

*doc. Ing. Viktor Borzovič, PhD.*

## Oponentský posudok dizertačnej práce

### STATICKÁ ANALÝZA ŽELEZOBETONOVÝCH STĚN S DODATEČNĚ PROVEDENÝMI OTVORY

Autor: Ing. Ondřej Šimek  
 Školitel': doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.  
 Školiace pracovisko: Ústav betonových a zděných konstrukcí,  
 Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně

#### Úvod

Na základe poverenia prof. Ing. Rostislava Drochytka, CSc., MBA, dr.h.c., dekana FAST VUT zo dňa 11.12.2023 je vypracovaný tento oponentský posudok dizertačnej práce Ing. Ondřeja Šimka v zmysle čl. 46 Studijného a zkušebního řádu VUT.

#### Aktuálnosť zvolenej témy

Bytové domy z betónových panelov tvoria podstatnú časť bytového fondu nielen v Českej republike. Nové otvory v existujúcich konštrukciách sa v praxi vyskytujú čoraz častejšie. Dodatočné zásahy predstavujú komplexný problém, ktorý sa bohužiaľ často rieši len okrajovo. Statická analýza je v praxi riešená len zjednodušenými modelmi. Dôkazy, či tieto modely vystihujú skutočné správanie alebo sú či spoľahlivé, chýbajú.

Preto overenie zjednodušených modelov pôsobenia betónových stien s dodatočnými otvormi pomocou pokročilých výpočtových metód, podložených aj experimentálnym výskumom považujem za potrebné a tým pádom aj tému dizertačnej práce za aktuálnu.

Hodnocení:

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

#### Splnenie cieľov dizertačnej práce

Dizertačná práca sa zaoberá dvomi typmi nosných stenových prvkov ovplyvnených otvormi:

- panelové steny namáhané zvislým zaťažením,
- stužujúce výplňové steny.

K obojm typom konštrukčných prvkov si doktorand stanovil viacero dielčích cieľov.

Podrobnejšie sa doktorand venoval v práci panelovým stenám s dodatočným otvorom. Analýza problematiky bola podporená rozsiahlym experimentálnym výskumom: desiatimi stenovými prvkami v mierke 1:2, štyrmi stenami a šiestimi stenovými piliermi v reálnej veľkosti.

Vytýčene dlhšie ciele predstavujú postup riešenia dizertačnej práce, ktoré autor naplnil za pomoci vyhodnotenia experimentálnych meraní a numerickou analýzou.

Doktorand týmto preukázal vedecký charakter svojej práce. Je možné konštatovať, že dizertačná práca splnila stanovené ciele.

Hodnocení:

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

### Postup riešenia a metódy spracovania

Autor sa v úvode práce venoval rešerši a súčasnému stavu problematiky. Po definovaní cieľov nasledujú metódy spracovania. Ťažisko riešenia problematiky panelových stien je spracované v kap. 6 a stužujúcich stien v kap. 7.

Pre oba konštrukčné typy stenových prvkov je riešenie založené na kombinácii experimentálnych meraní s konfrontáciou s numerickým modelovaním. Vyhodnotenie je založené na posúdení napätostného stavu a odolností kritických prierezov. Na základe výsledkov bola navrhnutá aj metodika pre posúdenie stien s dodatočnými otvormi.

Zvolený postup riešenia a metódy spracovanie sú adekvátne pre riešenie dizertačnej práce v danom odbore. Oceňujem najmä realizovanú rozsiahlu experimentálnu kampaň.

Hodnocení:

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

### Prínosy pre rozvoj vedného odboru a prax

Prínos práce vidím najmä v popise metodiky pre posudzovanie stien s dodatočnými otvormi a analýze rozdielov pôsobenia medzi dodatočným a predom vytvoreným otvorom. Zásadné je konštatovanie, že rozdiel je v tomto prípade zanedbateľný.

Väčšiu váhu a dôležitosť výsledkov dávam analýzám panelových stien s dodatočnými otvormi z pohľadu praxe. Stužujúce výplňové steny sú veľmi komplikované konštrukčné prvky pre ich pôsobenie, ale naopak vidím menší význam pre prax.

Hodnocení:

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

### Formálna úprava dizertačnej práce a jej jazyková úroveň

Práca je napísaná prehľadne a zrozumiteľne s dobrou grafickou úrovňou. Niektoré obrázky a popisy v nich by som však prijal vo väčšom formáte.

Hodnocení:

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

### Hodnotenie publikačnej a inej činnosti doktoranda

Doktorand je autorom, resp. spoluautorom 16 publikácií, z toho 3 sú vedené v databáze Scopus. Väčšina z nich predstavuje priamu súvislosť s riešením dizertačnej práce. Výsledky práce sú zaujímavé, experimentálny výskum má veľmi veľký rozsah, preto je vhodné výsledky publikovať aj v indexovaných časopisoch.

Hodnocení:

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

### Pripomienky a otázky

Predložená práca a jej rozsiahle experimentálne výsledky sú vyhodnotené precízne na výbornej odbornej úrovni. Z hľadiska formálneho ako aj vecného spĺňa všetky atribúty dizertačnej práce. Ďalej uvedené pripomienky a otázky sú doplňujúce, majú formálny charakter, poprípade sú to námety do diskusie a ďalšej práce.

- Str. 9, Kap. 2.1.1 Modelovanie stien. „Stěnové výpočtové modely jsou analyzovány za lineárně pružného působení betonu se zohledněním porušených či neporušených styků stěnových dílců.“ Zaujímalo by ma, čo znamená porušenie stykov, ktorých stykov stien a ako je to možné zohľadniť v lineárnej analýze?
- Str. 40, Model fixovaných a rotujúcich trhlín. Čo rozhodlo o výbere typu týchto modelov pre panelové (kap.6) a stužujúce steny (kap.7)?
- Str. 41, Konečné prvky. Prečo autor zvolil priestorový model s priestorovými prvkami, keď experimentálne vzorky aj modelované konštrukcie boli zaťažované v strednici steny?
- Str. 45, obr. 6.4. Schéma zaťaženia experimentálnych stien s dodatočným otvorom. Aký bol zámer pri zaťažovaní dvojicou oceľových nosníkov? Vyvodit' spojité zaťaženie? Autor správne vyhodnotil, že dochádza k zaťažovaniu v dvoch bodoch na okraji dolného nosníka, avšak s neistotami v kontaktnej ploche a ťažisku pôsobiacej sily, ktorá sa podľa deformovaniu nadpražia steny môže meniť.
- Str. 50, Tab. 6.4 Materiálové vlastnosti. Prečo bola zvolená taká vysoká pevnosť pre stenové prvky,  $f_{c,cube} = 71$  MPa? Existujúce stenové systémy majú výrazne nižšie pevnosti betónov. Nachádzajú sa väčšinou v priaznivých prostrediach XC1. Pre stanovenie pevností sú vhodné aj vzorky valcov nielen kocky. V práci je pre  $f_{c,cyl}$  uvádzaný ako trámec? Betón má nízky modul pružnosti navzdory vysokej pevnosti.
- Podopretie stenových panelov s dodatočnými otvormi je celoplošné (obr. 6.4). V modeli po vyrezaní otvoru bol vložený kĺb do stredu stenového piliera. Čo pri deformáciách umožňuje natočenie prierezu päty stenového piliera (obr. 6.26). Preto výsledky v tejto oblasti nemusia byť kompatibilné pri porovnaní model vs. experiment.
- Str. 75, Tab. 6.10 Materiálové vlastnosti.  $E_c = 21$  GPa, veľmi malá hodnota modulu pružnosti.
- Str. 81, kap. 6.3.3. Pri posudzovaní SLS (trhliny, priehyb) sa mi zdá vhodné posudzovať nadpražia na otvorom od zaťaženia stropných dosiek. Steny vyšších podlaží prenesú zaťaženie z vyšších

podlaží priamo do pilierov. Od tohto zaťaženia by boli zaujímavé hodnoty pretvorení a deformácii, ktoré by bolo vhodné posúdiť s odporúčanými hodnotami L/500, resp. L/800.

- Str. 123, Metodika pre posúdenie samostatných pilierov. Autor uvádza, že posúdenie pomocou interakčného diagram a lokálneho namáhania nie je príliš vhodný pre posúdenie samostatných pilierov. Experimentálne vzorky sa porušovali lokálnym namáhaním v päte alebo hlave pilierov, preto interakčný diagram pri posudzovaní je len kontrolná metóda, ale nie je vhodná pre vyhodnotenie výsledkov. Je lokálne porušenie bežné pre stenové piliere? Nie je excentricita použitá pre experiment príliš veľká v porovnaní s bežnými detailmi panelových sústav?
- Str. 128, kap. 6.8.2. Modelovanie so škárou medzi panelmi zohľadnenej modulom pružnosti v šmyku malty s hodnotou 6,25 GPa je veľmi zaujímavé. Výsledky pôsobenia najmä  $\sigma_x$  (obr. 6.156a) sú odlišné ako pri uvážení klasických stien napr. obr. 6.3. Vplyvom uváženia škáry sa javí namáhanie steny o poschodie vyššie nad otvorom ešte nepriaznivejšie ako samotné nadpražie nad otvorom. Spiaca výstuž by nebola efektívna/efektívnejšia aj pri spodnej časti steny?
- Str. 131, obr. 6.157. Snímač T3 naznačuje väčšie namáhanie nadpražia ako v modeli. Je model s maltovou škárou správny?
- Môžete uviesť príklady skeletov so stužujúcich betónovými výplňami? Sú to bežné konštrukcie?

### Záver

Uchádzač spracovaním dizertačnej práce preukázal spôsobilosť k samostatnej tvorivej vedeckej práci v zmysle § 47 zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a změnách a doplnění dalších zákonů.

**Na základe vyššie uvedených skutočností navrhujem prijať dizertačnú prácu k obhajobe, a aby po úspešnom obhájení doktorandskej dizertačnej práce bol Ing. Ondřejovi Šimkovi udelený akademický titul „doktor“ (v skratke Ph.D.).**

V Bratislave 3.2.2024.



doc. Ing. Viktor Borzovič, PhD.