



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 BYTOVÉHO DOMU

STATIC ANALYSIS OF AN APARTMENT BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

Bc. Jakub Brázdil

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N0732A260023 Stavební inženýrství – pozemní stavby
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jakub Brázdil
Název	Statické řešení bytového domu
Vedoucí práce	doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2021
Datum odevzdání	14. 1. 2022

V Brně dne 31. 3. 2021

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.

Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.

Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Architektonické a stavební podklady – 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

Vhodné výpočetní programy (např. Nexis, SCIA, Ansys, RCS, Detail apod.)

Zich M., Bažant Z., Montované betonové konstrukce, CERM 2018.

Zich M., Bažant Z., Plošné konstrukce, nádrže a zásobníky, CERM 2010.

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro dané stavební řešení navrhnete nosnou konstrukci domu. Návrh proved'te min. ve dvou variantách. Podrobněji řešte jednu vybranou variantu.

Proved'te statické řešení konstrukce a nadimenzujte její části: např. stropy, sloupy, založení apod. v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu proved'te v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontrol zjednodušenými metodami).

Vypracujte výkresy tvaru, vizualizaci, podrobné výkresy výztuže.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové 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 diplomové práce).

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

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

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

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

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem a statickou analýzou bytového domu. Zadáním práce je navrhnout a posoudit konstrukce přístavby bytového domu. Posouzení konstrukce je provedeno dle ČSN EN 1992-1-1.

KLÍČOVÁ SLOVA

Železobeton, železobetonová deska, železobetonová stěna, železobetonový sloup, železobetonový trám, monolitická konstrukce, zatížení, zatěžovací stavy

ABSTRACT

Diploma thesis deals with the design and static analysis of an apartment building. The main task of thesis is to design and access the constructions of an expansion of an apartment building. The assesment is carried out according to the ČSN EN 1992-1-1.

KEYWORDS

Reinforced concrete, reinforced concrete slab, reinforced concrete wall, reinforced concrete column, reinforced concrete beam, monolithic structure, loads, load cases.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jakub Brázdil. *Statické řešení bytového domu*. Brno, 2022. 24 s., 224 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Statické řešení bytového domu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14.1. 2022

Jakub Brázdil

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Statické řešení bytového domu* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2020

Jakub Brázdil

autor práce

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Miloši Zichovi, Ph.D. za odborné vedení práce, cenné připomínky a čas, který mi věnoval při řešení této problematiky.



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 BYTOVÉHO DOMU

STATIC ANALYSIS OF AN APARTMENT BUILDING

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

Bc. Jakub Brázdil

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2022

Obsah

1. Úvod	4
2. Konstrukční systém	5
2.1 Deska D1	5
2.2 Stěny 3NP	5
2.3 Deska D2	5
2.4 Stěny 2NP	5
2.5 Deska D3	5
2.6 Průvlaky P1 a P2.....	5
2.7 Sloupy.....	5
2.8 Stěny 1NP	6
2.9 Základové patky	6
2.10 Základové pasy	6
3 Materiálové charakteristiky	7
3.1 Beton.....	7
3.2 Ocel.....	7
3.3 Pracovní diagramy	7
4. Výpočetní model.....	8
5 Zatížení a zatěžovací stavy	10
5.1 Stálé zatížení.....	10
5.2 Proměnné zatížení.....	10
5.2.1 Užité zatížení	10
5.2.2 Příčky.....	10
5.2.3 Sníh.....	10
5.2.4 Větr.....	10
5.3 Zatěžovací stavy	10
6 Vyztužení objektu.....	12

6.1 Desky	12
6.2 Stěny	12
6.3 Sloupy	12
6.4 Průvlaky	12
6.5 Základové patky	12
6.6 Základové pasy	12
7. Závěr	14
8 Zdroje	15
8.1 Normy a literatura	15
8.2 Použitý software	15
9 Seznam příloh	16

1. Úvod

Tato práce se zabývá návrhem bytového domu – návrh a posouzení jeho přístavby. Jedná se o trojpodlažní stěnovou konstrukci na základových patkách a základových pasech.

Konstrukce se skládá ze stropních desek, stěn, průvlaků, sloupů, základových patek a základových pasů. Konstrukce je ztužena v příčném směru vnitřními příčnými stěnami.

Pro výpočet vnitřních sil na konstrukci byl použit program Scia Engineer 21.1, pro posouzení průřezů stěn, sloupů a základových pasů byl použit program Idea StatiCa 21.1, návrh výztuže byl proveden ručně.

K práci jsou přiloženy přílohy obsahující statický výpočet a výkresovou dokumentaci.

2. Konstrukční systém

Hlavní nosná konstrukce je tvořena železobetonovými deskami uloženými na stěnách nebo na sloupech. Konstrukční výška 3NP je 2,7 m, u 2NP je to také 2,7 m a u 1NP je 2,4 m.

2.1 Deska D1

Jedná se o spojitou desku působící ve dvou směrech, a to o desku podepřenou po obvodě stěnami 3NP. Tloušťky desky je 160 mm. Rozpětí v podélném směru je 4,05 m; na okrajích 4,3 m; v příčném směru je 7,95 m. Větší výztuž bude navržena v podélném směru. Krytí desky je 30 mm. Deska je z betonu C30/37 a výztuže B500B.

2.2 Stěny 3NP

Jedná se o stěny uložené na desce D2 a podpírající desku D1. Tloušťka obvodových stěn je 300 mm, tloušťka vnitřních stěn je 250 mm. Výška stěn je 2,7 m. Krytí stěn je 30 mm.

2.3 Deska D2

Jedná se o spojitou desku působící převážně v podélném směru vetknutou do stěn. Tloušťka desky je 180 mm. Rozpětí ve směru x (podélný směr) je 4,05 m (na okrajích 4,3 m); ve směru y (příčný směr) je 9,7 m. Větší výztuž bude navržena v podélném směru. Krytí desky je 30 mm. Deska je z betonu C30/37 a výztuže B500B.

2.4 Stěny 2NP

Jedná se o stěny uložené na desce D3 a podpírající desku D2. Tloušťka obvodových stěn je 300 mm, tloušťka vnitřních stěn je 250 mm. Výška stěn je 2,7 m. Krytí stěn je 30 mm.

2.5 Deska D3

Jedná se o částečně lokálně podepřenou desku na sloupech přes průvlaky a obvodově podepřenou desku na stěnách 1NP. Tloušťka desky je 220 mm. Krytí desky 45 mm. Deska je z betonu C30/37 a výztuže B500B.

2.6 Průvlaky P1 a P2

Jedná se o průvlaky roznášející zatížení z desky D3 do sloupů. Rozměry průvlaků jsou 300*300 mm. Krytí průvlaků je 30 mm. Průvlaky jsou z betonu C30/37 a výztuže B500B.

2.7 Sloupy

Jedná se o sloupy podpírající průvlaky a vetknuté do základových patek. Rozměry sloupů jsou 400*300 mm. Výška sloupů je 2,4 m. Krytí sloupů je 30 mm. Sloupy jsou z betonu C30/37 a výztuže B500B.

2.8 Stěny 1NP

Jedná se o stěny podpírající desku D3 a vetknuté do základových pasů. Tloušťka obvodových stěn je 300 mm. Výška stěn je 2,4 m. Krytí stěn je 30 mm. Stěny jsou z betonu C30/37 a výztuže B500B.

2.9 Základové patky

Základové patky podpírají sloupy a jsou uloženy na vrstvě podkladního betonu tloušťky 100 mm. Rozměry patky jsou 1,8*1,7 m, výška patky je 0,6 m. Krytí patek je 40 mm. Patky jsou z betonu C30/37 a výztuže B500B.

2.10 Základové pasy

Základové pasy podpírají stěny 1NP. Rozměry pasu jsou 450*600 mm. Krytí je 30 mm. Pasy jsou z betonu C30/37 a výztuže B500B.

3 Materiálové charakteristiky

Celá posuzovaná konstrukce je navržena z betonu třídy C30/37 a výztuže B500B, stupeň vlivu prostředí je XC1.

3.1 Beton

Beton C30/37

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 38 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk0,05} = 2,0 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk0,95} = 3,8 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 33 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{cu3} = 3,5 \%$$

$$\varepsilon_{c2} = 2,0 \%$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

3.2 Ocel

Výztuž B500B

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

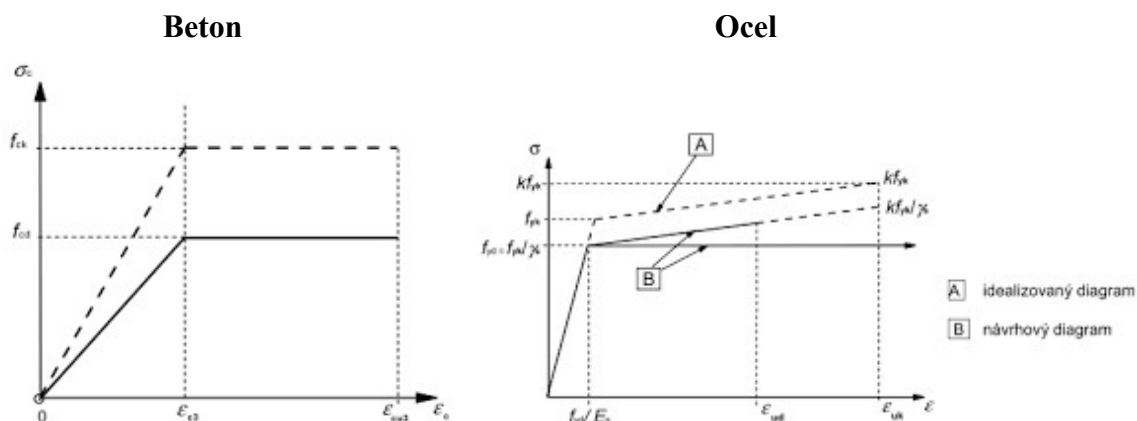
$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

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

$$\varepsilon_s = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200\,000} = 2,17 \%$$

3.3 Pracovní diagramy

Byly uvažovány pracovní diagramy dle ČSN EN 1992-1-1.

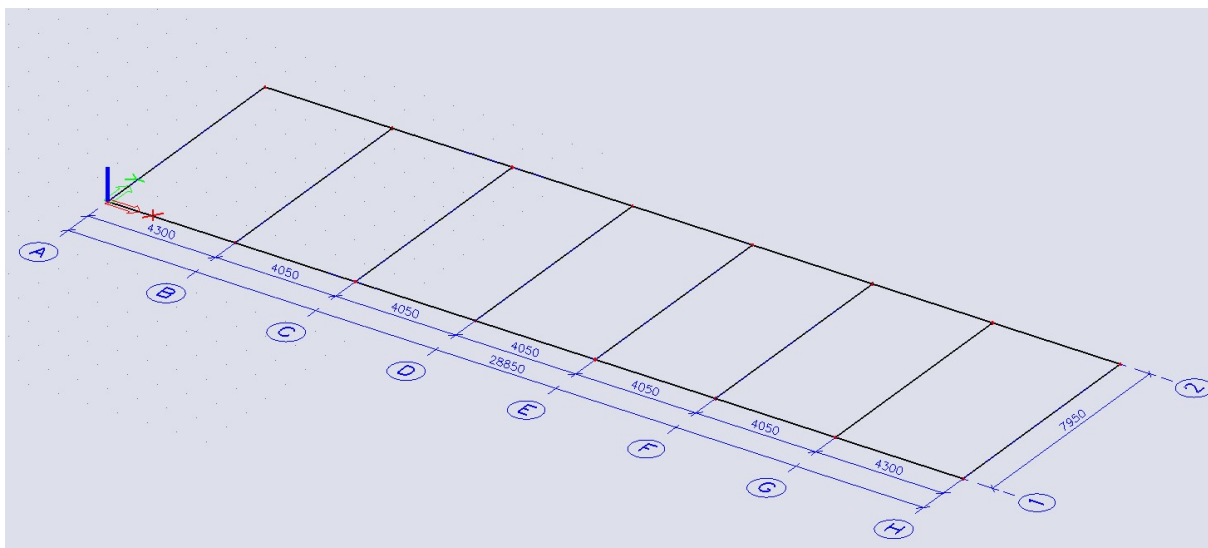


4. Výpočetní model

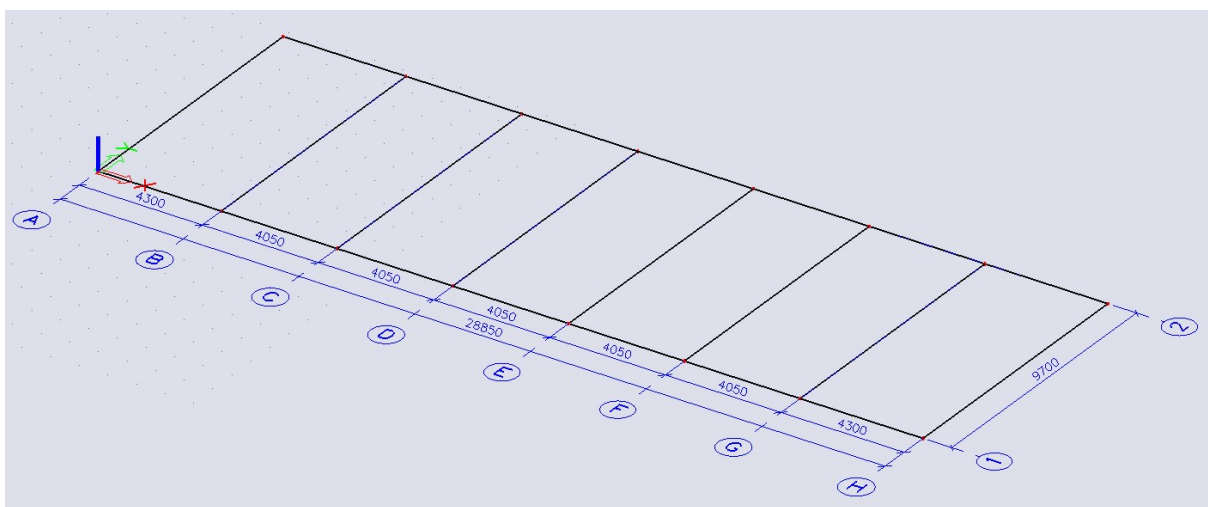
Konstrukce byla vymodelována a vypočítána v programu Scia Engineer 21.1 jako prostorový model.

Byla provedena kontrola správnosti výsledků pro desku D1 a D2. Desky byly pro kontrolu upraveny, aby vyhovovaly možnosti použití zjednodušených ručních výpočetních metod. Pro desku D1 byl použit model 1 a byla použita ruční metoda náhradních nosníků pro desky působící v obou směrech. Pro desku D2 byl použit model 2 a byla použita ruční metoda náhradního nosníku pro desky působící v jednom směru.

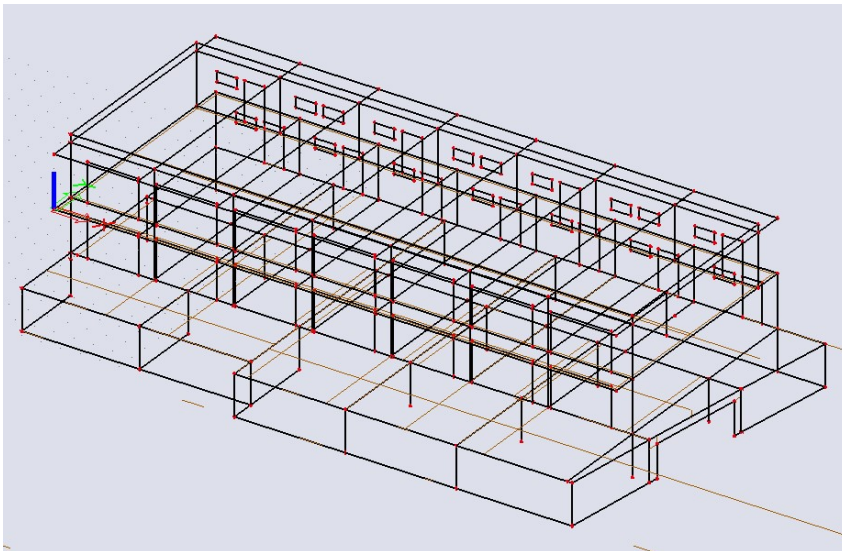
Po zkontrolování obou výpočtů byl použit celkový model konstrukce, z něj byly následně získány vnitřní síly, na které byly nadimenzovány posuzované konstrukce.



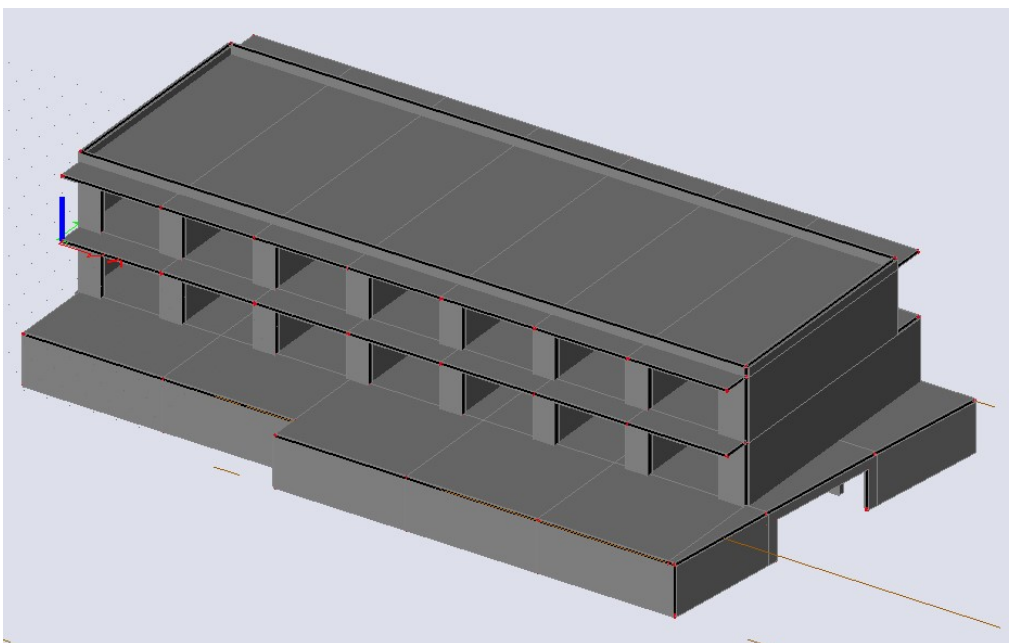
Obrázek 1 Model 1



Obrázek 2 Model 2



Obrázek 3 Celkový model - drátěný model



Obrázek 4 Celkový model

5 Zatížení a zatěžovací stavy

5.1 Stálé zatížení

Pro návrhové hodnoty je uvažován dílčí součinitel stálého zatížení $\gamma_{G,j} = 1,35$. Do stálých zatížení patří zatížení od střechy a vlastní tíha.

5.2 Proměnné zatížení

5.2.1 Užitné zatížení

Užitné zatížení je klasifikováno na základě ČSN EN 1992-1-1. Pro bytový dům se jedná o kategorii A, pro stropy je to $2,0 \text{ kN/m}^2$ a pro konzoly - balkony $2,5 \text{ kN/m}^2$. Pro návrhové hodnoty je zadán dílčí součinitel proměnného zatížení $\gamma_Q = 1,5$.

Zatížení je modelováno jako plošné zatížení v celé ploše desky D1, D2 a D3.

5.2.2 Příčky

V podlaží 12NP a 3NP jsou uvažovány přemístitelné příčky 1 kN/m^2 .

Zatížení je modelováno jako plošné zatížení v celé ploše desky D1, D2 a D3.

5.2.3 Sníh

Sníh je uvažován jako spojitě svislé zatížení působící pouze na střechu celé konstrukce. Dle ČSN EN 1991-1-4 se objekt nachází ve sněhové oblasti IV, dle toho je charakteristická hodnota zatížení na $s = 1,6 \text{ kN/m}^2$.

Zatížení je modelováno jako plošné zatížení v celé ploše desky D1.

5.2.4 Vítr

Vítr je uvažován jako spojitě vodorovné zatížení působící zleva a zprava s odlišnými hodnotami pro tlak na jedné straně objektu a sání na druhé straně. Dle ČSN EN 1991-1-4 se objekt nachází ve větrné oblasti II, dle toho je charakteristická hodnota zatížení pro vztlak $q_{w1} = 0,386 \text{ kN/m}^2$ a pro sání $q_{w2} = -0,338 \text{ kN/m}^2$.

Zatížení je modelováno jako plošné zatížení v celé ploše stěn 3NP, 2NP i 1NP.

5.3 Zatěžovací stavy

1 ZS – vlastní tíha

2 ZS – plochá střecha

3 ZS – podlaha

4 ZS – užitné a příčky

5 ZS – sníh

6 ZS – vítr zleva příčný

7 ZS – vítr zprava příčný

8ZS – vítr zleva podélný

9ZS – vítr zprava podélný

6 Vyztužení objektu

6.1 Desky

Nejprve bylo stanoveno krytí na základě stupně prostředí a konstrukční třídy. Poté byly stanoveny vnitřní síly pomocí programu Scia Engineer 21.1, následně byly provedeny návrhy a posouzení desek.

6.2 Stěny

Nejprve bylo stanoveno krytí na základě stupně prostředí a konstrukční třídy. Poté byly stanoveny vnitřní síly pomocí programu Scia Engineer 21.1, následně byly provedeny návrhy a posouzení stěn v programu IDEA StatiCa 21.1. U většina stěn byla navržena vodorovná i svislá výztuž $\varnothing 12$, pouze u stěny S21 byla navržena vodorovná i svislá výztuž $\varnothing 16$.

6.3 Sloupy

Nejprve bylo stanoveno krytí na základě stupně prostředí a konstrukční třídy. Poté byly stanoveny vnitřní síly pomocí programu Scia Engineer 21.1, následně byl proveden návrh a posouzení sloupu v programu IDEA StatiCa 21.1. Byly navrženy svislé výztuže $4\varnothing 16$ a třmínky $\varnothing 8$ po 200 mm.

6.4 Průvlaky

Nejprve bylo stanoveno krytí na základě stupně prostředí a konstrukční třídy. Poté byly stanoveny vnitřní síly pomocí programu Scia Engineer 21.1, následně byl proveden návrh a posouzení průvlaku. U více namáhaného průvlaku P1 byla navržena horní výztuž $4\varnothing 20$ a dolní $4\varnothing 16$, u méně namáhaného průvlaku byla navržena horní výztuž na $4\varnothing 16$ a dolní na $4\varnothing 10$. Třmínky byly navrženy $4\varnothing 8$ po 175 mm, s výjimkou více namáhaných míst průvlaku P1, kde byly navrženy $4\varnothing 8$ po 100 mm a $4\varnothing 8$ po 75 mm.

6.5 Základové patky

Nejprve bylo stanoveno krytí na základě stupně prostředí a konstrukční třídy. Poté byly stanoveny vnitřní síly pomocí programu Scia Engineer 21.1, následně byl proveden návrh a posouzení patky. Byly navrženy výztuže v podélném směru $\varnothing 16/130$ mm a v příčném směru $\varnothing 16$ po 145 mm.

6.6 Základové pasy

Nejprve bylo stanoveno krytí na základě stupně prostředí a konstrukční třídy. Poté byly stanoveny vnitřní síly pomocí programu Scia Engineer 21.1, následně byl proveden návrh a

posouzení pasů. Byly navrženy horní výztuž 4Ø12, dolní výztuž 4Ø12 a střední výztuž 4Ø12. Byly navrženy třmínky 4Ø8 na pase pod stěnou S12c a v ostatních pasech konstrukční třmínky 4Ø8 po 200 mm.

7. Závěr

V rámci diplomové práce byla navržena nosná konstrukce bytového domu. Analýza vnitřních sil byla provedena v programu Scia Engineer 21.1 a následně byly nadimenzovány vybrané části konstrukcí.

Navrženými konstrukcemi jsou po obvodě podepřená stropní deska nad 3NP, stěny 3NP, po obvodě podepřená stropní deska nad 2NP, stěny 2NP, lokálně podepřená deska nad 1NP, průvlaky pod deskou, sloupy, stěny 1NP, základové patky a základové pasy. U těchto konstrukcí byly posouzeny na mezní stav únosnosti. K vybraným posuzovaným konstrukcím byly vypracovány výkresy tvarů a výztuže.

8 Zdroje

8.1 Normy a literatura

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, 2004
3. ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2013.
4. ČSN EN 1991-1-4 (730035) Aktuální vydání Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007.
5. [ČSN EN 1992-1-1 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1 – 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.
6. ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

8.2 Použitý software

Autodesk AutoCAD 21

Scia Engineer 21.1

IDEA StatiCa 21.1

Microsoft Word

Microsoft Excel

9 Seznam příloh

- č. 1 – Statický výpočet
- č. 2 – Výkres tvaru desky D1
- č. 3 – Výkres tvaru desky D2
- č. 4 – Výkres tvaru desky D3
- č. 5 – Výkres tvaru stěn 3NP
- č. 6 – Výkres tvaru stěn 2NP
- č. 7 – Výkres tvaru stěn 1NP
- č. 8 – Výkres výztuže desky D1 – dolní výztuž
- č. 9 – Výkres výztuže desky D1 – horní výztuž
- č. 10 – Výkres výztuže stěny S31
- č. 11 – Výkres výztuže stěny S33
- č. 12 – Výkres výztuže stěn S32, S34 a S35
- č. 13 – Výkres výztuže desky D2 – dolní výztuž
- č. 14 – Výkres výztuže desky D2 – horní výztuž
- č. 15 – Výkres výztuže stěny S21
- č. 16 – Výkres výztuže stěny S23
- č. 17 – Výkres výztuže stěn S22, S24 a S25
- č. 18 – Výkres výztuže desky D3 – dolní výztuž
- č. 19 – Výkres výztuže desky D3 – horní výztuž
- č. 20 – Výkres výztuže průvlaku P1 a P2
- č. 21 – Výkres výztuže sloupu a patky
- č. 22 – Výkres výztuže stěn 1NP
- č. 23 – Výkres výztuže základového pasu