



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

**STATICKÉ ŘEŠENÍ DÍLČÍCH ČÁSTÍ
ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE**

REBUILDING OF FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Pavλίna Prekopová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVARÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Pavλίna Prekopová
Název	Statické řešení dílčí části železobetonové konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Stavební podklady – situace, půdorysy, řezy

Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura: na základě doporučení vedoucím práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadaný objekt rodinného domu zpracujte návrh vyztužení stropní desky původního stavu a nového stavu po stavebních úpravách (vybourání stěny).

Statickou analýzu proveďte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou).

Vypracujte výkres tvaru stropní konstrukce a podrobné výkresy výztuže pro starý i nový stav.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Práca sa zaoberá rekonštrukciou rodinného domu. Jej cieľom je posúdenie stávajúcej stropnej koštruktie a dimenzovanie výstuže z dôvodu chýbajúcich podkladov. Vnútorne sily na doske sú získané pomocou metódy konečných prvkov, na ktoré je doska nadimenzovaná. Vzhľadom na to, že sa pôvodná stavba nadstaví o jedno nadzemné podlažie je nutné vyhotovenie otvoru pre schodisko do stávajúcej stropnej koštruktie a vybúranie nosnej steny kvôli zlepšeniu dispozičného riešenia. Zásah do pôvodnej koštruktie má za následok prerozdelenie návrhových vnútorných síl a tým pádom je potrebné dovystuženie stropnej koštruktie. Pre dovystuženie sú zvolené a nadimenzované externe lepené uhlíkové lamely. Namiesto pôvodnej vybúranej nosnej steny sa vyhotoví otočené rebierko, ktoré sa spriahne so stávajúcou stropnou koštrukciou pomocou strmeňov. Všetky výpočty boli prevedené v súlade s normou.

KLÍČOVÁ SLOVA

rodinný dom, rekonštrukcia, monolitická železobetónová stropná doska, železobetón, zaťaženie, dimenzovanie, posúdenie, vnútorné sily, výstuž, betón, metóda konečných prvkov, prerozdelenie vnútorných síl, dovystuženie, CFRP lamely, otočené rebierko, ohyb, šmyk, výkres výstuže

ABSTRACT

The thesis deals with the reconstruction of the family house. The main aim of my thesis is assessment of the existing floor slab and designing of reinforcement due to lack of static part of design documentation. Internal forces on the slab are obtained by using finite element method on which the slab is designed. Due to superstructure of one extra floor above original structure it is necessary to make the hole for the staircase into the existing ceiling construction and demolition of loadbearing wall for disposition improvement. Intervention into the original construction has the effect of redistribution internal forces. At this case additional reinforcement of floor slab is necessary. For additional floor slab are selected and designed CFRP carbon straps. Rotate rib is being prepared instead of original demolished loadbearing wall which will be connect with original floor slab by using of stirrups. All calculations were performed in accordance with valid standard.

KEYWORDS

family house, reconstruction, cast in place reinforced slab, reinforced concrete, load, design, assessment, internal forces, reinforcement, concrete, finite element method, redistribution of internal forces, additional reinforcement, CFRP carbon strap, bending, shear, rotated rib, reinforcement drawing

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Pavčina Prekopová *Statické řešení dílčí části železobetonové konstrukce*. Brno, 2018. 23 s., 148 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 5. 2018

Pavλίna Prekopová
autor práce

POĎAKOVANIE

Týmto by som chcela poďakovať vedúcej mojej bakalárskej práce Ing. Ivaně Švaříčkové, Ph.D. za všetok čas, ktorý mi venovala pri konzultáciach, odbornú pomoc, láskavosť a hlavne veľmi ľudský prístup, podporu a poskytnuté materiály, ktoré mi uľahčili vypracovanie tejto bakalárskej práce.

OBSAH

Úvod.....	9
Textová časť.....	9
1. Základné informácie o objekte	9
2. Materiálové charakteristiky	10
2.1 Pôvodné materiály	10
2.2 Nové materiály.....	11
3. Zaťaženie	12
3.1 Pôvodné	12
3.1.1 Stále.....	12
3.1.2 Premenné.....	12
3.2 Nové	12
3.2.1 Stále.....	12
3.2.2 Premenné.....	12
4. Výpočtový model.....	13
5. Dimenzovanie.....	13
6. Rekonštrukcia	13
6.1 Aplikácia lamíel	14
6.2 Vyhotovenie otočeného rebierka.....	14
6.2.1 Bednenie.....	15
6.2.2 Armovanie.....	15
6.2.3 Betonáž.....	15
6.2 Vyrezanie otvoru.....	15
7. Ručné porovnanie výsledkov z programu Dlubal RFEM 5.08.....	16
Záver	17
Zoznam použitých zdrojov	18
Zoznam tabuliek.....	19
Zoznam skratiek.....	20
Zoznam príloh	23

ÚVOD

Práca sa zaoberá rekonštrukciou rodinného domu, a to hlavne nadstavbou druhého nadzemného podlažia a s tým spojenými zásahmi do pôvodnej stropnej konštrukcie. Jej cieľom je aj posúdenie stávajúcej stropnej koštrukcie a dimenzovanie výstuže z dôvodu chýbajúcich podkladov. Riešenie vnútorných síl bolo prevedené v programe Dlubal RFEM 5.08 a na základne návrhových hodnôt vnútorných síl z tohoto programu bude nadimenzovaná výstuž do pôvodnej dosky. Následne bola vyhotovená výkresová dokumentácia.

Vzhľadom na to, že sa pôvodná stavba nadstaví o jedno nadzemné podlažie je nutné vyhotovenie otvoru pre schodisko do stávajúcej stropnej konštrukcie a vybúranie nosnej steny kvôli zlepšeniu dispozičného riešenia.

Zásah do pôvodnej konštrukcie má za následok prerozdelenie návrhových vnútorných síl a tým pádom je potrebné dovystuženie stropnej konštrukcie. Pre dovystuženie sú zvolené a nadimenzované externe lepené uhlíkové lamely. Namiesto pôvodnej vybúranej nosnej steny sa vyhotoví otočené rebierko, ktoré sa spriahne so stávajúcou stropnou konštrukciou pomocou strmeňov.

TEXTOVÁ ČASŤ

1. ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O OBJEKTE

Objekt je jednopodlažný rodinný dom typu bungalov s valbovou strechou so stojatou stolicou. Stropná konštrukcia je po obvodě podporená líniovými podporami a to obvodovými stenami z keramického materiálu. Vnútorne podpory sú tvorené taktiež líniovými podporami a to vnútornými nosnými stenami z keramického materiálu. Stropná doska je v tvare písmena L s pôdorysnými rozmerami 16,3x16,3 m. Doska je podporami rozdelená na 5 polí a jej hrúbka je 150 mm. V stropnej konštrukcii sa nachádzajú dva otvory, jeden pre komínový prieduch a druhý pre výlez do priestorov krovu, ktorý slúži pre skladovanie. Po rekonštrukcii bude nad polovičkou pôvodného pôdorysu nadstavené druhé nadzemné podlažie zastropené monolitickým železobetónovým stropom podporeným taktiež ako v 1NP po obvodě líniovými podporami a to obvodovými stenami z keramického materiálu. Pôvodná stropná konštrukcia bude teda zaťažená novým zaťažením – líniovým (obvodové steny, vnútorné nosné a nenosné steny). Stávajúca valbová strecha bude odstránená a vyhotoví sa nová plocha strecha nad celým pôdorysom. Schodisko do 2NP je zvolené v tvare písmena L ako drevené so stredovou schodnicou a tým pádom nebude zaťažovať pôvodnú stropnú konštrukciu.

;

2. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

2.1 PÔVODNÉ MATERIÁLY

Betón C16/20 (B20) – XC1 (CZ) – Cl 0.02 – Dmax = 16 mm, S3

Navrhnuté podľa ČSN EN 1992-1-1 [3].

Súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_c = 1,5$
Charakteristická válcová pevnosť v tlaku	$f_{ck} = 16 \text{ MPa}$
Návrhová válcová pevnosť v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{16}{1,5} = 10,67 \text{ MPa}$
Priemerná hodnota pevnosti betónu v ťahu	$f_{ctm} = 1,9 \text{ MPa}$
Char. pevnosť betónu v dostrednom tlaku	$f_{ctk;0,05} = 1,3 \text{ MPa}$
Návrh. hod. pevnosti bet. v dostrednom ťahu	$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk;0,05}}{\gamma_c} = 1,00 \cdot \frac{1,3}{1,5} = 0,867 \text{ MPa}$
Sečnový modul pružnosti betónu	$E_{cm} = 29 \text{ GPa}$
Medzné pomerné stlačenie betónu	$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$

Stupeň vplyvu prostredia vzhľadom k podmienkam prostredia podľa ČSN EN 206-1 [1]:

XC1 – suché, stále mokré (betón vnútri budovy s nízkou vlhkosťou, betón trvale ponorený vo vode)

Kategória návrhovej životnosti konštrukcie podľa ČSN EN 1990 [2] : 4

Konštrukčná trieda : S3

Podľa ČSN EN 1992-1-1 [3] konštrukčná trieda S4 avšak je možné zníženie o jednu triedu pre doskové konštrukcie.

Oceľ V 10 425

Navrhnuté podľa ČSN 73 1201 [5].

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} = 410 \text{ MPa}$
Návrhová medza klzu	$f_{yd} = 465 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ocele	$E_s = 200 \text{ GPa}$
Pretvorenie výstuže	$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = \frac{410}{200} = 2,05 \text{ ‰}$

Murivo Porotherm 30 P15 na obyčajnú návrhovú maltu M5

Prvky kategórie I

Skupina murovacích prvkov 2

Trieda prevedenia 3

$\gamma_m = 2,0$

Objemová hmotnosť – $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$

$$\delta = 1,15$$

$$K = 0,45$$

Charakteristická pevnosť muriva v tlaku

$$f_k = 5,35 \text{ MPa}$$

Návrhová pevnosť muriva v tlaku

$$f_d = 2,675 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti

$$E = 5350 \text{ MPa}$$

Modul v šmyku

$$G = 2140 \text{ MPa}$$

2.2 NOVÉ MATERIÁLY

Betón C25/30 – XC1 (CZ) – Cl 0.02 – Dmax = 16 mm, S3

Navrhnuté podľa ČSN EN 1992-1-1 [3].

Súčiniteľ spoľahlivosti materiálu

$$\gamma_c = 1,5$$

Charakteristická vĺcová pevnosť v tlaku

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

Návrhová vĺcová pevnosť v tlaku

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

Priemerná hodnota pevnosti betónu v ťahu

$$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

Char. pevnosť betónu v dostrednom tlaku

$$f_{ctk;0,05} = 1,8 \text{ MPa}$$

Návrh. hod. pevnosti bet. v dostrednom ťahu

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk;0,05}}{\gamma_c} = 1,00 \cdot \frac{1,8}{1,5} = 1,2 \text{ MPa}$$

Sečnový modul pružnosti betónu

$$E_{cm} = 31 \text{ GPa}$$

Medzné pomerné stlačenie betónu

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

Oceľ B500B

Navrhnuté podľa ČSN EN 1992-1-1 [3].

Súčiniteľ spoľahlivosti materiálu

$$\gamma_s = 1,15$$

Charakteristická medza klzu

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Návrhová medza klzu

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti ocele

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

Pretvorenie výstuže

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yk}}{E_s} = \frac{434,78}{200} = 2,17 \text{ ‰}$$

Uhlíková lamela Sika® CarboDur® S

Modul pružnosti lamely

$$E_{s,1} = 165 \text{ GPa}$$

Pretvorenie lamely

$$\epsilon_l = 1,7 \text{ ‰}$$

Hrúbka lamely

$$t = 1,2 \text{ mm}$$

3. ZAŤAŽENIE

3.1 PÔVODNÉ

Vzhľadom na to, že sa skladby vrstiev líšia podľa pôvodnej projektovej dokumentácie, upravila som jednotlivé skladby pri prekresľovaní za skutočné.

3.1.1 STÁLE

Stále zaťaženie od vlastnej tiahy dosky a skladby vrstiev nad a pod doskou je uvažované po celej ploche ako spojité rovnomerné zaťaženie. Zaťaženie strešným plášťom je uvažované ako bodové zaťaženie v miestach stĺpikov v stojatej stolici prepočítané pôsobenie zaťaženia zo strednice na priemet.

- vlastná tiaž dosky – tiaž betónu určená na základe ČSN EN 1991-1-1 [4].
- ostatné stále zaťaženie - vlastná tiaž vrstiev nad doskou (izolácia, dosky) a omietka stropnej konštrukcie

3.1.2 PREMENNÉ

Úžitné zaťaženie pre stropnú konštrukciu je uvažované ako kategória plôch A podľa ČSN EN 1991-1-1[4], tj. plochy pre domáce a obytné činnosti. Pre získanie najnepriaznivejších hodnôt bude zaťaženie rozdelené na šachy.

$$q_{k,A} = 1,5 \text{ kN/m}^2.$$

Zaťaženie snehom je vypočítané pre snehovú oblasť II. Taktiež je zaťaženie uvažované ako bodové, ktoré sa prenáša cez stĺpiky stojatej stolice a následne prepočítané zo strednicového pôsobenia na priemet.

$$s_k = 2,4 \text{ kN/m}^2.$$

3.2 NOVÉ

3.2.1 STÁLE

Stále zaťaženie od vlastnej tiahy dosky, skladby podláh a plochej strechy je uvažované po celej ploche ako spojité rovnomerné zaťaženie.

- vlastná tiaž dosky – tiaž betónu určená na základe ČSN EN 1991-1-1 [4].
- ostatné stále zaťaženie - vlastná tiaž podláh, omietky stropnej konštrukcie a skladby plochej strechy

Líniové zaťaženie stenami od nadstaveného druhého nadzemného podlažia je uvažované rozdielne pre tieto typy stien – obvodové steny, vnútorné nosné a nenosné steny.

3.2.2 PREMENNÉ

Úžitné zaťaženie pre stropnú konštrukciu je uvažované ako kategória plôch A podľa ČSN EN 1991-1-1[4], tj. plochy pre domáce a obytné činnosti. Pre získanie najnepriaznivejších hodnôt bude zaťaženie rozdelené na šachy.

$$q_{k,A} = 1,5 \text{ kN/m}^2.$$

Zaťaženie snehom je vypočítané pre snehovú oblasť II. Uvažované je po celej ploche nenadstavenej časti stropnej konštrukcie ako spojité rovnomerné zaťaženie.

$$s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2.$$

4. VÝPOČTOVÝ MODEL

Pre získanie vnútorných síl som vytvorila model vo výpočtovom softvare Dlubal RFEM 5.08. Tento program pracuje na základe metódy konečných prvkov. Konštrukcia je vymodelovaná ako 2D dosky XY o hrúbke 150 mm. Dĺžka konečného prvku je 0,3 m. Podpory sú modelované ako líniové typ stena v Z s tuhosťou reálnej steny. V programe som vytvorila 10 zaťažovacích stavov. Stále zaťaženie je rozložené spojitou rovnomerne po celej konštrukcii. Premenné zaťaženie je rozložené v šachoch. Zaťažovacie stavy sú v programe kombinované pomocou rovníc podľa ČSN EN 1992-1-1[3].

Rovnica 6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Rovnica 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Výstupom programu Dlubal RFEM sú návrhové vnútorné sily, na ktoré následne je nadimenzovaná výstuž v pôvodnej stropnej konštrukcii.

5. DIMENZOVANIE

Ohybová výstuž je dimenzovaná na základe návrhových vnútorných síl z programu RFEM pre daný povrch a pre daný smer. V doske je navrhnutá základná sieť $\varnothing 8/200\text{mm}$, ktorá splní minimálnu potrebnú plochu výstuže a pokryje časť ohybových momentov. Základná sieť je navrhnutá pri spodnom aj hornom povrchu dosky. Ďalej som navrhla príložky $\varnothing 8/200 \text{ mm}$ a $\varnothing 12/200 \text{ mm}$, ktoré budú doložené medzi prúty základnej siete. Príložky pokryjú zostávajúce ohybové momenty. Všetko dimenzovanie je súčasťou statického výpočtu vid príloha P3.

6. REKONŠTRUKCIA

Veľmi dôležité je dodržanie sledu postupu prác. Ako prvé je nutné nalepiť uhlíkové lamely na pôvodnú stropnú konštrukciu, nechať 48 hodín vyschnúť lepidlo a až následne je možné realizovať búracie práce alebo vyrezávanie otvoru pre schodisko diamantovou pílou. Taktiež je veľmi dôležité aby bola konštrukcia počas celého trvania rekonštrukcie podopretá. Lamely je nutné ochrániť proti požiaru protipožiarnymi opatreniami ako napríklad omietkami, nátermi alebo podhládmi.

6.1 APLIKÁCIA LAMIEL

Dodatočne lepená výstuž sa pripevňuje na vonkajší líc konštrukcie rôzne namáhaných prierezov tak, že sa vždy aplikuje do ťahanej oblasti na predom pripravený podklad pomocou epoxidového lepidla. Pred nalepením lamely je nutné povrch konštrukcie dôkladne očistiť od prachu, nečistôt a olejov. Ďalej je veľmi dôležité aby povrch mal požadovanú prídržnosť, ktorá sa zisťuje skúškou pomocou prístroja Dyna. Priemerná hodnota odtrhovej pevnosti povrchových vrstiev má byť v rozmedzí 1,5-2,0 N/mm². Rovnosť podkladu na 2 m dĺžky max 10 mm a na 0,3 m dĺžky 4 mm. Lamely sa musia očistiť, utrieť od zbytkového uhoľného prachu vždy bielou čistou látkou z dôvodu zaistenia príľnavosti medzi lamelou a lepidlom. Čistí sa vždy strana bez popisu, t.j. stranou ktorou sa lepí lamela na podklad. Lepidlo je dvojzložkové, ktoré sa skladá zo zložiek A (biela farba) a zo zložky B (čierna farba). Zložku B treba dobre premiešať a pridať k zložke A. Zložky musia byť rovnomerne premiešané nízkou rýchlosťou elektrickým šróbovým miešadlom pri nízkych otáčkach max 500 otáčok/min. Zložky sa miešajú tak dlho, kým nie sú patrné žiadne farebné šmuhy. Výsledná zmes je šedej farby. Na podklad pomocou stierky sa naniesie lepidlo na pripravený betónový podklad v prvej vrstve maximálne 1 mm. Dbá sa na to aby hmota bola dokonale vtrená do podkladu a aby boli všetky póry dokonale zaplnené. Na lamely sa lepidlo naniesie celoplošne na lepiacu plochu lamely pomocou špeciálne vytvarovanej stierky alebo špeciálneho nástroja v tvare korýtka, ktoré vytvorí priečny tvar striešky (výška cca 2 mm). Po nanesení lepidla sa umiestňujú lamely na predom pripravené a vyznačené miesto na konštrukcii tak, že lamelu pritlačíme rovnomerne pomocou gumového valčeka až sa lepidlo začne vytláčať na stranách lamiel. Lamela je pomocou gumového valčeka zatlačovaná do epoxidového lepidla takým spôsobom, že sa lepidlo na oboch stranách lamely vytlačuje zo škáry, takže tu zostáva minimálna hrúbka lepidla a to 1 mm. Kontrolou správneho nalepenia je obtekajúce (prebytočné) lepidlo okolo okrajov lamely, ktoré sa po aplikácii odstráni. Behom aplikácie a v priebehu vytvrdzovania lepidla nesmie dôjsť k žiadnym väčším otrasom konštrukcie.

6.2 VYHOTOVENIE OTOČENÉHO REBIERKA

V mieste vybúranej nosnej steny sa vyhotoví otočené rebierko, ktoré bude zasahovať nad aj pod stropnú konštrukciu. Jeho funkcia je nielen ako náhrada nosnej steny ale taktiež je výhodné z toho dôvodu, že znižuje priebeh vnútorných síl v stropnej konštrukcii a tým pádom je aj potrebných menej uhlíkových lamiel na dovystuženie. Uložené bude v drážkach v murive o 150 mm. Hlavná nosná výstuž rebierka sa nachádza pod pôvodnou stropnou konštrukciou. Dimenzovanie a výkresy výstuže sú priložené ako prílohy v statickom výpočte vid' P3 a vo výkresovej dokumentácii P2.

6.2.1 BEDNENIE

Výber dodávateľa bednenia je na investorovi avšak bednenie musí byť dostatočne pevné, presné a dostatočne tuhé. Vnútorný povrch bednenia je vždy nutné opatriť odbedňovacím olejom pre jednoduchšie odstraňovanie.

6.2.2 ARMOVANIE

Armovanie bude prebiehať podľa platného statického výpočtu a výkresov výstuže. Je nutné vždy kontrolovať : druh oceli, priemer jednotlivých prútov, dĺžky a tvary prútov, počet prútov, čistotu výstuže, správne stykovanie, umiestnenie výstuže podľa výkresu výstuže. Pre všetkú výstuž musí byť zabezpečené krytie betónovou vrstvou podľa statického výpočtu. K zaisteniu krycej vrstvy budú použité dištančné podložky. Strmene budú v smere z prevrtávanie cez pôvodnú stropnú konštrukciu. Vrtanie bude prevedené pomocou príklepového vrtania. Otvory budú vyvrtávané na otvor 12 mm a musia byť po sebe 3 krát vyčistené pomocou čistiacej trysky. Po vyvrtaní sa prevlečie výstuž strmeňov a bude do otvorov striekaná injektážna malta FIS EM.

6.2.3 BETONÁŽ

Celý postup betonáže musí byť realizovaný podľa platných noriem a dôkladne kontrolovateľný. Je dôležité kontrolovať predpísané normové pevnosti zvoleného betónu na skúšobných prvkoch. Betonáž je obmedzená vonkajšou teplotou, ktorá musí byť optimálne v rozmedzí 5-30°C. Betón musí byť počas celého procesu chránený proti zosychaniu a to kropením po dobu 3 až 5 dní.

6.3 VYREZANIE OTVORU

Rozmer otvoru sa nakreslí na stropnú dosku (najlepšie sprejom, ktorý nebude zmývateľný vodou). Následne sa jadrovou vrtačkou odvrátajú rohy otvoru, aby nasledujúce rezanie diamantovým kotúčom neprerezávalo pôdorys otvoru. Vrtanie prebieha s oceľovou korunkou so zubami s diamantovým prachom. Jadrová vrtačka musí byť dokonale prikotvená cez stojan oceľovou hmoždinkou do železobetónovej dosky. Počas celého priebehu vrtanie je nutné chladenie vodou. Je vhodné odvráť diery cca po pol metroch po dĺžke otvoru, aby odstraňovaná doska nebola príliš ťažká a s odstraňovanými kusmi sa dalo lepšie manipulovať. Po odvrátení týchto jednotlivých otvorov je možné pristúpiť k samotnému rezaniu. Rezanie bude prevedené pomocou stenovej hydraulickéj píly, ktorá je osadená diamantovým kotúčom s chladením vodou. Vodiacu lištu píly prikotvíme do železobetónovej dosky pomocou oceľových hmoždínok. Lišta musí byť rovnobežná so stranou otvoru. Je nutné kontrolovať aj kolmosť osadeného kotúča pretože by sa mohlo vzpriečiť o výstuž. Rezanie prebieha tak, aby potrebné presahy pre celé prerezanie dosky kotúčom boli v predvrtaných otvoroch. Odstraňujeme postupne odvrátené časti dosky. Nakoniec sa všetká voda vysaje a vytrie s betónovým prachom, ktorá sa nahromadila pri chladení kotúča aj korunky pri jadrovom vrtaní.

7. RUČNÉ POROVNANIE VÝSLEDKOV Z PROGRAMU DLUBAL RFEM 5.08

Konštrukcia stropnej dosky je uvažovaná ako spojitá krížom vystužená po obvodu podopretá doska. Vnútorne podpory tvoria vnútorné nosné steny. Ručný výpočet je spracovaný vhodnou zjednodušenou metódou. Pre výpočet bola použitá Metóda náhradných nosníkov pre rozdelenie zaťaženia do príslušných smerov a následný výpočet vnútorných síl je použitá Metóda trojmomentových rovníc. Doskové polia 1,2,3 splňujú podmienku pre obojsmerne pnuté dosky, kedy dlhšie rozpätie má byť maximálne dvojnásobok kratšieho rozpätia. V tab. 7.1 sú porovnané výsledky pre kombinácie zaťaženia KZ1-KZ9. Celé porovnanie je spracované pre pôvodnú stropnú konštrukciu a tým pádom sú niektoré bodové zaťaženia prepočítané na plošné. Výsledky vypočítané zjednodušujúcou metódou sa výrazne nelíšia od výsledkov vypočítaných programom Dlubal RFEM 5.08.

		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
KZ1	MKP	12,234	8,095	21,561	10,057	14,435	2,862	4,337
	MNN	10,877	5,460	13,339	6,599	11,506	2,064	4,201
	%	11,09	32,55	38,13	34,39	20,29	27,87	3,13
KZ2	MKP	12,956	9,703	22,514	11,538	15,528	2,938	5,104
	MNN	11,398	5,720	13,892	7,552	12,021	1,783	4,597
	%	12,03	41,05	38,30	34,55	22,59	39,30	9,93
KZ3	MKP	15,992	11,374	28,050	13,517	19,172	3,700	5,631
	MNN	14,167	7,111	17,338	8,859	14,971	2,528	5,553
	%	11,41	37,48	38,19	34,46	21,91	31,67	1,38
KZ4	MKP	16,195	11,478	24,003	11,318	15,855	3,958	6,182
	MNN	15,259	7,630	15,154	13,109	12,077	1,172	7,000
	%	5,78	33,53	36,87	13,66	23,83	70,38	11,69
KZ5	MKP	12,754	9,611	26,561	13,688	18,643	2,693	3,961
	MNN	10,306	5,266	16,077	4,217	14,915	7,101	3,150
	%	19,20	45,21	39,47	69,19	20,00	62,08	20,48
KZ6	MKP	15,980	11,382	28,273	13,601	18,504	2,702	3,983
	MNN	14,088	7,076	17,496	2,249	14,422	6,795	3,396
	%	11,84	37,83	38,12	83,47	22,06	60,24	14,73
KZ7	MKP	12,759	9,614	26,464	13,658	19,380	3,684	5,595
	MNN	10,384	5,297	15,920	10,911	15,464	2,689	5,307
	%	18,61	44,91	39,84	20,11	20,21	27,00	5,15
KZ8	MKP	16,187	11,473	24,149	11,418	16,108	3,994	6,151
	MNN	15,259	7,630	15,154	13,109	12,077	1,172	7,000
	%	5,73	33,50	37,25	12,90	25,03	70,65	-13,81
KZ9	MKP	12,671	9,625	26,435	13,633	18,575	2,697	3,974
	MNN	10,306	5,266	16,077	4,217	14,915	7,101	3,150
	%	18,67	45,29	39,18	69,06	19,71	62,02	20,74

Tab.7.1 – Porovnanie momentov vypočítaných ručným výpočtom a programom RFEM

ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bola statická analýza stropnej koštruktie nad 1NP. Návrh výstuže do stávajúcej dosky. Ku statickému výpočtu sú ďalej spracované výkresy výstuže a výkres tvaru stropnej dosky nad 1NP. Vlastnému výpočtu výstuže železobetónových prvkov predchádzal výpočet vnútorných síl v programe Dlubal RFEM 5.08 a ručné overenie zjednodušujúcou metódou. Výsledky vypočítané ručnou metódou sa príliš nelíšia. Za rozdiel medzi danými výsledkami môže čiastočne iba polovičná podpora medzi poliami 1 a 2. Následne cieľom práce bola rekonštrukcia rodinného domu a to vyrezanie otvoru pre nadstavbu druhého nadzemného podlažia. Kvôli zásahu do pôvodnej stopnej koštruktie dôjde k prerozdeleniu vnútorných síl a tým pádom bude nutné dovystuženie koštruktie. Ako dovystuženie boli vybraté externe lepené uhlíkové CFRP lamely, ktoré sú dimenzované v statickom výpočte pre daný rozdiel v návrhových vnútorných silách. Pre zlepšenie dispozície je odstránená nosná stena, ktorú nahradí otočené rebierko, ktorého statická analýza je taktiež súčasťou statického výpočtu.

Bakalárska práca má pre mňa značný prínos. Samostatná práca na modele a následné vyhodnotenie výsledkov mi pomohla k bližšiemu zoznámeniu sa s programom pracujúcim na princípe Metódy konečných prvkov. Taktiež som sa dozvedela prínosné informácie o navrhovaní betónových koštrukcií.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

ODBORNÁ LITERATURA

- [1] ČSN EN 206-1: Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, Praha: ČNI9/2001, Z3 4/08.
- [2] ČSN EN 1990 (ČSN 73 0002). Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Praha: ČNI, 2004.
- [3] ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí – Obecně – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní a inženýrské stavby, Praha: ČNI 11/2006. Oprava 1 7/2009.
- [4] ČSN EN 1991-1-1 (ČSN 73 0035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: ČNI, 2004.
- [5] ČSN 73 1201. Navrhování betonových konstrukcí. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1968.

WEBOVÉ STRÁNKY

- [6] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. Ing. Švaříčková Ivana, Ph.D [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/default_soubory/pomucky.htm
<https://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/pdf/diplomka.pdf>
- [7] Dokumenty k stažení | SIKÁ CZ [online]. Copyright © 2017 SIKÁ AG de C.V. All rights reserved [cit.16.05.2018]. Dostupné z : https://cze.sika.com/cs/produkty_a_reseni/stavebnictvi/02a013/02a013sa06.html

ODBORNÁ LITERATÚRA

- [8] ZICH, Miloš. Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů. Praha: Dashöfer, 2010. ISBN 9788086897387.
- [9] ŠTĚPÁNEK, CSC., Prof. RNDr. Ing. Petr, Prof. Ing. Ivaiolo TERZIJSKI, CSC., Ing. Ivana LANÍKOVA, PHD., Ing. Josef PANÁČEK a Ing. Petr ŠIMŮNEK, PHD. BL001 – Prvky betonových konstrukcí: Výukové texty, příklady a pomůcky [online]. Brno, 2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/BZK/studenti/BL001/BL001_skripta.pdf

SOFTWARE

Dlubal RFEM
Allplan 2018
Microsoft Word
Microsoft Excel

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 7.1 – Porovnanie momentov vypočítaných ručným výpočtom a programom RFEM.....	18
--	----

ZOZNAM SKRATIEK

A_{cc}	Plocha tlačeneho betónu
A_l	Plocha uhlíkovej výstuže
$A_{s,0}$	Plocha výstuže základnej siete
$A_{s,i}$	Plocha výstuže v posudzovanom priereze i
$A_{s,max}$	Maximálna plocha výstuže
$A_{s,min}$	Minimálna plocha výstuže
$A_{s,req}$	Požadovaná plocha výstuže
A_{sw}	Plocha šmykovej výstuže
b_w	Najmenšia šírka prierezu v ťahanej oblasti
c	Krytie výstuže betónovou vrstvou
$D1$	Doska
E_{cm}	Sečnový modul pružnosti betónu
E_l	Modul pružnosti externej uhlíkovej výstuže
E_s	Modul pružnosti ocele
F_{cc}	Tlaková sila v betóne
f_{cd}	Návrhová pevnosť betónu v tlaku
f_{ck}	Charakteristická pevnosť betónu v tlaku
f_{ctd}	Návrhová hodnota pevnosti betónu v ťahu
$f_{ctk0,05 \ 5 \%}$	Kvantil charakteristickej pevnosti v ťahu
f_{ctm}	Stredná pevnosť betónu v ťahu
f_d	Návrhová hodnota zaťaženia
F_{st}	Ťahová sila vo výstuži
f_{yd}	Návrhová hodnota medze kluzu betonárskej výstuže
f_{yk}	Charakteristická hodnota medze kluzu betonárskej výstuže
g_d	Návrhová hodnota stáleho zaťaženia
g_k	Charakteristická hodnota stáleho zaťaženia
$G_{k,j}$	Stále zaťaženie
h_s	Hrúbka stropnej dosky
h_w	Výška rebierka
KZ_i	Kombinácia zaťaženia
L_1, L_2	Rozpätia dosky v smere x a v smere y
l_{bd}	Návrhová kotevná dĺžka výstuže
$l_{bd,min}$	Minimálna kotevná dĺžka výstuže
$l_{bd,req}$	Požadovaná kotevná dĺžka výstuže
$l_{k,max}$	Kotvenie uhlíkovej výstuže
$M_{Ed,i}$	Návrhový moment v i -tom priereze
M_i	Moment v i -tom priereze
MKP	Metóda konečných prvkov
M_1	Maximálny moment v podpore 1
M_2	Maximálny moment v poli 1
M_3	Maximálny moment v podpore 2

M_4	Maximálny moment v poli 2
M_5	Maximálny moment v podpore 3
M_6	Maximálny moment v poli 3
M_7	Maximálny moment v podpore 4
MNN	Metóda náhradných nosníkov
$M_{Rd,0}$	Moment únosnosti základnej siete
$M_{Rd,i}$	Moment únosnosti v posudzovanom priereze
M_u	Moment únosnosti lamely na spolôsobiacej šírke
$M_{u,celk}$	Moment únosnosti daného počtu lamiel
$m_{x,D-}$	Návrhová hodnota momentov v smere X pri hornom okraji dosky
$m_{x,D+}$	Návrhová hodnota momentov v smere X pri spodnom okraji dosky
$m_{y,D-}$	Návrhová hodnota momentov v smere Y pri hornom okraji dosky
$m_{y,D+}$	Návrhová hodnota momentov v smere Y pri spodnom okraji dosky
N_c	Sila v betóne po nanesení lamely
$N_{c,0}$	Počiatočná sila v betóne
N_l	Sila v lamele
N_s	Sila vo výstuži po nanesení lamely
$N_{s,0}$	Počiatočná sila vo výstuži
n.o.	Neutrálna os
q_d	Návrhová hodnota premenného zaťaženia
q_k	Charakteristická hodnota premenného zaťaženia
$Q_{k,1}$	Hlavné premenné zaťaženie
$Q_{k,i}$	Vedľajšie premenné zaťaženie
R_i	Reakcia i-tej podpory
s	Pozdĺžna vzdialenosť strmeňov
s_f	Vzdialenosť prútov priečnej výstuže
$s_{l,max}$	Maximálna pozdĺžna vzdialenosť strmeňov
s_{max}	Maximálna vzdialenosť výstuže
s_n	Minimálna svetlá vzdialenosť výstuže
$s_{t,max}$	Maximálna priečna vzdialenosť vetiev strmeňov
$T_{k,max}$	Kotevná sila uhlíkovej výstuže
T1	Rebierko T1
v_1	Redukčný súčiniteľ pevnosti betónu pri porušení šmykom
$V_{a,1}$	Šmykové napätie prenášané tlačnou časťou betónu
$V_{a,2}$	Šmykové sily vo výstuži a v lamele
V_i	Posúvajúca sila
V_{Rdc}	Návrhová šmyková únosnosť betónu a pozdĺžneho prierezu
x	Poloha neutrálnej osy
z_c	Rameno vnútorných síl
ZS	Zaťažovací stav
γ	Objemová (plošná) tiaž materiálu
γ_c	Súčiniteľ vlastností betónu

$\gamma_{Gk,j}$	Čiastkový súčiniteľ pre stále zaťaženie
$\gamma_{Qk,j}$	Čiastkový súčiniteľ pre premenné zaťaženie
γ_s	Súčiniteľ vlastností ocele
ΔF_d	Zmena normálovej sily v rebierku na dĺžke Δx
Δx	Polovica vzdialenosti medzi prierezom s maximálnym a nulovým momentom
ϵ_{cu3}	Medzné pomerné pretvorenie betónu
ϵ_d	Medzné pretvorenie dolných vlákien prierezu
ϵ_{d0}	Počiatkové pretvorenie dolných vlákien prierezu
ϵ_l	Medzné pretvorenie externej uhlíkovej výstuže
ϵ_s	Pomerné pretvorenie výstuže
ϵ_{s0}	Počiatkové pretvorenie vlákien ťahanej výstuže
v_{min}	Minimálne šmykové napätie
v_{Ed}	Šmykové napätie
ρ_l	Stupeň vystuženia pozdĺžnou výstužou
ρ_w	Stupeň vystuženia šmykovou výstužou
$\rho_{w,min}$	Minimálny stupeň vystuženia šmykovou výstužou
Σ	Súčet
σ_{sd}	Návrhové napätie v prúte v mieste, od ktorého sa meria kotevná dĺžka
Φ	Priemer betonárskej výstuže
$\psi_{q,0}$	Kombinačný súčiniteľ zaťaženia

ZOZNAM PRÍLOH

P1. Použité podklady

P1.01 – Pôdorys pôvodného stavu	M 1:75
P1.02 – Pôdorys nový stav 1NP	M 1:75
P1.04 – Pôdorys nový stav 2NP	M 1:75
P1.04 – Situácia	M 1:300
P1.05 – Rez	M 1:75

P2. Výkresová dokumentácia

P2.01 – Výkres tvaru stropu nad 1NP	M 1:50
P2.02 – Výkres výstuže dosky D1 - pri spodnom povrchu	M 1:50
P2.03 – Výkres výstuže dosky D1 - pri hornom povrchu	M 1:50
P2.04 – Výkres tvaru stropu nad 1NP po rekonštrukcii	M 1:50
P2.05 – Výkres výstuže uhlíkových lamíel – pri spodnom povrchu	M 1:50
P2.06 – Výkres výstuže uhlíkových lamíel – pri hornom povrchu	M 1:50
P2.07 – Výkres výstuže otočeného rebierka T1	M 1:25

P3. Statický výpočet