivky, ktorý bol získaný pomocou súčiniteľa bezpečnosti stanoveného podľa normy NEN 5970. Výsledky skúšok potvrdili použiteľnosť metódy zrelosti betónu na popisovanie vývoja pevnosti betónu mladého veku v Českých podmienkach. Môžem preto konštatovať, že aj tento cieľ práce sa podarilo naplniť.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Metody a postupy řešení

komentář: Dizertační práce má 13 kapitol a 3 přílohy. V prvej časti práce 2. až 5. kapitola je spracovaný teoretický background riešenej problematiky. V 2.kapitole sa doktorand podrobne venuje vlastnostiam jednotlivých zložiek betónu. 3. kapitola je zameraná na vlastnosti čerstvého betónu a na faktory, ktoré ovplyvňujú vývoj pevnosti betónu ranného veku. 4. kapitola sa zaoberá metódami stanovenia pevnosti betónu, ktoré sú rozdelené na deštruktívne a nedeštruktívne. Samotná metóda zrelosti betónu je teoretický popísaná v 5. kapitole. V tejto kapitole je aj informácia o súčasnom výskume v danej oblasti bádania, avšak je opísaný len jeden výskumný program, ktorý prebiehal v Innsbrucku.

Na základe teoretických poznatkov z prvej časti DP doktorand pripravil rozsiahly experimentálny program, ktorý bol zameraný na overenie použiteľnosti metódy zrelosti betónu na predikciu pevnosti betónu ranného veku v praxi. Experimentálny program bol orientovaný tiež na overenie

vplyvu zmeny zloženia betónovej zámesi na vývoj pevnosti betónu a kalibračnú krivku, ktorá vyjadruje vzťah medzi zrelosťou betónu a pevnosťou pri uvažovanom veku betónu. Niektoré experimenty tiež vyplynuli z poznania, ktoré doktorand získal z meraní ktoré uskutočnil v rámci výskumu. Jednalo sa napr. o overenie vplyvu produkcie betónov tej istej betónovej zámesi na presnosť kalibračnej krivky, ktorá bola experimentálne vytvorená pre danú zámes (kap.10), a skúmanie vplyvu dodatočne pridanej vody do betónovej zámesi na vývoj pevnosti a parametre kalibračnej krivky (kap.11). Za jedinečné považujem experimentálne stanovenie C-hodnoty pre cementy použité v rámci experimentálneho programu. C-hodnota predstavuje významný parameter vyjadrujúci vplyv citlivosti cementu na teplotu betónu pri výpočte zrelosti betónu M a mal by ju poskytnúť výrobca cementu. Nakoľko metóda zrelosti sa ČR nepoužíva ani český výrobcovia cementu C-hodnotami nedisponujú.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář: Doktorand potvrdil aplikovatelnost metody zrelosti betónu na stanovenie in-situ pevnosti betónu ranného veku pri realizácii stavebných objektov. Doktorand experimentálne overil významný vplyv zmeny zloženia betónovej zámesi na kalibračnú krivku najme z pohľadu druhu a pôvodu cementu, množstva cementu, vodného súčiniteľa a použitia superplastifikátora. Menší vplyv bol zistený pri zmene zrnitosti a pôvodu kameniva. V prípade prísad, bol vplyv urýchľovača tuhnutia a látok na skrátenie spracovateľnosti pre betonáž v zimnom období zanedbateľný. V prípade prísad zistil, že nahradenie vápenca, lietajúcim popolčekom viedol ku spomaleniu nárastu pevnosti betónu mladého veku cca o 3 MPa. Doktorand experimentálne overil C-hodnoty cementov použitých v rámci projektu od českých výrobcov a potvrdil veľmi dobrú zhodu s hodnotami, ktoré udáva norma NEN 5970.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

komentář: Pevnosť betónu ranného veku je dôležitá charakteristika na základe ktorej sa zhotoviteľ rozhoduje napr. o oddebnení prípadne odskrúžení betónovej konštrukcie, alebo o jej predpínaní, čo môže mať zásadný vplyv na rýchlosť výstavby. Metóda zrelosti betónu je nedeštruktívna metóda, ktorá pri správnej kalibrácii umožňuje presnejšie stanoviť pevnosť betónu ranného veku ako s použitím Schmidtovho tvrdomera, ktorý poskytuje väčšinou veľmi konzervatívne hodnoty. Použitie metódy na stavbe umožňuje takto zrýchliť výstavbu. Preto výsledky výskumnej práce sú priamo uplatniteľné v stavebnej praxi pri zhotovovaní betónových konštrukcií.

Práca má významný prínos vo vednom odbore technológia výroby betónu a zhotovovania betónových konštrukcií. Poskytuje obraz o vplyve veľkého počtu rôznych komponentov čerstvého betónu na vývoj pevnosti betónu v čase a na vzťahy medzi pevnosťou betónu ranného veku a zrelosťou betónu.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář: Práca je napísaná v anglickom jazyku, je dobre čitateľná a zrozumiteľná. Anglický jazyk je na veľmi dobrej úrovni, použité odborné výrazy sú správne. Formálne usporiadanie práce, výber fontu a riadkovania bolo zvolené vhodne z pohľadu čitateľa práce. Obrázky a tabuľky sú tiež dobré čitateľne. V tomto smere nemám k práci výhrady.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Vyjádření k dodržení citační etiky

Z hlediska citační etiky nemám ku předloženej dizertačnej práci žiadne pripomienky. Prácu možno hodnotiť ako originálnu.

Připomínky

Obr.13 Vývoj pevnosti betonu (čiarkovaná čiara) je bez alebo so zohľadnením súčiniteľa bezpečnosti 3,2 MPa?

Obr.29 kde sa meria teplota, na povrchu alebo v jadre betónovaného prvku?

Obr.40 Pomer h/a má významný vplyv na získanú pevnosť betónu v tlaku. Tu sa testovali vzorky s pomerom 1/2 (kocka 1/1, valec 2/1). Nemohol tento tvar vzorky skresliť získané pevnosti?

Obr.42 Ako bola teplota 15 a 25 stupňov celsia zakomponovaná pri vytvorení závislosti pevnosť vs. čas, na základe meraní na obr.41?

Čím si vysvetľujete, že rýchlosť nábehu pevnosti na obr.43 pre CEM II je podobná, ale 28 dňové pevnosti sa významne líšia od 53,5 MPa po 64 MPa

Tab.8 Pri výpočte súčiniteľa bezpečnosti boli uvážené nejaké testované pevnosti, o aké hodnoty ide, lebo pre každú zámes bolo urobených niekoľko skúšok?

Kap.9.3.2 a kap.10.1 S akými hodnotami napr. smerodajnej odchýlky bol vypočítaný súčiniteľ bezpečnosti pre jednotlivé zámesi?

Vždy je potrebné pri pevnostiach betónu v tabuľkách, napr. tab.11, uviesť, že sa jedná o kockovú asi priemernú pevnosť (stredná hodnota).

Kap.10.1 "walls are poured more often than slabs". Je to pravda? Máme žb. stropy podopreté stĺpmi. Asi bolo myslené na danej stavbe?

Obr.67 Kalibračná krivka mohla mať rovnakú farbu pre daný betón ako na obr.65.

Kap.10.2 Boli zisťované aj 28 - dňové pevnosti betónov, ktoré boli použité na validáciu? Napr. aké 28-dňové pevnosti dosiahli betóny po pridaní vody na stavbe?

Norma EN1992-1-1 definuje vlastnú funkciu vývoja valcovej pevnosti betónu v čase (vzorec 3.2) na základe druhu cementu. Skúsil ste overiť presnosť vzťahu a aký je Váš názor na jeho použitie v praxi.

Závěrečné zhodnocení disertace

Dizertačnú prácu považujem za významný prínos v oblasti použitia metódy zrelosti betónu pri predikcii vývoja pevnosti betónu ranného veku. Práca obsahuje mnoho nových poznatkov, ktoré sa dajú veľmi dobre a najmä rýchlo preniesť do praxe. Dizertačná práca zároveň spĺňa všetky požiadavky kladené na tento druh práce.

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

ano

ne

Datum: 20.2.2024

Podpis oponenta: