

doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D.
Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky
Ludvíka Podéště 1875/17
708 33 Ostrava - Poruba

Oponentský posudek disertační práce Ing. Libora Puklického s názvem:

Analýza spolehlivosti tlačných ocelových sloupů se stojinou obetonovanou betonem vysoké pevnosti

Oponentský posudek je vypracován v bodech, které jsou požadovány podle žádosti 978/2014.

a) Aktuálnost tématu disertační práce:

Předložená disertační práce se zabývá analýzou spolehlivosti tlačných ocelobetonových sloupů se stojinou obetonovanou betonem vyšší pevnosti. Ocelobetonové nosné prvky představují z hlediska únosnosti, požární bezpečnosti i ekonomické výhodnosti velmi progresivní způsob tvorby nosných systémů. Využití vysokopevnostních betonů v dané oblasti navíc není ještě zcela podloženo platnými normovými postupy, takže jakákoliv vědecká práce v dané oblasti je velmi přínosná. **Námět disertační práce proto hodnotím jako velmi aktuální.**

b) Splnění stanovených cílů:

Cíle disertační práce byly přehledně definovány v kapitole 1.1. Práce si klade za cíl zejména:

- odvodit numerický způsob stanovení vzpěrné únosnosti kloubově uloženého ocelobetonového sloupu s obetonovanou stojinou s využitím betonu vysoké pevnosti,
- provést citlivostní analýzu vstupních veličin a stanovit, které materiálové a geometrické charakteristiky nají na výslednou únosnost dominantní vliv,
- provést analýzu vlivu vlastních pnutí, dotvarování a smršťování betonu na únosnost daného nosného prvku,
- stanovit únosnost daného nosného prvku s využitím stochastického modelování,
- porovnat vypočtenou únosnost s únosností získanou podle Eurokódu 4, provést zhodnocení možnosti použití daného normového předpisu i pro betony vyšších pevností.

Práci jsem pečlivě prostudoval a mohu **konstatovat, že stanovené cíle práce byly splněny v rozsahu, který odpovídá požadavkům kladeným na disertační práce s podobným tematickým zaměřením.**

c) Postup řešení problému a výsledky disertace s uvedením konkrétního přínosu doktoranda:

Hlavní závěry práce, které představují konkrétní přínos disertanta danému vědním oboru, jsou uvedeny v kapitole 8. Namátkou uvádím:

- ověření experimentálně získaných dat odvozeným numerickým modelem s uvažováním geometrické i fyzikální nelinearity,
- stanovení dominantních vstupních parametrů při stanovení vzpěrné únosnosti tlačeného ocelobetonového nosného prvku na základě citlivostní analýzy,
- ověření příznivého vlivu obetonování ocelového průřezu s ohledem na působení vlastních pnutí v ocelové části průřezu,
- ověření zanedbatelného vlivu dotvarování betonu na vzpěrnou únosnost tlačeného ocelobetonového nosného prvku,
- ověření zanedbatelného vlivu smršťování betonu na vzpěrnou únosnost tlačeného ocelobetonového nosného prvku,
- zhodnocení možnosti použití EC4 pro tlačené ocelobetonové nosné prvky s vyšší pevností betonu.

Při řešení problému disertant využil přiměřené nástroje pro matematické a stochastické modelování. **Zvolené postupy řešení stanovených cílů i výsledky dosažené v rámci disertační práce lze tedy považovat za přiměřené a správné.**

d) Význam pro praxi nebo pro rozvoj vědního oboru:

Práce zcela nepochybně rozšiřuje stav poznání v problematice matematického modelování ocelobetonových nosných prvků, jejich využití v projekční praxi i v souvislosti s využitím betonů vyšších pevností. **Poznatky, které byly získané v rámci řešení disertační práce, proto považuji za přínosné.**

e) Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň:

Předložená práce je na vysoké jazykové i formální úrovni s minimem jazykových chyb a formálních nedostatků, které nemají na vysokou úroveň předložené práce vliv. Namátkou uvádím alespoň:

- Odborný text by měl být veden zejména v odosobnělé rovině. Např. věta: „Předpokládejme, že síla F , kterou je sloup zatížen, se skládá ze síly F_o , kterou přenáší ocelová část průřezu, a ze síly F_b , kterou přenáší betonová část průřezu, přičemž platí statická silová podmínka...“ by měla začínat spíše: „Za předpokladu, že síla F , ...“ Na uvedeném textu bych rovněž upozornil na přílišnou délku některých souvětí, která by byla vhodná vzhledem k udržení myšlenky rozdělit na kratší celky. Rovněž uvedený text obsahuje nedostatky v interpunkci (zde ve vybraném souvětí opraveno).
- V textu jsou až na malé výjimky (str. 18 nahoře – „Výchylka ve směru osy y ...“ – proměnné se uvádějí kurzívou, vzorec 4 – diferenciál by měl být uveden s kolmým písmem, tedy např. dx , str. 18 poslední odstavec – „Po dosazení za y_1 ...“ – konstanty se uvádějí kolmým písmem, obr. 2.3 až 2.5, str. 22 – konec prvního odstavce - C_a , atd.) dodržena pravidla pro formátování aritmetických výrazů podle ČSN ISO 80000 – Veličiny a jednotky.
- Drobné překlepy a jazykové prohřešky (např. str. 18 – „prut je vyroben ve tvaru **afinním**“).

f) Doplnující otázky a komentáře:

V souvislosti s hodnocením disertační práce uvádím své otázky, připomínky i komentáře v následujících bodech:

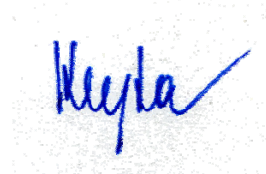
- V abstraktu práce se hovoří (cituji alespoň 1. odstavec): „Předložená práce se zabývá teoretickou analýzou mezního stavu únosnosti. Pro řešení byly využity výsledky experimentálního výzkumu, který probíhal na Ústavu kovových a dřevěných konstrukcí pod vedením doc. Karmazínové a prof. Melchera. Geometricky a fyzikálně nelineární řešení vycházející z Timošenkova řešení je verifikováno MKP modelem v programovém prostředí ANSYS. Při řešení je zohledněn náhodný vliv počátečních imperfekcí, většina materiálových a geometrických charakteristik byla měřena a jsou známy jejich statistické charakteristiky. Následující model MKP nejen verifikuje teoretické řešení, ale postihuje trojosou napjatost a lépe tak umožňuje pochopení mechanismu působení ocelobetonového prvku.“ Myslím si, že tato formulace abstraktu je dosti nešťastná, neboť z něj není zřejmé, co je předmětem bádání v rámci této disertační práce. Co má disertant „teoretickou analýzou mezního stavu únosnosti“ na mysli? Jedná se o obecnou analýzu v rámci teorie spolehlivosti nebo je tato analýza vztažena na konkrétní typ nosného prvku? Název práce sice obsahuje termín „tlačený ocelový sloup se stojinou obetonovanou betonem vysoké pevnosti“, ten by se ale měl objevit v rozšířené podobě i v abstraktu. Není proto zřejmé, o jaký konstrukční typ sloupu se jedná, není zřejmá ani bližší specifikace betonu, kterým je ocelový sloup obetonován. Abstrakt přitom podle mého názoru obsahuje řadu ne zcela podstatných údajů (např. hned ve druhé větě informace, kde probíhal experimentální výzkum, jehož výsledky byly v práci využity). **Myslím si, že by bylo proto vhodnější v abstraktu lépe popsat skutečnou podstatu disertabilní části práce**, což se v daném případě nestalo.
- Práce se zmiňuje o normě ČSN EN 1994-1-1, která má ale platnost omezenou přesně definovanými pravidly používání. Vzorec 1 např. obsahuje vztah pro výpočet ohybové tuhosti EI v souladu s ČSN EN 1994-1-1. Tato norma ale nepokrývá metodiku navrhování spřažených konstrukcí z betonu vyšších pevností než C60/75 (v daném případě C70/85). Je tedy použití tohoto vztahu správné?
- Podle této normy má být beton u průřezu s obetonovanou stojinou vyztužen a připojen mechanicky k ocelovému průřezu. Smykové spojení u spřažených sloupů a tlačených prvků není vyžadováno, pokud je zatížení vnášeno koncovými deskami, jejichž kontakt v tlaku je zajištěn i při uvážení dotvarování a smršťování. Jedná se i o případ tlačeného sloupu, který je řešen v předložené práci (z obr. 2.2 tato skutečnost není zřejmá)? Pokud výpočet není vztažen k této normě, jaké jsou výchozí předpoklady řešení analyzovaného sloupu, např. v souvislosti se smykovým spojením obou materiálů a vlivem dotvarování a smršťování?
- Jakým způsobem bylo zohledněno smykové spolupůsobení mezi betonem a ocelí u numerického modelu v programu ANSYS? Jakým způsobem bylo modelováno kontaktní napětí mezi oběma materiály?
- Kap. 5.3 nese název „Základní numerické simulační metody“. Jsou v ní uvedeny také metody FORM, SORM a SFEM? Je v pořádku, že jsou tyto metody zmiňovány v kapitole s tímto názvem? Jaká je podstata výpočtu s využitím těchto metod?
- Na str. 99 se hovoří o nutnosti provádění relativně velkého počtu simulací při statistické analýze teoretického řešení a MKP. Jsou uvedené počty simulací při výpočtu dostatečné? Jak lze u pravděpodobnostních výpočtů odhadnout na základě

počtu provedených simulací nepřesnost dosaženého výsledku? V prvním odstavci kapitoly 7.1 je uveden pojem spolehlivý odhad. Co má disertant pod pojmem „spolehlivý“ na mysli?

- Jaký význam má při statistické analýze mezního stavu únosnosti 0,1 % kvantil? Proč byla zvolena právě tato hodnota? Má tato hodnota nějakou souvislost s ČSN EN 1990?
- V tab. 3 na str. 46 je uvedeno disertantovo bodové ohodnocení vlivu jednotlivých vstupních veličin na výslednou únosnost nosného prvku. Nebylo by vhodné podobnou citlivostní analýzu provést i v rámci statistické analýzy v kap. 7 s využitím získaných vstupních náhodných veličin popisovaných v kap. 6 - např. s využitím Sobolových citlivostních koeficientů?
- Závěrem bych rád ocenil nadstandartní publikační činnost disertanta, která se opírá zejména o články v impaktovaných časopisech (4x, z toho 1x jako první autor) a na prestižních zahraničních konferencích (14x, z toho 4x jako první autor).

g) Závěrečné zhodnocení:

Jedná se o kvalitní disertační práci, která nepochybně přispívá k rozvoji řešené problematiky.
Doporučuji proto, aby byla disertační práce přijata, a aby byl po úspěšné obhajobě Ing. Liborovi Puklickému udělen titul Ph.D.



V Ostravě, březen 2015

doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D.