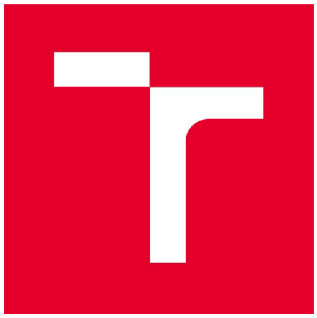


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

KONSTRUKCE BYTOVÉHO DOMU
STRUCTURE OF APARTMENT BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR
Bc. Jan Řihošek

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
Ing. JAN PERLA

BRNO 2021

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
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jan Řihošek
Název	Konstrukce bytového domu
Vedoucí práce	Ing. Jan Perla
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Situace, stavební půdorysy a řezy, IGP
Základní normy (včetně všech změn a doplňků):
ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení 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:
podle doporučení vedoucího diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhněte nosnou konstrukci nízkopodlažního bytového domu (stropní konstrukci navrhněte ve dvou technologiích – montované a monolitické) včetně zohlednění základových podmínek.
Vypracujte výkresy skladby (resp. tvaru) předmětné stropní konstrukce (konstrukční řešení ostatních podlaží dokumentujte schématickými výkresy skladby, resp. tvaru).
Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.
Požadované výstupy:
Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti dle 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)
Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1× 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).

Ing. Jan Perla
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem stropní konstrukce bytového domu ve dvou konstrukčních variantách. Cílem práce je zjištění vnitřních sil, návrh a posouzení ve dvou konstrukčních variantách. Výpočet vnitřních sil je proveden pomocí MKP na 2D modelu stropní desky a na 3D modelu celé budovy v programu Dlubal RFEM 5.24. Práce dále obsahuje posouzení zděných stěn.

KLÍČOVÁ SLOVA

Stropní deska, monolitická konstrukce, montovaná konstrukce, výztuž, železobeton, balkon, schodiště, průvlak, spiroll, filigrán, stěna, zdivo, metoda konečných prvků, vnitřní síly, průhyb

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the design of the floor structure of an apartment building in two structural variants. The aim of the work is to find out the internal forces, design and check in two construction variants. Finite Element Method was used for calculation internal forces using 2D model for floor slab and 3D model of building in the Dlubal RFEM 5.24. The work also includes check of masonry walls.

KEYWORDS

floor slab, cast-in-place structure, prefabricated system, reinforcement, reinforced concrete, balcony, staircase, beam, spiroll, filigree wideslab, wall, masonry, Finite Element Method, internal forces, deflection

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Jan Řihošek *Konstrukce bytového domu.* Brno, 2020. 26 s., 350 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Konstrukce bytového domu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12. 1. 2021

Bc. Jan Řihošek
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

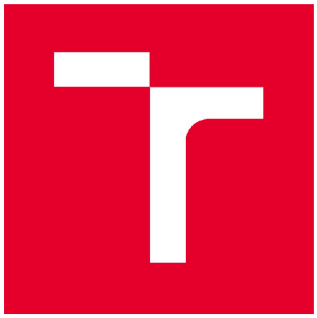
Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Konstrukce bytového domu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2021

Bc. Jan Řihošek
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu inženýru Janu Perlovi za jeho ochotu, čas a odborné rady při konzultacích mé práce.



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

KONSTRUKCE BYTOVÉHO DOMU
STRUCTURE OF APARTMENT BUILDING

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. Jan Řihošek
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. JAN PERLA
SUPERVISOR

BRNO 2021

Obsah

1 Úvod ... 3
2 Popis objektu ... 3
2.1 Obecně ... 3
2.2 Konstrukční systém ... 3
2.2.1 Základové konstrukce ... 3
2.2.2 Vodorovné konstrukce ... 4
2.2.3 Svislé konstrukce ... 4
2.2.4 Propojující konstrukce ... 4
2.2.5 Převislé konstrukce ... 6
3 Materiálové charakteristiky ... 7
3.1 Beton ... 7
3.2 Ocel ... 8
3.3 Zdivo ... 8
3.4 Pracovní diagramy ... 9
4 Zatížení ... 10
4.1 Stálé ... 10
4.2 Užitné ... 10
4.3 Sníh ... 10
4.4 Vítr ... 10
4.5 Údržba ... 10
5 Výpočtové metody ... 11
5.1 Ruční výpočet ... 11
5.2 Metoda konečných prvků ... 11
6 Kombinace ... 11
7 Vyztužování ... 13
8 Porovnání výpočtových metod ... 13
8.1 Ruční výpočet vs. 2D model MKP ... 13
8.2 2D model vs. 3D model ... 14
9 Porovnání konstrukčních variant ... 14
10 Závěr ... 15
11 Zdroje ... 15
11.1 Normy a literatura ... 15
11.2 Technické listy a weby ... 16
11.3 Software ... 16
12 Seznam zkratek a symbolů ... 17
13 Seznam příloh ... 18

1 Úvod

Diplomová práce se zabývá návrhem vybraných nosných konstrukcí bytového domu ve Svitavách, jedná se o nosnou zděnou stěnu, prefabrikovanou balkonovou desku, prefabrikované schodiště a stropní konstrukci nad 1. nadzemním podlažím. Při návrhu bylo řešeno přerušení tepelných mostů u balkonů. Při návrhu prefabrikovaného schodiště bylo zohledněno omezení šíření kročejového hluku. Stropní konstrukce je řešena ve dvou konstrukčních variantách. V monolitické variantě a montované variantě. Monolitická stropní konstrukce byla modelována jako 2D deskový model pro srovnání a pro dimenzování byl vymodelován celý 3D model bytového domu.
Obě varianty byly navrženy a posouzeny na mezní stav únosnosti a na mezní stav použitelnosti. Pro návrh byly použity hodnoty z prostorového modelu z programu RFEM 5.24. Pro prefabrikované prvky byly v programu RFEM vymodelovány prutové modely. Cílem bylo porovnání hodnot vnitřních sil získaných z obou výpočtových modelů a z předběžného ručního výpočtu na monolitické stropní konstrukci. Dále bylo provedeno posouzení střední a obvodové nosné zděné stěny. K výstupům patří příslušná výkresová dokumentace.

2 Popis objektu

2.1 Obecně

Jedná se o čtyřpodlažní obdélníkový objekt, který slouží jako bytový dům. Objekt je umístěný do proluky v ulici Říční ve Svitavách. Bytový dům je nepodsklepený a je vzhledem ke svému dlouhému rozměru rozdělený na dvě dilatační části. Bytový dům je zděný z keramických tvárnic. Střecha je navržena jako plochá střecha. V 1.NP se nachází nebytové a bytové prostory a průjezd z ulice do dvora, v dalších podlažích jsou pouze byty. Objekt je založen na železobetonových základových pasech s piloty, protože se zakládá v místě navážek a málo únosného podloží. Výškové uspořádání objektu vychází od hodnoty 0,000 m = 435,80 m.n.m. B. p. v, která je v úrovni čisté podlahy 1. NP.

2.2 Konstrukční systém

2.2.1 Základové konstrukce

Dle podkladů je bytový dům založen na základových pasech s piloty. Pasy jsou šířky 600 mm jsou zhotoveny ze železobetonu. Piloty jsou pro založení nutné z důvodu navážek a málo únosného podloží v místě založení objektu. Podkladní základová betonová mazanina tloušťky 150 mm je vybetonována na základových pasech a zhutněném zásypu.

Vzhledem k tomu, že základové pasy, uložené na pilotách, jsou tuhého vyztuženého průřezu předpokládá se rovnoměrné sedání objektu, tudíž nebude ovlivněna horní stavba interakcí podloží. Návrh a posouzení základových konstrukcí není předmětem řešení této práce.

2.2.2 Vodorovné konstrukce

Ve stropní konstrukci nad 1. NP je průvlak, který nese nosné vnitřní stěny vyšších podlaží, z tohoto důvodu bylo nutný provést prostorový model celé budovy, aby se zohlednilo spolupůsobení zdiva a vliv na roznosu zatížení v nosných stěnách na průvlak.
Stropní konstrukce byla řešena ve dvou konstrukčních variantách:

1)MONOLITICKÁ STROPNÍ KONSTRUKCE
Deska byla navržena konstantní tloušťky 180 mm.

2) PREFA – MONOLIT STROPNÍ KONSTRUKCE
Ve většině plochy stropu byla deska vyskládána z předpjatých panelů Spiroll tloušťky 200 mm, v místech, kde navazují balkony byly použity předpjaté filigrány, aby bylo dosaženo stejného průhybu s vedlejšími panely Spiroll. Strop okolo schodišťového otvoru byl proveden jako prefa-monolit z filigránu a z monolitického průvlaku a monolitického podestového trámu.

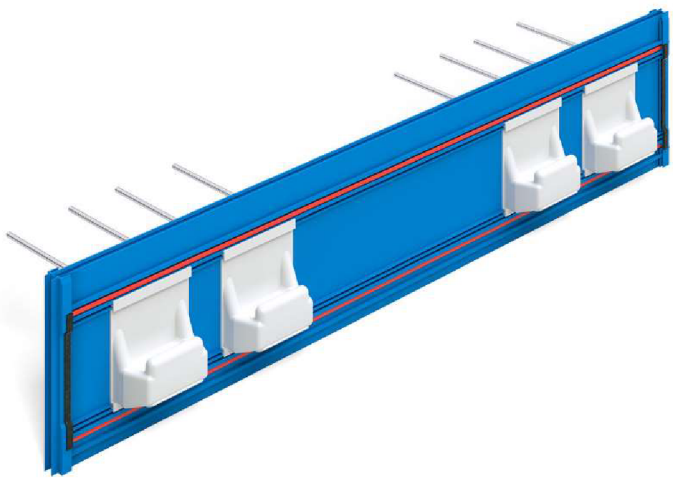
2.2.3 Svislé konstrukce

Podporujícími konstrukcemi jsou obvodové zděné stěny tl. 300 mm a vnitřní nosné akustické stěny tl. 250 mm. Zdivo je provedeno z keramických tvárnic HELUZ. Obvodové stěny budou zatepleny polystyrenem tloušťky 100 mm. Pro střední nosné zdivo byly zvoleny tvárnice, u kterých se promaltovávají styčné spáry. Promaltované styčné spáry jsou nutné pro přenos tlaku ve vodorovném směru. Vodorovný tlak ve zdivu vznikne v místě, kde je zdivo vynášeno průvlakem. U průvlaku dojde k průhybu a tím ve zdivu dojde ke klenebnímu účinku a zdivo bude roznášet zatížení více do podpor průvlaku. Zdivo bylo do modelu zadáno jako izotropní nelineární materiál bez tahové pevnosti.

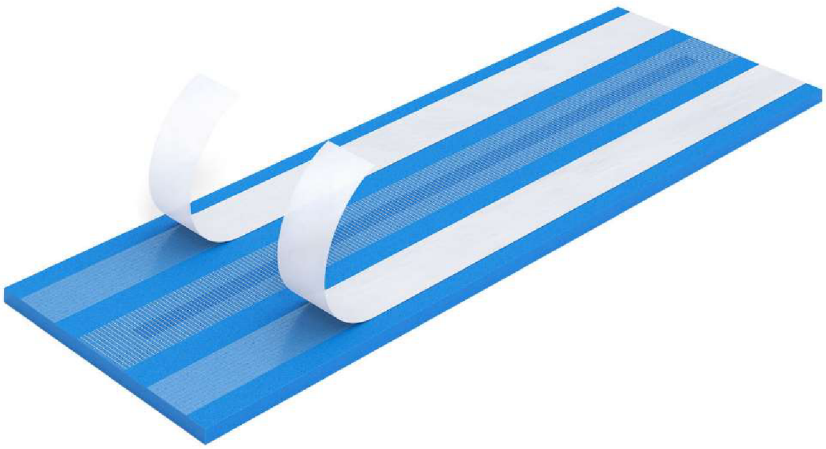
2.2.4 Propojující konstrukce

Podlaží jsou propojena dvakrát zalomeným prefabrikovaným schodištěm. Schodiště je napojeno na navazující stropní konstrukce pomocí nosného prvku Schöck Tronsole typ T a na podkladní základovou mazaninu pomocí prvku Schöck Tronsole typ B+D pro omezení šíření kročejového hluku. Nosný prvek Schöck Tronsole typ T přenáší pouze posouvající sílu ve svislém směru, takže v místě napojení schodiště na strop bude kloub. Prvek Schöck Tronsole typ T bude v prefě zabetonován do schodišťového ramene a poté jako součást schodiště bude zabetonován do podesty. Schodiště bylo zvlášť v RFEMU

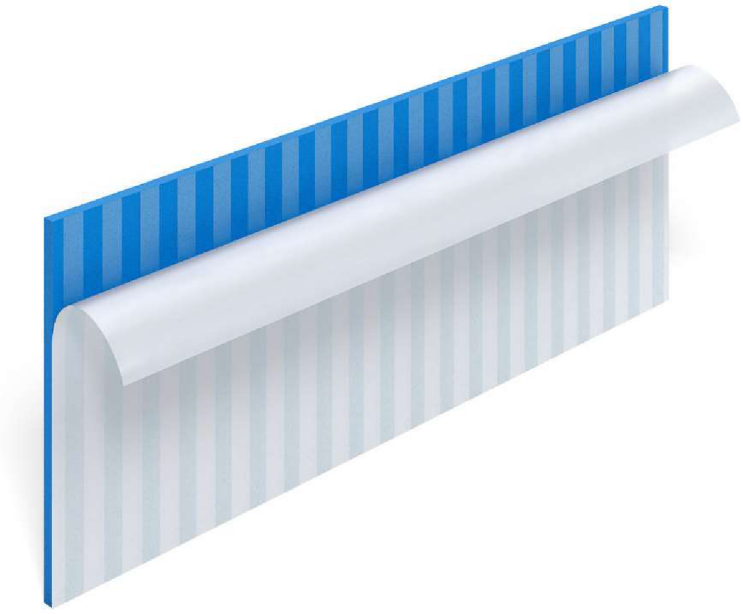
modelováno jako prutový model a hodnoty reakcí z podpor byly do 2D a 3D modelu vloženy jako zatížení v místě napojení schodiště. Schodiště je navrženo šířky 1200 mm a tloušťky 240 mm. Schodiště bylo zvoleno jako prefabrikované s betonem vyšší třídy, protože je většího rozpětí a je nutno aby vyhovělo na přetvoření. Nášlapné vrstvy schodiště budou provedeny z keramické dlažby. Do spár mezi schodištěm a stěnou je nutno dát spárové desky Schöck Tronsole® typ L



Obr. 2. 1: Schöck Tronsole® typ T 1



Obr. 2. 2: Schöck Tronsole® typ B 1



Obr. 2. 3: Schöck Tronsole® typ L

2.2.5 Převislé konstrukce

Balkony budou řešeny jako prefabrikované balkónové desky. Balkonová deska bude v prefě osazena nosným prvkem Schöck Isokorb® T typ K-O pro přerušení tepelného mostu v místě napojení na stropní konstrukci. Balkony se stropem se napojí pomocí napojovací výztuže a zabetonováním. Balkony byly provedeny z betonu vyšší třídy, aby byly více mrazuvzdorné. Balkonová deska je tloušťky 160 mm.

Obr 2. 4: Schöck Isokorb® T typ K-O

3 Materiálové charakteristiky

3.1 Beton

- **Stropní konstrukce**

Čerstvý beton: C30/37 – XC1 (CZ, F.1) – Cl 0,4 – Dmax16 – S3 – dle ČSN EN 206

Pevnostní třída		C30/37
Charakteristická válcová pevnost v tlaku	fck	= 30,0 MPa
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	γc	= 1,5
Návrhová pevnost v tlaku	fcd	= 20,00 MPa
Charakteristická pevnost v tahu	fctm	= 2,9 MPa
Modul pružnosti	E_{cm}	= 33,0 GPa
Mezní poměrné přetvoření	$\varepsilon cu3$	= 3,5 ‰
Přetvoření na mezi pevnosti	$\varepsilon c3$	= 1,75 ‰

- **Schodiště**

Čerstvý beton: C45/55 – XC1 (CZ, F.1) – Cl 0,4 - Dmax16– S3 – dle ČSN EN 206

Pevnostní třída		C45/55
Charakteristická válcová pevnost v tlaku	fck	= 45,0 MPa
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	γc	= 1,5
Návrhová pevnost v tlaku	fcd	= 30,00 MPa
Charakteristická pevnost v tahu	fctm	= 3,8 MPa
Modul pružnosti	E_{cm}	= 36,0 GPa
Mezní poměrné přetvoření	$\varepsilon cu3$	= 3,5 ‰
Přetvoření na mezi pevnosti	$\varepsilon c3$	= 1,75 ‰

- **Balkony**

Čerstvý beton: C45/55 – XC4, XF3 (CZ, F.1) – Cl 0,4 - Dmax16– S2 – dle ČSN EN 206

Pevnostní třída		C45/55
Charakteristická válcová pevnost v tlaku	fck	= 45,0 MPa
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	γc	= 1,5
Návrhová pevnost v tlaku	fcd	= 30,00 MPa
Charakteristická pevnost v tahu	fctm	= 3,8 MPa
Modul pružnosti	E_{cm}	= 36,0 GPa
Mezní poměrné přetvoření	$\varepsilon cu3$	= 3,5 ‰
Přetvoření na mezi pevnosti	$\varepsilon c3$	= 1,75 ‰

3.2 Ocel

Výztuž	B500B	
Charakteristická mez kluzu oceli	f_{yk}	= 500,0 MPa
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	γ_s	= 1,15
Návrhová mez kluzu oceli	f_{yd}	= 434,78 MPa
Modul pružnosti oceli	E_s	= 200,0 GPa
Přetvoření	εyd	= 2,17 ‰

3.3 Zdivo

- **Heluz 30 UNI**

Skupina: 2
Kategorie: 1

Průměrná pevnost v tlaku	fu	= 12,5 MPa
Normalizovaná pevnost v tlaku	fb	= 14,22 MPa
Malta MVC	f_m	= 10,0 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku	f_k	= 5,758 MPa
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	γ_M	= 2,0
Návrhová pevnost v tlaku	f_d	= 2,879 MPa
Modul pružnosti zdiva	E	= 5758 MPa

- **Heluz AKU 25 MK**

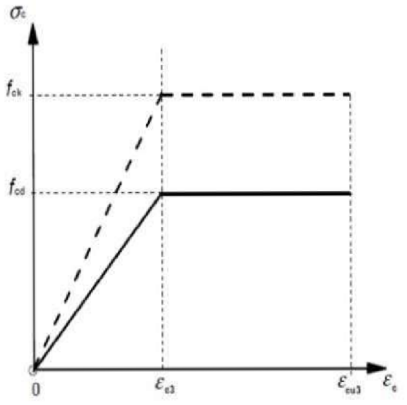
Skupina: 2
Kategorie: 1

Průměrná pevnost v tlaku	fu	= 20,0 MPa
Normalizovaná pevnost v tlaku	fb	= 22,76 MPa
Malta MVC	f_m	= 10,0 MPa
Charakteristická pevnost v tlaku	f_k	= 8,003 MPa
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	γ_M	= 2,0
Návrhová pevnost v tlaku	f_d	= 4,00 MPa
Modul pružnosti zdiva	E	= 8003 MPa

3.4 Pracovní diagramy

Bylo uvažováno s pracovní diagramy dle ČSN EN 1992-1-1; ČSN EN 1996-1-1

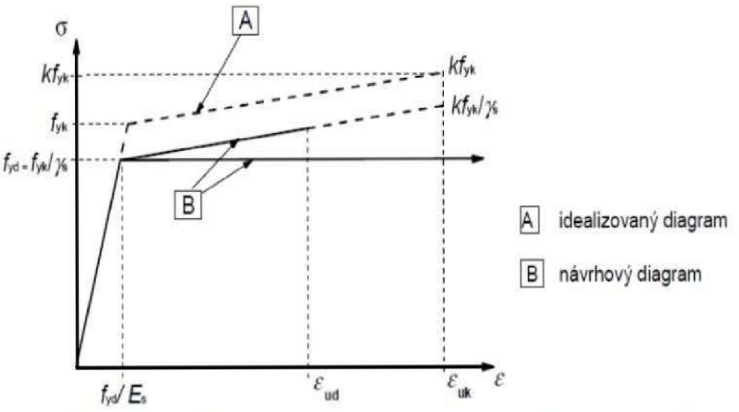
Beton



Obrázek 3.4 – Bilineární pracovní diagram

[obr. 3.4, ČSN EN 1992-1-1]

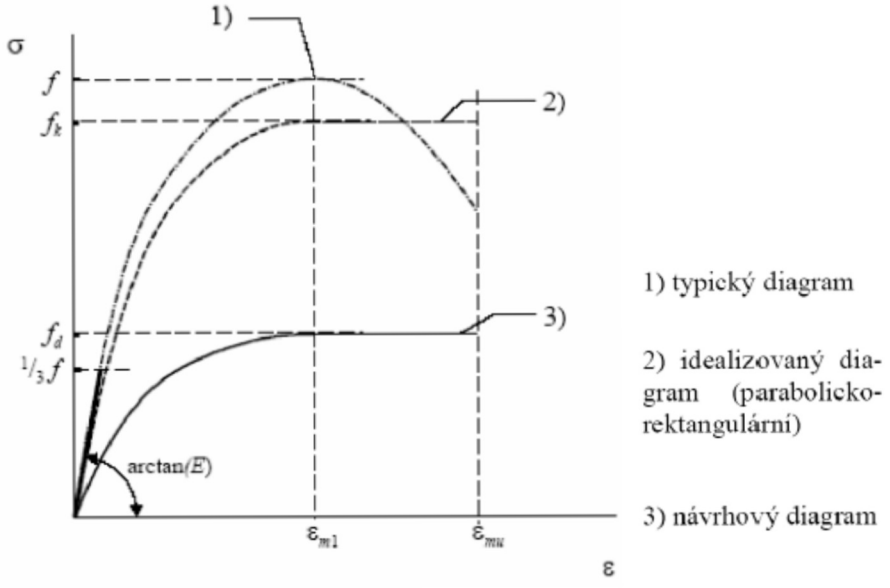
Ocel



Obrázek 3.8 – Schéma pracovních diagramů betonářské oceli (pro tah i tlak)

[obr. 3.8, ČSN EN 1992-1-1]

Zdivo



ČSN EN 1996-1-1

4 Zatížení

4.1 Stálé

Do stálého zatížení se uvažuje vlastní tíha konstrukce, skladby a zděné příčky.

4.2 Užitné

Užitné zatížení dle ČSN EN 1991-1-1 odpovídá kategorii A (obytné plochy). Pro dané využití stropu bylo zvoleno zatížení 1,5 kN/m^2, pro schodiště 3,0 kN/m^2 a pro balkony 3,0 kN/m^2. Se zatížením je uvažováno v celé ploše stropní desky a v šachu 1 a šachu 2 a v liniích ve dvou směrech.

4.3 Sníh

Objekt se podle ČSN EN 1991-1-3 nachází ve sněhové oblasti III, charakteristická hodnota zatížení od sněhu je 1,5 kN/m^2. Se zatížením od sněhu je uvažováno v celé ploše střechy.

4.4 Vítr

Objekt se dle ČSN EN 1991-1-4 a mapy nachází ve větrné oblasti III a podle okolní zástavby kategorie terénu odpovídá III kategorii.

4.5 Údržba

Jako další proměnné zatížení bylo uvažováno zatížení od údržby na střeše s hodnotou 0,75 kN/m^2 (kategorie H). Se zatížením od údržby je uvažováno v celé ploše střechy a střídá se se zatížením od sněhu.

5 Výpočtové metody

Pro zjištění vnitřních sil u monolitické varianty byla použita metoda konečných prvků v Rfemu na 2D a 3D modelu, dále pro porovnání byly ručně vypočteny vnitřní síly na stropní desce v jednom poli jako na desce po obvodě podepřené. Zjištěné hodnoty poté byly mezi sebou porovnány.

5.1 Ruční výpočet

Na stropní desce v jednom poli a v obou směrech byly vypočteny ohybové momenty metodou pro desku podepřenou po obvodě. Vnitřní síly byly spočteny pouze pro zatížení od vlastní tíhy monolitické stropní desky. Ve 2D a 3D modelu byly v tomhle místě udělány řezy pro porovnání ohybových momentů. Hodnoty z ručního výpočtu byly použity pouze pro kontrolu hodnot z metody konečných prvků.

5.2 Metoda konečných prvků

Pro monolitickou konstrukční variantu byl vytvořen 2D deskový model a 3D prostorový model celé budovy v programu RFEM 5.24. Výpočet byl proveden podle Kirchhoffovy teorie desek. Průvlak v desce byl vymodelován jako žebrový prut se spolupůsobící deskou, tzv. T-průřez.
U 2D modelu byly stěny vymodelovány jako kloubové liniové podpory. Hodnoty byly vypočteny lineárním výpočtem.
U 3D modelu byl vymodelován celý nosný systém budovy. Stěny byly modelovány jako izotropní zdivo, které je uloženo na liniových kloubových podporách (základové pasy). Protože se před betonáží stropu na hlavu stěn dává asfaltový pás, byl do spoje hlavy stěny a stropu vložen liniový kloub. Spojení stropu a paty stěny se uvažuje jako tuhé spojení. U prostorového modelu byly hodnoty vypočteny nelineárním výpočtem.
Pro montovanou variantu řešení byly sestaveny pouze prutové modely jednotlivých prvků v programu RFEM 5.24.

6 Kombinace

Ve 2D modelu byly programem automaticky sestaveny kombinace výsledků podle kombinačních rovnic 6.10a a 6.10b. Pro mezní stav použitelnosti byly vytvořeny kombinace z rovnice charakteristické, časté a kvazistálé dle rovnic 6.14b, 6.15b, 6.16b. Ve 3D modelu, protože se jedná o nelineární výpočet, byly ručně sestaveny kombinace zatížení bez kombinačních součinitelů a následně byly sestaveny kombinace výsledků, které vznikli přenásobením kombinací zatížení průměrným součinitelem zatížení.

Průměrný součinitel zatížení byl stanoven z kombinačních rovnic 6.10a a 6.10b a jeho hodnota vyšla 1,3.

Kombinační rovnice dle ČSN EN 1990

Rovnice 6.10a – MSÚ

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

Rovnice 6.10b – MSÚ

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

Rovnice 6.14b – MSP charakteristická

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}"+"P"+"Q_{k,1}"+"\sum_{i>1}\psi_{0,i}Q_{k,i}$$

Rovnice 6.15b – MSP častá

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}"+"P"+"\psi_{1,1}Q_{k,1}"+"\sum_{i>1}\psi_{2,i}Q_{k,i}$$

Rovnice 6.16b – MSP kvazistálá

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}"+"P"+"\sum_{i>1}\psi_{2,i}Q_{k,i}$$

Pro výpočet byly použity kombinační součinitele dle ČSN EN 1990:
Dílčí součinitele spolehlivosti:

Stálé zatížení – nepříznivé účinky	$\gamma_{G,sup} = 1{,}35$
Stálé zatížení – příznivé účinky	$\gamma_{G,inf} = 1{,}0$
Proměnné zatížení – nepříznivé účinky	$\gamma_{Q,sup} = 1{,}50$
Proměnné zatížení – příznivé účinky	$\gamma_{Q,inf} = 0{,}0$

Kombinační součinitele:

Užitné - kategorie C3	$\psi_0 = 0{,}7$	$\psi_1 = 0{,}7$	$\psi_2 = 0{,}6$
Sníh, voda v drenážní vrstvě	$\psi_0 = 0{,}5$	$\psi_1 = 0{,}2$	$\psi_2 = 0{,}0$
Redukční součinitel stálých nepříznivých účinků			$\xi = 0{,}85$

7 Vyztužování

Stropní monolitická deska

Hodnoty vnitřních sil byly převzaty z programu RFEM 5.24 z prostorového modelu. Deska je namáhána kombinací ohybového momentu a normálové síly. Návrh výztuže byl proveden pomocí softwaru IDEA STATICA RCS a vycházel z předpokladu rovnováhy vnitřních sil na průřezu.

Deska byla vyztužena základní sítí s doplněním příložek v oblastech, ve kterých by základní síť nepřenesla návrhové vnitřní síly $M_{Ed} + N_{ED}$. Základní sít byla navržena jako Ø8/210 při obou površích desky stejně. Hodnota únosnosti M_{Rd} byla pro dolní výztuž zredukována o 10 % kvůli případné redistribuci ohybových momentů. U horního líce se redistribucí neuvažuje. Hodnota M_{Rd} byla poté v programu RFEM 5.24 nastavena jako spodní hranice vykreslovaní izoploch dimenzačních momentů a zobrazily se tak oblasti, pro které je základní síť nedostačující a tyto oblasti byly dovyztuženy potřebnými příložkami.

Průvlak

Hodnoty vnitřních sil byly převzaty z programu RFEM 5.24 z prostorového modelu. Průvlak je namáhán kombinací ohybového momentu, normálové síly, posouvající síly a kroutícího momentu. Návrh výztuže byl proveden pomocí softwaru IDEA STATICA RCS a byl ručně ověřen ve dvou řezech.

Další konstrukční prvky

Další konstrukční prvky byly uvažovány jako prutové konstrukce a byly posouzeny ručně.

8 Porovnání výpočtových metod

Ve statickém výpočtu bylo provedeno porovnání všech výpočtových metod ve všech řezech.

8.1 Ruční výpočet vs. 2D model MKP

Ohybové momenty [kNm/m]

ŘEZ	POLOHA	RUČNÍ VÝPOČET	2D MODEL	ODCHYLKA
A-A	levá podp.	-6,04	-8,1	34%
	pole	3,02	2,8	-7%
	pravá podp.	-6,04	-6,7	11%
B-B	levá podp.	0	0	-
	pole	2,67	2,3	-14%
	pravá podp.	-4,76	-4,9	3%
C-C	levá podp.	-9,38	-6,8	-28%
	pole	4,69	4,1	-13%
	pravá podp.	-9,38	-7,4	-21%

Z tabulky je vidět, že je velký rozptyl odchylek, nejmenší odchylka je 3% a největší odchylka je 34%. To je pravděpodobně způsobený tím, že u ručního výpočtu byly hodnoty odhadovány pomocí statických tabulek dle okrajových podmínek.

8.2 2D model vs. 3D model

Ohybové momenty [kNm/m]

ŘEZ	POLOHA	2D MODEL	3D MODEL	ODCHYLKA
A-A	levá podp.	-8,1	-6,9	-15%
	pole	2,8	2,33	-17%
	pravá podp.	-6,7	-5,44	-19%
B-B	levá podp.	0	-1,7	-
	pole	2,3	2,46	7%
	pravá podp.	-4,9	-5,61	14%
C-C	levá podp.	-6,8	-5,1	-25%
	pole	4,1	3,9	-5%
	pravá podp.	-7,4	-6,9	-7%

Průměrná odchylka vychází na 13%. Většina ohyb. momentů pro 3D model vychází v absolutní hodnotě menší. To je způsobený tím, že u 2D modelu jsou nulové normálové síly, ale ve 3D modelu jsou nenulové normálové síly.

9 Porovnání konstrukčních variant

Montovaný strop z panelů Spiroll by měl být levnější než monolitický strop, protože dojde k značné úspoře práce na stavbě. Většina stropní plochy je vyskládána z panelů Spiroll, takže tato konstrukční varianta by měla být levnější. Stropní konstrukce střechy je celá vyskládána z panelu Spiroll, tady bude finanční úspora výrazná oproti variantě monolit. Přesto u této montované varianty řešení se nevyhneme mokrému procesu, vázání výztuže a montáži bednění, protože v menší části stropní plochy se vyskytují monolitické a prefa-monolitické konstrukční prvky, kvůli tomu nebude cenový rozdíl mezi konstrukčními variantami výrazný, jako kdyby celý bytový dům byl vhodněji navržen pro montovanou variantu, ale tento objekt byl dle podkladů navržen pro monolitickou variantu. Také nevýhodou montované varianty pro tento objekt je to, že v 1.NP musely být přidány překlady do některých otvorů ve vnitřních stěnách. Podle podkladů tam překlady být neměly a monolitická varianta byla provedena bez těchto překladů, protože se dá předpokládat, že v těchto místech pod stropem budou probíhat vodorovné rozvody potrubí. Myslím si, že pro tento objekt je vhodnější monolitická varianta řešení.

10 Závěr

Stropní konstrukce byla navržena a posouzena ve dvou konstrukčních variantách. Monolitická konstrukce byla analyzována pomocí deskového a prostorového modelu metodou konečných prvků a pro kontrolu ověřena ručním výpočtem. Výpočetní modely byly porovnány, kdy na prostorovém modelu vyšly menší ohybové momenty, ale zase vyšly normálové síly, které u deskového modelu nebyly. Z porovnání lze konstatovat, že oba modely jsou pro další výpočty vhodné, ale ve 2D modelu nelze zohlednit příznivý vliv na roznosu zatížení u nosného zdiva nad průvlakem. Pro další výpočty byly použity hodnoty návrhových vnitřních sil vypočtené z prostorového modelu. Schodiště a balkony pro všechny varianty byly navrženy jako prefabrikované prvky, které budou se stropem spojeny betonáží přes napojovací prvky, které jsou součástí prefabrikátů. Dále v této práci bylo posouzeno zdivo z keramických tvárnic pro monolitickou variantu řešení.

11 Zdroje

11.1 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 1991-1-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru. Praha: Český normalizační institut, 2004.

[4] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2013.

[5] ČSN EN 1991-1-4 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem

[6] ČSN EN 1996-1-1 +A1 (731101) Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce

[7] 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.

[8] ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

[9] Jan Řihošek Zastřešení podzemního parkoviště betonovou deskou. Brno, 2019. 21 s., 352 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

[10] ZICH, Miloš a kol. Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů, Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.

11.2 Technické listy a weby

[11] Schöck-Wittek [online]. Dostupné z: https://www.schoeck-wittek.cz/cs/home

[12] Heluz [online]. Dostupné z: https://www.heluz.cz/

[13] Halfen [online]. Dostupné z: https://www.halfen.com/cz/

[14] Prefa Brno [online]. Dostupné z: https://www.prefa.cz

[15] CZ Nord [online]. Dostupné z: https://cznord.cz/informace-predpjate-filigrany/

[16] Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D. [online]. Dostupné z: https://vutbr.sharepoint.com/sites/Svarickova

11.3 Software

Dlubal RFEM 5.24.
FIN EC 2021 - Zdivo
Autodesk AutoCAD 2021
Idea Statica RCS
SW Schöck Isokorb®
Microsoft Office Excel
Microsoft Office Word

12 Seznam zkratek a symbolů

f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_d	návrhová pevnost zdiva v tlaku
f_k	charakteristická pevnost zdiva v tlaku
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v tahu
fctk; 0,05	5% kvantil pevnosti betonu v tahu
fctm	průměrná pevnost betonu v tahu
f_{cm}	průměrná pevnost betonu v tlaku
f_{yd}	návrhová mez kluzu oceli
f_{yk}	charakteristická mez kluzu oceli
E	modul pružnosti
εcu	mezní poměrné přetvoření betonu v tlaku
ε_s	poměrné přetvoření betonářské výztuže
γ_c	dílčí součinitel betonu
γ_s	dílčí součinitel výztuže
G_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
Q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení
G_d	návrhová hodnota stálého zatížení
Q_d	návrhová hodnota proměnného zatížení
s	návrhové zatížení sněhem
s_k	charakteristické zatížení sněhem
qp(z)	maximální dynamický tlak větru
ψ	kombinační součinitel
ξ	redukční součinitel stálých nepříznivých účinků
h	výška
b	šířka
l	rozpětí
l_n	světlé rozpětí
ϕ	průměr výztuže
cnom	nominální krytí výztuže
d_g	největší jmenovitý průměr zrn kameniva
A_c	plocha betonu
A_{st}	plocha výztuže
Ast,min	minimální plocha výztuže
$A_{st,max}$	maximální plocha výztuže
l_0	návrhová přesahová délka
l0,min	minimální přesahová délka
lb,min	minimální kotevní délka
l_{bd}	návrhová kotevní délka
lbd,rqd	základní kotevní délka
η_1	součinitel podmínek betonáže
η_2	součinitel zohledňující velikost zrn kameniva
α1	součinitel tvaru prutů

α_2	součinitel pro krycí vrstvu
α_3	součinitel ovinutí příčnou výztuží
α_4	součinitel ovinutí přivařenou příčnou výztuží
$\alpha 5$	součinitel ovinutí příčným tlakem
$\alpha 6$	součinitel procenta stykování výztuže
x	poloha neutrální osy
x_{lim}	limitní poloha neutrální osy
z	rameno vnitřních sil
M_{Rd}	moment na mezi únosnosti
M_{Ed}	návrhový moment
M_{crtit}	moment na mezi vzniku trhlin
νEd	maximální smykové napětí
$\nu Rd,c$	smyková únosnost prvku bez smykové výztuže
ρ	stupeň vyztužení
f	průhyb

13 Seznam příloh

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže

P3. Statický výpočet