



# 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

## BYTOVÝ DŮM NA UL. VINOHRADY

BLOCK OF FLATS AT VINOHRADY STREET

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

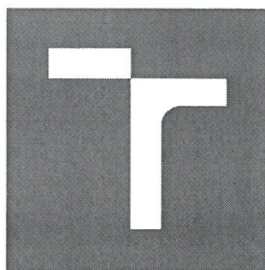
Bc. Vít Dvořák

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.

BRNO 2017



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

|                         |                                                                   |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| STUDIJNÍ PROGRAM        | N3607 Stavební inženýrství                                        |
| TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU | Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia |
| STUDIJNÍ OBOR           | 3608T001 Pozemní stavby                                           |
| PRACOVISŤE              | Ústav betonových a zděných konstrukcí                             |

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

|                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| DIPLOMANT               | Bc. Vít Dvořák              |
| NÁZEV                   | Bytový dům na ul. Vinohrady |
| VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE | Ing. Jiří Strnad, Ph.D.     |
| DATUM ZADÁNÍ            | 31. 3. 2016                 |
| DATUM ODEVZDÁNÍ         | 13. 1. 2017                 |

V Brně dne 31. 3. 2016

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

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

EC a ČSN z oboru betonových a zděných staveb, geotechniky atd. (včetně změn a doplňků)  
Skripta, podklady a opory používané ve výuce na ÚBaZK FAST VUT v Brně  
Výpočetní programy pro PC

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Provedte návrh a statické posouzení nosné železobetonové konstrukce vícepodlažního bytového domu. Stavební výkresy ve formě studie jsou součástí zadání. Rozmístění svislých nosných konstrukcí se případně upraví na základě statické analýzy.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy (přehledné, podrobné a detaily v rozsahu určeném vedoucím práce)

P3. Statický výpočet

P4. Stavební postup

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

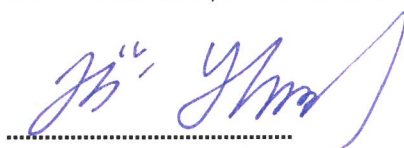
Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ 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. Jiří Strnad, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce je zaměřena na návrh monolitických železobetonových konstrukcí bytového domu. Obsahem práce je návrh dvou stropních desek, schodiště, podporujících sloupů, stěn, průvlaku a pilotového založení. Práce obsahuje vypracování statického výpočtu, výkresů tvaru a výztuže řešených konstrukcí. Ostatní části objektu nejsou v této práci řešeny.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Železobeton, monolitická konstrukce, bytový dům, stropní deska, schodiště, sloup, stěna, pilota, zatížení, zatěžovací stavy, vnitřní síly, dimenzování.

## **ABSTRACT**

The master's thesis is focused on a design of monolithic reinforced concrete construction of an apartment building. The content of this work is design of two ceiling slabs, staircase, supporting columns, walls, girders and concrete pile construction of foundation. Thesis includes working-out of static calculation, elaboration drawing of shape, reinforcement of solved elements and evolvment of assembly drawings. The rest of the project parts are not analysed.

## **KEYWORDS**

Reinforced concrete, monolithic construction, apartment building, ceiling slab, staircase, column, wall, pilot, load, load case, internal forces, design of structures.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Vít Dvořák *Bytový dům na ul. Vinohrady*. Brno, 2017. 14 s., 327 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 2. 1. 2017



---

Bc. Vít Dvořák  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Jiřímu Strnadovi, Ph.D. Děkuji za jeho čas strávený při konzultacích, dále pak za jeho trpělivost, ochotu a rady, které mi v průběhu práce poskytnul. Děkuji také mým rodičům a bratrovi za jejich podporu během celého mého studia.



## Obsah

|      |                                         |    |
|------|-----------------------------------------|----|
| 1.   | ÚVOD .....                              | 7  |
| 2.   | POPIS OBJEKTU .....                     | 7  |
| 3.   | MATERIÁL .....                          | 8  |
| 4.   | VÝPOČTOVÉ MODEL Y .....                 | 9  |
| 1.1. | Modely desek .....                      | 9  |
| 1.2. | Globální model .....                    | 10 |
| 5.   | ZÁVĚR .....                             | 10 |
| 6.   | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....           | 11 |
| 7.   | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ..... | 12 |
| 8.   | SEZNAM PŘÍLOH .....                     | 14 |

## 1. ÚVOD

Hlavním cílem práce je návrh vyztužení železobetonových konstrukcí bytového domu na ulici Vinohrady.

Diplomová práce je členěná na textovou část, použité podklady, statický výpočet obsahující statické výpočty desek, schodiště, sloupů, průvlaku, stěny, piloty a výkresovou dokumentaci.

Statické výpočty obsahují průvodní zprávu ke statickému výpočtu, stanovení zatížení, výpočet vnitřních sil, návrh a posouzení vyztužení.

Výkresová dokumentace obsahuje výkresy tvaru a výkresy vyztužení posuzovaných konstrukcí.

## 2. POPIS OBJEKTU

Jedná se o novostavbu bytového domu na ul. Vinohrady v Ivančicích, který má nepravidelný tvar o půdorysných rozměrech cca 31,1 x 17,0 m. Zastavěná plocha objektu je 426,4 m<sup>2</sup>, obestavěný prostor 7,38 m<sup>3</sup>. Celková výška objektu je 16,7m, světlá výška obytných pater je 2,7 m. Objekt má 5 nadzemních podlaží a je částečně podsklepen – část autozakladačů, která obsahuje 16 parkovacích míst. V 1 NP se nachází technická a přípojková místnost, hala, kočárkárna, sklepní boxy, úklidová místnost a centrální kotelná. Ostatní nadzemní patra slouží pro bydlení. Střešní konstrukce budovy je plochá. Obvodové stěny jsou zatepleny fasádním polystyrenem tl. 150 mm. Příčky v objektu jsou zděné nenosné POROTHERM 11,5 P+D.

Založení budovy je řešeno kombinací pilot a základových pasů – viz výkres tvaru spodní stavby. Svislé nosné stěny 1 NP jsou monolitické železobetonové o tl.300 mm. Svislé nosné stěny vyšších pater jsou zděné z materiálu POROTHERM 30 P+D. ŽB stropní konstrukce 1.NP o výšce desky 240 mm je uložena na obvodových nosných stěnách a dále podporována průvlaky, které staticky působí jako spojitě nosníky. Průvlaky o rozměrech 400 x 1040 mm jsou uloženy na obvodových stěnách a zhruba v polovině rozpětí jsou podporovány železobetonovými sloupy o rozměrech 400 x 400 mm. Stropní konstrukce 2 NP, 3 NP a 4 NP má výšku desky 220 mm. Stropní kon-

strukce 5 NP má výšku desky 200 mm. Součástí stropních desek jsou balkóny, které jsou vynášeny pomocí prvků Schöck Isokorb. Schodiště mezi jednotlivými patry jsou monolitické železobetonové. Schodišťové desky jsou v úrovni mezipodesty podporovány skrytým schodišťovým nosníkem uloženým na dvojici ž.b. stěn, probíhajících po výšce budovy.

### 3. MATERIÁL

Navrhované prvky horní stavby jsou navrženy z betonu třídy C25/30, pro řešení pilotové založení je uvažován beton třídy C20/25. Betonářská výztuž je z oceli B 500B. Pro určení hodnoty krycí vrstvy betonu je použita konstrukční třída S4 – pro návrhovou životnost konstrukcí 50 let. Maximální použité kamenivo  $d_{g,max} = 16,00$  mm, konzistence čerstvé směsi betonu S3 nebo S4. Pro beton bude použit cement třídy N (normálně tuhnoucí CEM 32,5, CEM 42,5 N). Beton bude ošetřován po dobu 3 dní a bednění bude odstraněno nejdříve po 28 dnech.

$$\text{Beton C 20/25:} \quad f_{ck} = 20,00 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,00 \cdot \frac{20,00}{1,50} = 13,33 \text{ MPa}$$

$$\text{Beton C 25/30:} \quad f_{ck} = 25,00 \text{ MPa}; \quad f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,00 \cdot \frac{25,00}{1,50} = 16,67 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{cc} = 1,00; \quad \gamma_c = 1,50; \quad \varepsilon_{cu3} = 3,50 \text{ ‰}$$

$$\eta = 1,00; \quad \lambda = 0,80; \quad d_{g,max} = 16,00 \text{ mm}$$

$$\text{Ocel B 500B:} \quad f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}; \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s = 1,15; \quad E_s = 200 \text{ GPa}; \quad \varepsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰};$$

## 4. VÝPOČTOVÉ MODELÝ

### 1.1. Modely desek

Pro návrh konstrukčních částí vodorovných stropních konstrukcí byla užita analýza jednoduchých deskových modelů. Řešené stropní konstrukce byly modelovány jako samostatné úlohy v MKP software Dlubal – RFEM 5 pomocí prvků „deska“ a „žebro“. Stropní konstrukce navrhované v této práci jsou desky nad 1 NP a nad 5 NP (střešní deska). Pro výpočet byly ale sestaveny deskové modely všech pater a využita funkce výpočtového software, který umožňuje ve výpočtu desky nižší úrovně přebírat jako zatěžovací účinky reakce z desky vyšší úrovně. Tento postup klade oproti globálním modelům značně nižší nároky na hardware a je staticky přehlednější a srozumitelnější. Výsledky na mezilehlých deskách nejsou v této práci obsaženy.

#### 1.1.1. Stropní deska 1NP

Stropní deska 1 NP je navržena v tl. 240 mm, podporující žebra v průřezu 400 x 800 mm. Podepření stropní desky je provedeno pomocí liniových podpor vodorovně posuvných. Vodorovná stabilita modelu je zabezpečena pomocí vodorovně neposuvných kloubových podpor umístěných v rozích modelu. Sloupové podepření žeber a lokální podepření desek je modelováno pomocí vodorovně posuvných kloubových podpor. Zatěžovací šířka žeber je vypočtena postupem dle ČSN EN 1992-1-1.

#### 1.1.2. Stropní deska 2NP

Stropní deska 5 NP je nosnou konstrukcí střechy a je navržena v tl. 200 mm. Deska je podporována pouze liniovými podporami v podobě obvodových a vnitřních stěn a neobsahuje oproti desce nad 1 NP žádná žebra. Jelikož tato stropní deska není přitěžována dalším patrem, může docházet k efektu nadzvedávání rohů. Tento problém řeší model pomocí funkce nelinearity podpor. Liniové podepření desky je opět provedeno pomocí vodorovně posuvných liniových podpor, ale s omezením působení svislého účinku podpory pouze v kladném smyslu reakce. (uvolní svislou vazbu v případě záporné reakce – umožní nadzvednutí rohů). Vodorovná stabilita modelu je zabezpečena pomocí vodorovně neposuvných kloubových podpor umístěných v rozích modelu.

## 1.2. Globální model

V rámci předkládané práce byl zhotoven i globální výpočtový model budovy jako celku. Staticky se jedná deskostěnový model, sestavený v software Dlubal – RFEM 5, využívající prvky deska, stěna, žebro. Model je podepřen liniovým vetknutím paty železobetonových stěn 1 NP a bodovým vetknutím v případě sloupů 1 NP. Na globálním modelu byly analyzovány vodorovné účinky zatížení (vítr, zemní tlak), s cílem získat vnitřní síly pro návrh svislých konstrukcí (sloupů a ŽB stěn). Ve svislém zatížení modelu byly oproti deskovým modelům vypuštěny šachovnicové zatěžovací stavy užitého zatížení. Pro vybrané zatěžovací stavy a kombinace byly porovnány výsledky vnitřních sil na žebře 1 NP, s výsledky vypočtenými pomocí deskového modelu a výsledky dosažené ručním výpočtem. V průběhu sestavování globálního modelu, jsem narazil na řadu problémů s modelováním vzájemných vazeb jednotlivých navazujících konstrukcí. Problém působí hlavně vzájemné vazby prvků z odlišných materiálů (beton – zdivo) kde nelze uvažovat tuhý styk. Je především třeba vhodně vkládat liniové klouby, v souladu s reálným působením konstrukce. Jako příklad lze uvést uložení stropní desky na vnitřní nosnou stěnu z keramického zdiva. V případě střednicového modelu nelze umístit liniový kloub do průřezu střednic (kloubové připojení stěny a současně vnitřní kloub desky). V modelu je tento problém řešen vložením liniového kloubu do stěny 100 mm pod průřezem střednic. Analýza takto velkých globálních modelů, vzhledem k velkému objemu zpracovávaných dat, klade vysoké nároky na hardware a vyžaduje dlouhý výpočtový čas. V neposlední řadě složitost výsledků těchto modelů vyžadují velkou zkušenost statika.

## 5. ZÁVĚR

V rámci diplomové práce byly řešeny vybrané prvky objektu bytového domu na ul. Vinohrady. Všechny posuzované konstrukce vyhověly na posuzované mezní stavy. Pro silně namáhané průvlaky 1 NP byly výsledky vnitřních sil ověřeny ručním výpočtem a navržena varianta předpětí. Během práce byla využita řada programů Dlubal RFEM 5, GEO 5, FIN EC, Autocad 2015, Microsoft Office.

## 6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1) ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- 2) ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- 3) ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- 4) ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- 5) ČSN EN 1992-1-1 *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- 6) PROCHÁZKA, Jaroslav. *Navrhování betonových konstrukcí 1. Prvky z prostého a železového betonu: dimenzování prvků s přihlédnutím k EN 1992-1-1*. 1. vyd. Praha: ČBS Servis, 2005, 307 s. : il. ; c 30 cm errata (8 s.). ISBN 80-903502-0-8.
- 7) KYTÝR, Jiří a Petr FRANTÍK. *Statika I. Modul BD03-M01: Rozšířený průvodce*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005, 44 s. : il.
- 8) NAVRÁTIL, Jaroslav. *Předpjaté betonové konstrukce*. Vyd.2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008, 186 s. ISBN 978-80-7204-561-7.
- 9) MASOPUST, Jan. *Vrtané piloty*. 1994. Čeněk a Ježek s.r.o., 1994.
- 10) KOLEKTIV AUTORŮ RAKOUSKÉ SPOLEČNOSTI PRO BETON A STAVEBNÍ TECHNOLOGIE. *Bílé vany – vodonepropustné betonové konstrukce, Technická pravidla ČBS 02 (TP ČBS 02)*. Vyd.2. ČBS Servis, s.r.o, 2007, 70s.

11) ŠVARÍČKOVÁ, Ing. Ivana. *Pomůcky* [online]. [cit. 2017-01-13]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/>

12) *Schoeck Wittek s.r.o* [online]. [cit. 2017-01-13]. Dostupné z: <http://www.schoeck-wittek.cz>

## 7. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ŽB – železobeton

ZS – zatěžovací stav

$b_{eff}$  – spolupůsobící šířka desky

$g_k$  – charakteristická hodnota stálého zatížení

$q_k$  – charakteristická hodnota proměnného zatížení

$s_k$  – charakteristická hodnota zatížení sněhem

$\gamma_G$  – součinitel pro návrhovou hodnotu stálého zatížení

$\gamma_Q$  – součinitel pro návrhovou hodnotu proměnného zatížení

$\Psi_0$  – kombinační součinitel

$\Psi_1$  – kombinační součinitel

$\Psi_2$  – kombinační součinitel

$f_d$  – návrhová hodnota zatížení

$E$  – modul pružnosti

$I$  – moment setrvačnosti

$M$  – ohybový moment

$V$  – posouvající síla

$R$  – podporová reakce

$f_{ck}$  – charakteristická pevnost betonu v tlaku

$f_{cd}$  – návrhová pevnost betonu v tlaku

$\gamma_c$  – součinitel materiálu pro beton

$\varepsilon_{cu3}$  – mezní přetvoření betonu

$d_{g,max}$  – maximální zrno kameniva

$f_{yk}$  – charakteristická pevnost výztuže v tahu

$f_{yd}$  – návrhová pevnost výztuže v tahu

$\gamma_s$  – součinitel materiálu pro ocel

$\varepsilon_{yd}$  – mezní přetvoření oceli

$\phi$  – průměr výztuže

$c_{min,b}$  – minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti

$c_{min,dur}$  – minimální krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí

$\Delta c_{dev}$  – návrhová odchylka krytí

$c_{nom}$  – jmenovitá hodnota krycí vrstvy

$c$  – krytí výztuže

$s_{min}$  – minimální vzdálenost mezi výztuží

$d$  – účinná výška

$b$  – šířka průřezu

$h$  – výška průřezu

$A_s$  – plocha výztuže

$A_{s,min}$  – minimální plocha výztuže

$A_{s,max}$  – maximální plocha výztuže

$z$  – rameno vnitřních sil

$x$  – poloha neutrální osy

$\varepsilon_s$  – přetvoření výztuže

$M_{Rd}$  – moment na mezi únosnosti

$M_{cr}$  – moment na mezi vzniku trhlin

$A_c$  – plocha betonu

$f_{ctm}$  – střední hodnota pevnosti v tahu za ohybu

$w_k$  – charakteristická šířka trhliny

$\varepsilon_{sm}$  – střední hodnota poměrného přetvoření výztuže

$\varepsilon_{cm}$  – střední hodnota přetvoření betonu mezi trhlami

$k_1$  – součinitel vyjadřující vliv soudržnosti výztuže

$k_2$  – součinitel vyjadřující vliv rozdělení poměrného přetvoření po výšce průřezu

$k_t$  – součinitel vyjadřující vliv doby trvání zatížení

$s_{r,max}$  – maximální vzdálenost trhlin

$\sigma_s$  – napětí ve výztuži

$w_{lim}$  – limitní hodnota průhybu

$V_{Rd,c}$  – návrhová únosnost betonu ve smyku

$A_{sw}$  – plocha smykové výztuže



## **8. SEZNAM PŘÍLOH**

- P1.** – Použité podklady
- P2.** – Statický výpočet
- P3.** – Výkresová dokumentace