



Posudek disertační práce

Uchazeč Ing. Radek Vašátko

Název disertační práce Nelineární působení postupně stavěných □ pozemních konstrukcí

Studijní obor Konstrukce a dopravní stavby

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 Ing. Radka Vašátka sa venuje problematike deformácií betónových konštrukcií, ktoré sú významne ovplyvnené vznikom trhlín a reologickými zmenami objemu od zmrašťovania a dotvarovania betónu. Je veľmi cenne, že okrem laboratórnych skúšok s jednoznačne definovanými okrajovými podmienkami navrhol a realizoval časť experimentov na reálnych konštrukciách. Namerané deformácie potom porovnal s deformáciami vypočítanými s použitím návrhových modelov na predikciu dotvarovania a zmrašťovania betónu.

Aj keď napr. nadmerný priehyb nemá obyčajne vplyv na bezpečnosť konštrukcie, v prípade doskových konštrukcií požiadavky na tuhosť sú vo väčšine prípadov tým rozhodujúcim kritériom pre návrh hrúbky dosky. Preto primerane presná predikcia deformácií predstavuje prostriedok na zmenšenie rozmerov konštrukcie a zníženie materiálovej náročnosti pri realizácii stavebného diela.

Ďalšou zaujímavou oblasťou z hľadiska zhotovovania doskových konštrukcií je vytváranie zmrašťovacích pruhov pre elimináciu deformácií od zmrašťovania betónu najmä pri väčších dilatčných celkoch. Autor sa vo svojej dizertačnej práci venuje hodnoteniu ich efektívnosti z pohľadu dosiahnutia očakávaných cieľov, pričom svojej závery stavia na in-situ meraniach vykonaných na stropnej konštrukcií.

Z vyššie uvedených dôvodov možno dizertačnú prácu považovať za aktuálnu a získane poznatky za aplikovateľné v praxi.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění cílů disertační práce

komentář: Ciele dizertačnej práce sú zhrnuté v 2. kapitole do šiestich bodov. Ciele sú postavené realisticky aj keď hneď prvý „Vyhodnotenie experimentálneho programu.....“ nie je možné považovať za cieľ, ale skôr za prostriedok pre dosiahnutie v poradí druhého cieľa, ktorým je zostavenie výpočtového modelu panelu a zhodnotenie jeho prínosu. Vytýčené ciele sa v rámci možnosti a daných podmienok podarilo splniť.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Metody a postupy řešení

komentář: Zvolené postupy riešenia nastolených cieľov považujem za správne. Čo mi ale na úvod chýba je analýza súčasného stavu poznania v riešenej oblasti. Autor okamžite prechádza na experimentálnu časť svojej práce pričom na teoretický background sa odvoláva len

prostredníctvom referencií. Chýba mi tu vysvetlenie vplyvu „tension stiffeningu“ na tuhosť železobetónovej konštrukcie, stručný popis použitých modelov na predikciu zmršťovania a dotvarovania betónu na ktorých mohol vysvetliť čo všetko má vplyv na tieto objemové zmeny.

Problematike krátkodobých a dlhodobých priehybov sa venuje v 3. kapitole na experimentálnom spriahnutom paneli, ktorý kombinuje prvky predpätého betónu a železobetónu. Jedná sa o pomerne zložitý konštrukčný prvok tvorených z troch betónov rôzneho veku.

Vyhodnotenie krátkodobej ohybovej skúšky panela urobil doktorand porovnaním nameraných a vypočítaných deformácií. Z predloženej práce mi nie je jasné či pred skúškou urobil laboratórne skúšky fyzikálno mechanických vlastnosti použitých konštrukčných materiálov, pevnosť betónu, modul pružnosti betónu, medza klzu betonárskej výstuže a pevnosť predpínacej výstuže. Na zohľadnenie „tension stiffeningu“ použil vzťahy pre betonársku výstuž podľa platného Eurokódu 2 a zrejme aj pre predpínaciu výstuž čo viedlo ku nadhodnoteniu tohto efektu a ku skutočnosti, že modelová tuhosť bola väčšia ako reálna tuhosť panela. Aj v prípade pracovného diagramu σ - ϵ betónu by som volil diagram pre statickú analýzu a nie bilineárny návrhový diagram.

Vyhodnotenie dlhodobej ohybovej skúšky v trvaní 6 mesiacov je spracované v kap.3.2.

Namerané priehyby sú zobrazené na obr.3.16. Za zaujímavý a ťažšie vysvetliteľný považujem nárast priehybu po 120 dňoch, ktorý ale dobre koreluje so zmenami teploty prostredia. Otázna je aj kvalita modelu na predikciu deformácie, keď už pri pružnej deformácii bola odchýlka od nameraných hodnôt viac ako 100 %, pričom tento rozdiel sa objavil pri nástupe každej novej časti zaťaženia. Použitie výpočtového modelu na predikciu priehybu pre predpokladanú dobu životnosti v kap.3.3.8 potom prináša viac otázok ako odpovedí.

Zaujímavé je teoretické porovnanie efektívnosti skúšobného panela s panelmi vyrobenými klasickým spôsobom. Tu by som mal pripomenúť ku veľkosti predpínacej sily v predpätom variante ktorá bola o 40% väčšia ako pri skúšobnom paneli, čo významne zlepšilo pôsobenie prvku na úrovni SLS, pozri obr.3.40.

Problematike deformácií od reologických zmien a najmä od dotvarovania betónu sa autor venuje v kap.4. V experimentálna časť je zameraná na dlhodobé sledovanie deformácií dvoch stĺpov v budove so 6 nadzemnými podlažiami s použitím $2 \times 4 = 8$ strunových tenzometrov. Zároveň sú tenzometre osadené do $2 \times 2 = 4$ skúšobných válcov, ktoré primárne slúžia na monitorovanie zmršťovania betónu. To čo má prekvapilo bola dĺžka doby nárastu objemu betónu až do 9 dňa od betonáže, čo nie je možné pripísať len hydratačnému teplu najmä v prípade válcov. Namerané hodnoty reologických deformácií však možno považovať za realistické.

Predikcia objemových zmien bola urobená s použitím 3 modelov, chýbal mi normový model EN1992-1-1, príloha B. Z uvažovanej hodnoty pevnosti betónu 58 MPa je zrejme, že autor nepoužil pri analýze skutočnú pevnosť betónu ani nemeral moduly pružnosti použitých betónov. Aj napriek tomu prezentované grafy ukazujú veľmi dobrú zhodu predikcia vs. merania najmä v príp. stĺpa F4. V prípade stĺpa F3 všetky modely podhodnocujú namerané deformácie s výnimkou upraveného modelu B4. Získané výsledky ukazujú, že aj pre zložitejšie systémy je možné vykonať prijateľne presnú predikciu reologických deformácií.

Tretia časť práce je zameraná na monitorovanie deformácii stropných dosiek od zmršťovania betónu a efektívnosti zmršťovacích pruhov z hľadiska zníženia namáhania dosky od objemových zmien betónu. Na meranie bolo použitých $2 \times 4 = 8$ strunových tenzometrov osadených na 2 miestach v konštrukciách orientovaných v dvoch navzájom kolmých smeroch pri hornom a spodnom povrchu. Pozíciu tenzometrov v bode „1“ nepovažujem za najlepšiu nakoľko tenzometre v smere viazanej deformácie sú významne ovplyvnené ohybovým namáhaním dosky čo je zrejme aj z obr.5.6. V prípade bodu 2 delenie na smery voľna a viazaná deformácia stráca zmysel. Predikcia deformácií bola opäť urobená s modelmi MC2010, B3 a B4.

Určenie napätosti v stropnej doske spracované v kap.5.5 nie je možné urobiť len na základe meraní nakoľko sa nejedná o voľné ale viazané zmršťovanie. To znamená, že do výpočtu by mali vstupovať aj sily ktoré vznikajú z obmedzenia vynútenej deformácie, napr. tuhosťou stĺpov, stien a pod.

Posledná časť práce je venovaná vplyvu modulu pružnosti betónu na priehyby konštrukcie. Je nespochybniteľné, že modul pružnosti má zásadný vplyv na deformáciu konštrukcie. Čo mi v tejto časti chýba je analýza príčin rozptylu hodnôt modulu pružnosti betónu, pozri obr.6.2. Je to napr. použité kamenivo, jeho mineralogické zloženie ako aj krivka zrnitosť. Chýbajúce 2 frakcie

kameniva môžu zásadne znížiť modul pružnosti betónu.

V prípade štatistickej analýzy nemyslím si že uvedené variačné koeficienty, napr. pre dlhodobý priehyb, sú tak nízke. Výsledný variačný koeficient V_{rt} je odmocninou súčtu štvorcov $k_i \cdot V_{X_i}$ jednotlivých náhodných premenných X_i , ktoré majú vplyv na priehyb pričom faktor k_i vyjadruje ich váhu. Takže skutočný CoV pre dlhodobý priehyb bude niekde okolo 0,35 až 0,40 (35% až 40%). Menšia hodnota bude samozrejme pre krátkodobý priehyb, ale určite cez 20%.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář: Dizertačná práca je určite zaujímavým príspevkom v oblasti monitorovania a predikcií deformácií betónových konštrukcií. Za veľmi prínosné hodnotím najmä dlhodobé merania deformácií stĺpov a kvalitné predikcie reologických pretvorení, ktoré poskytli aj predstavu o presnosti 3 vybraných modelov, pričom výsledky meraní boli aj istým impulzom pre autorov modelu B4 na jeho korekciu. Rovnako merania deformácií od zmrašťovania vykonané na stropnej doske poskytujú cenné poznatky o menšej efektívnosti zmrašťovacích pruhov pri realizácii stropných dosiek.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

komentář: Experimentálne merania vykonané na polopredpätých paneloch potvrdili funkčnosť navrhutej technológie výroby, ktorá zahŕňa spojenie 3 betónov rôzneho veku do jedného celku. Merania deformácií stĺpov potvrdili možnosti dlhodobého monitoring pôsobenia tlačných prvkov v konštrukcií čo môže mať veľký význam pre návrh monitoringu u výškových budov s mimoriadne veľkým osovým namáhaním stĺpov, alebo stien. V prípade betonáže dosiek, ktoré tvoria veľké dilatčné celky, doktorand poskytol dôležité informácie z pohľadu navrhovania zmrašťovacích pruhov.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář: Práca je spracovaná prehľadne na dobrej jazykovej úrovni. Odborné výrazy sú používané správne. Väčšina obrázkov a grafov je dobre čitateľná. V niektorých grafoch sú použité pre čiary len rôzne odtiene jednej farby čo zhoršuje ich prehľadnosť, napr. obr.3.8 až obr.3.13, obr.3.30 a obr.3.31 až obr.3.35. Niektoré obrázky sú trochu horšej kvality, napr. obr.4.2 a obr.5.2.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Připomínky

Kap.3.2.2: Obr.3.4 nepredstavuje časovú závislosť, ale závislosť zaťaženie vs. priehyb.

Kap.3.2.2 a kap. 3.2.3: Používaný pojem medza klzu predpínacej výstuže, existuje medza klzu u ocelí tvarených za studená?

Kap.3.3.3: „Vlivem dotvarování dochází k vzniku sekundárních vnitřních sil“. V dôsledku tohto javu a tiež v dôsledku rozdielneho zmrašťovania betónov rôzneho veku vznikajú tzv samorovnovážne napätia v prvku, ktoré by som ale neoznačoval za sekundárne vnútorné sily? Samorovnovážne napätia sú spojené s deformáciou prierezov prvku (krivosť a normálové pretvorenie). Ak obmedzíme tieto deformácie staticky neurčiteľnými väzbami vzniknú sekundárne vnútorné sily (ohybový moment, osová sila). Ak máme statický určitý prvok tak sekundárny nevzniknú.

Kap.3.3.5, str.22: Vplyvom rozdielneho zmršťovania a dotvarovania nevzniká po zabetónovaní prúta záporný ohybový moment v prvku. Od rozdielneho zmršťovania vzniká krivosť, ktorá zväčšuje priehyb a naopak od rozdielneho dotvarovania krivosť, ktorá znižuje priehyb. Ohybový moment v priereze by vznikol ak by sme tieto deformácie obmedzili staticky neurčitými väzbami (sekundárne vnútorné sily).

Kap.3.3.7, str.25 a str.26 dole: Rozdielne zmršťovanie horného a dolného betónu spôsobuje rovnakú krivosť ako kladný ohybový moment v priereze, ale nie samotný moment a tiež normálové pomerné pretvorenie ako osová sila ale nie samotnú osovú silu. Jedná sa o samorovnovážny stav.

Kap.3.3.8: Kombinační hodnota užitečného zatížení, správne kvázi-stála hodnota. Kombinačná hodnota je väčšia ako kvázi-stála hodnota

Boli skúšané fyzikálne mechanické vlastnosti betónov a výstuže pri niektorom z experimentov?

Kap.4.2.2: Čo podľa vášho názoru spôsobuje zväčšovanie objemu vzoriek v prvých 10 dňoch od ich betonáže?

Kap.4.4: Prečo nebol na predikciu dotvarovania použitý model ČSN EN 1992-1-1?

Kap.5.1.2: Prečo bol bod „1“ umiestnený v mieste maximálnych kladných momentov?

Kap.5.4.1, str.76: Píšete, že bol použitý cement s normálnym nárastom pevnosti, C32,5 R aj keď písmeno „R“ naznačuje, že sa jedná o rýchlo tuhnúci cement Rapid hardening cement.

Závěrečné zhodnocení disertace

Na základe vyššie uvedeného hodnotenia môžem konštatovať, že predložená práca je spracovaná na dobrej úrovni. Poskytuje množstvo nových informácií a poznatkov v oblasti monitorovania a predikcie deformácií betónových konštrukcií. Práca spĺňa podmienky kladené na dizertačné práce a preto odporúčam po úspešnej obhajobe udeliť Ing. Radkovi Vašátkovi hodnosť "PhD - philosophie doctor" v štúdiom programe Konstrukce a dopravní stavby.

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

Datum: 13.10.2020

Podpis oponenta: 