



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

**ŽELEZOBETONOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE
POLYFUNKČNÍ BUDOVY**

REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michael Borovec

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL ŠULÁK, Ph.D.

BRNO 2020



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	Michael Borovec
Název	Železobetonová nosná konstrukce polyfunkční budovy
Vedoucí práce	Ing. Pavel Šulák, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Stavební podklady

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 vedoucího práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci bakalářské práce proveďte celkovou předběžnou statickou analýzu železobetonového skeletu. Následně navrhnete a posudíte železobetonovou monolitickou stropní konstrukci typického podlaží případně další dílčí části konstrukce dle domluvy s vedoucím práce. Pro analýzu nosné konstrukce použijte vhodný výpočetní program MKP. Takto získané výsledky ověřte zjednodušenou ruční metodou. Posouzení prvků proveďte podle mezního stavu únosnosti a též ověřte mezní stav použitelnosti. Kromě statické analýzy bude vypracována i výkresová dokumentace (výkres tvaru a výkres výztuže) v odpovídající kvalitě a rozsahu odpovídající bakalářské práci.

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)

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 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. Pavel Šulák, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá stavbou polyfunkčního domu o čtyřech nadzemních a jednom podzemním podlaží. V podzemním podlaží budou umístěny skladovací kóje pro byty a obchody, v prvním nadzemním patře obchody a ve zbývajících nadzemních podlažích bytové jednotky. Prvky určené k výpočtu jsou stropní deska, sloup a schodiště. Stropní deska je řešena jako železobetonový lokálně podepřená sloupy, vyztužená v obou směrech. Pro výpočet vnitřních sil byl použit program SCIA Engineer 19.1. Pro ověření správnosti výsledku byly použity ruční výpočty. Součástí práce jsou výkresy vyztužení desky, schodiště a sloupu. Konstrukce jsou navrženy a posouzeny dle ČSN EN 1992-1-1.

Klíčová slova

Polyfunkční dům, lokálně podepřená stropní deska, sloup, schodiště, SCIA Engineer, zatížení, zatěžovací stavy, ohybové momenty, dimenzování, beton, výztuž, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, průhyb, výkresová dokumentace.

Abstract

This bachelor thesis deals with the construction of a multifunctional building on four floors and one basement. In the basement will be located the warehouses, on the ground floor will be located offices and on the second, third and fourth floor will be located flats. The ceiling slab of the first floor, staircase and column is designed. The ceiling slab is designed as reinforced concrete locally supported by columns, reinforced in both directions. Program SCIA Engineer 19.1 is used to calculate the internal forces. To verify the accuracy of the results is used manual calculation. The work includes drawings of the slab, staircase and column reinforcement. The building is designed according to ČSN EN 1992-1-1.

Keywords

Multifunctional building, locally supported reinforced slab, column, staircase, SCIA Engineer, load cases, bending moment, design of reinforcement, concrete, reinforcement, ultimate limit state, ultimate and serviceability limit state, deflection, drawing documentation.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Michael Borovec „*Železobetonová nosná konstrukce polyfunkční budovy.*“ Brno, 2020.
5 s., 109 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Pavel Šulák, Ph.D.

**PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY
ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem „*Železobetonová nosná konstrukce polyfunkční budovy*“ je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 5. 6. 2020

Michael Borovec
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Železobetonová nosná konstrukce polyfunkční budovy*“ zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 5. 6. 2020

Michael Borovec
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Pavlu Šulákovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, pomoc, ochotu, čas a cenné rady při psaní bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval rodině a přátelům, kteří mě podporovali v průběhu celého studia.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Popis objektu.....	1
3. Popis konstrukce	1
3.1 Železobetonová deska.....	1
3.2 Svislé konstrukční prvky	2
3.3 Železobetonové schodiště.....	2
4. Použité materiály	2
5. Zatížení.....	2
6. Vnitřní síly.....	3
7. Návrh výztuže.....	3
7.1 Stropní deska.....	3
7.2 Schodiště	4
7.3 Sloup	4
8. Mezní stav použitelnosti.....	4
9. Závěr.....	5

1. Úvod

Bakalářská práce se zabývá statickým řešením vybraných železobetonových konstrukcí polyfunkční budovy. Cílem bylo navrhnout a posoudit železobetonovou konstrukci stropní desky nad prvním podzemním podlažím, železobetonové schodiště a vnitřní sloup. Pro výpočet vnitřních sil byl použit 3D model v programu SCIA Engineer 19.1. Výsledky ověřeny pomocí ručních výpočtů. Železobetonová stropní deska je dimenzována na ohyb, protlačení a řetězové zřícení, dále posouzena na účinky druhého mezního stavu. Železobetonové schodiště je dimenzováno na ohyb. Navržená výztuž zakreslena do přiložených výkresů. Všechny konstrukce byly navrženy dle norem ČSN EN.

2. Popis objektu

Řešený objekt je polyfunkční dům navržený s jedním podzemním a čtyřmi nadzemními podlažními. V podzemním podlaží se nachází skladovací kóje pro bytové jednotky. V prvním nadzemním podlaží kancelářské provozy, v následujících patrech jsou umístěny bytové jednotky. Půdorys objektu je ve tvaru obdélníku o rozměrech 21,45 x 15,45 m. Jednotlivá pole desky mají rozměry 7 x 5 m. Konstruktivní výška podzemního podlaží je 3,0 m, konstruktivní výška nadzemních podlaží je 3,4 m. Jedná se o kombinovaný nosný systém, který tvoří vnitřní zděné ztužující jádro a železobetonové sloupy. Zastřešení tvoří jednoplášťová střecha. Pro zajištění vodorovné tuhosti slouží ztužující jádro. Vertikální spojení mezi patry tvoří železobetonové schodiště a výtah, které jsou umístěny ve ztužujícím jádru. Obvodový plášť je tvořen předsazenou sklohliníkovou konstrukcí kotvenou do železobetonové desky.

3. Popis konstrukce

3.1 Železobetonová deska

Stropní deska je řešena jako lokálně podepřená železobetonová deska, která je pnutá v obou směrech. Jednotlivá pole desky mají rozměry 7 x 5 m. Tloušťka desky je 0,26 m.

3.2 Svislé konstrukční prvky

Sloupy, podpírající železobetonovou desku, mají velikost 0,45 x 0,45 m. Výška sloupu v prvním podzemním patře je 3,025 m, výška v nadzemních patrech je 3,4 m. Ztužující stěna má tloušťku 0,3 m, ta ovšem není v bakalářské práci řešena.

3.3 Železobetonové schodiště

Železobetonové schodiště, spojující jednotlivá podlaží, je navrženo ve tvaru písmene L, podepřeno deskou na nástupním a výstupním rameni a vetknutím podesty do nosné stěny, která schodiště ohraničuje.

4. Použité materiály

Beton C25/30

- Charakteristická pevnost betonu v tlaku $f_{ck}=25 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost betonu v tlaku $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_s} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$
- Pevnost betonu v tahu $f_{ctm}=2,6 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti betonu $E_{cm}=31 \text{ GPa}$
- Mezní přetvoření betonu $\epsilon_{cu3}=0,0035$

Ocel B500B

- Charakteristická mez kluzu $f_{yk}=500 \text{ MPa}$
- Návrhová pevnost oceli $f_{cd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$
- Modul pružnosti oceli $E_s=200 \text{ GPa}$
- Minimální přetvoření výztuže $\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200 \cdot 10^3} = 0,00217$

5. Zatížení

Do stálého zatížení byla započítána vlastní tíha železobetonové desky, podlaha, střešní plášť, atika, předsazená sklohraničovací konstrukce a mezibytové stěny.¹ Proměnné zatížení je složeno z užitného zatížení (provoz a příčky) a ze zatížení sněhem.

¹ Kompletní skladby viz P3) Statický výpočet

Stálé:

- Vlastní tíha železobetonové desky...6,86 kN/m²
- Podlaha...2,185 kN/m²
- Střešní plášť...0,112 kN/m²
- Atika...2,708 kN/m
- Předsazená sklohliníková konstrukce...3,4 kN/m²
- Mezibytová stěna...10,498 kN/m

Proměnné:

- Užité – Kat. B...3 kN/m²
- Užité – příčky...1,2 kN/m²
- Sníh...sněhová oblast II. ... 0,8kN/m²

6. Vnitřní síly

Ke zjištění vnitřních sil na železobetonové desce byl vytvořen 3D model v programu SCIA Engineer 19.1. Vytvořeny zatěžovací stavy a následně jejich kombinace. Výsledné hodnoty dimenzačních ohybových momentů byly zprůměrovány na šíři jednotlivých pruhů. Zprůměrované hodnoty byly porovnány s ručními výpočty. Z důvodu těžkých mezibytových zdí, které působí jako liniové zatížení, byl pro porovnání výsledků zvolen zatěžovací stav 4 pro plné užité zatížení.

Ke zjištění vnitřních sil na železobetonovém schodišti byl taktéž vytvořen 3D model v programu SICA Engineer 19.1.

Vnitřní síly působící na sloup vycházejí ze stejného 3D modelu, ze kterého byly získány vnitřní síly na desce.

Kombinace byly řešeny rovněž v programu SCIA Engineer 19.1 a odpovídají kombinačním rovnicím 6.10a, 6.10b dle ČSN EN 1990.

7. Návrh výztuže

7.1 Stropní deska

Železobetonová stropní deska je dimenzována na účinky ohybových momentů, proti řetězovému zřícení a protlačení.

Deska je vyztužena v obou na sebe kolmých směrech. Při obou površích byla navržena síť z profilů Ø8 mm po 150 mm, dle potřeby doplněna o výztuže Ø8, Ø12, Ø16, Ø20 mm a Ø22 mm vždy po 150 mm.

Výztuž proti řetězovému zřícení byla navržena při spodním povrchu desky a umístěna na ohybovou výztuž. Jedná se o profily průměrů $\varnothing 20$ mm umístěné na záhlaví sloupů.

Výztuž proti protlačení byla u vybraných sloupů navržena ze smykových lišt.²

7.2 Schodiště

Železobetonové schodiště je dimenzováno na ohyb. Jeho výztuž je navržena z kari sítí o průměru $\varnothing 8$ mm po 150 mm.

7.3 Sloup

Železobetonový sloup je vyztužen pomocí osmi prutů o průměru $\varnothing 16$ mm.

8. Mezní stav použitelnosti

Stropní konstrukce je posouzena na mezní stav použitelnosti dle kapitoly 7 normy ČSN EN 1992-1-1. Cílem posudků na druhý mezní stav je určit, zda bude konstrukce schopna plnit funkci, pro kterou byla navržena, po celou dobu životnosti.

Pro zjištění průhybů stropní desky byl použit 3D model vytvořený v programu SCIA Engineer. Byly vytvořeny zatěžovací stavy a následně jejich kombinace. Pro výpočet výsledného průhybu byla použita kvazistálá kombinace. Byl zjištěn lineární (pružný) průhyb, okamžitý průhyb, krátkodobý průhyb, dlouhodobý průhyb a celkový průhyb. Tyto průhyby byly posouzeny s limitní hodnotou průhybu a všechny průhyby vyhověly.

Pro kontrolu výsledků byl ručně spočítán průhyb pro jedno pole desky, vypočítány hodnoty pro okamžitý průhyb, průhyb po odbednění desky, průhyb po dokončení zdí a podlah a průhyb na konci životnosti konstrukce.

² Pro návrh výztuže proti protlačení byl použit program Schöck BOLE, k ověření výsledků byl použit ruční výpočet.

9. Závěr

Cílem práce bylo navrhnout a posoudit lokálně podepřenou železobetonovou stropní desku, železobetonové schodiště a vnitřní sloup. Tyto prvky byly navrženy podle platných norem a zásad. Průběhy vnitřních sil byly získány pomocí programu SCIA Engineer 19.1 a ověřeny ručním výpočtem pomocí metody součtových prvků a metody výseku rámu. Na momenty bylo navrženo kompletní vyztužení železobetonové stropní desky nad prvním podzemním podlažím, železobetonové schodiště spojující první a druhé nadzemní podlaží, a vnitřní sloup v prvním podzemním podlaží. Výkresová část práce obsahuje výkresy tvaru desky, vyztužení stropních desek, tvaru a vyztužení schodiště i vyztužení sloupu.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí –Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [5] ZICH, Miloš a kol. Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů. Praha: Verlag Dashöfer, nakladatelství, 2010
- [6] ŠVARŤÍČKOVÁ, Ivana. Pomůcky. [online]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova>.
- [7] podklady firmy Schöck-Wittek s.r.o.

Použité programy

- [8] SCIA Engineer 19.1
- [9] Schöck BOLE
- [10] ArchiCAD 19
- [11] AutoCAD 2017
- [12] MS Word 2016
- [13] MS Excel 2016

Seznam použitých zkratk a symbolů

A_s	plocha výztuže
$A_{s,min}$	minimální plocha výztuže
$A_{s,max}$	maximální plocha výztuže
$A_{s,req}$	nutná plocha výztuže
A	součinitel vyjadřující vliv dotvarování
B	součinitel vyjadřující vliv vyztužení
C	součinitel vyjadřující vliv poměru momentů na koncích sloupu
c	délka strany sloupu
c	navržená krycí vrstva
c_{nom}	nominální krycí vrstva
c_{min}	minimální krycí vrstva
Δc_{dev}	přídavek k minimální krycí vrstvě zohledňující možné odchylky
$c_{min,b}$	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavku soudržnosti
$c_{min,dur}$	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k podmínkám prostředí
$\Delta c_{dur,y}$	přidaná hodnota z hlediska spolehlivosti
$\Delta c_{dur,st}$	redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli
$\Delta c_{dur,add}$	redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli
d_1	vzdálenost těžiště výztuže od taženého okraje
d	účinná výška průřezu
d_g	maximální frakce kameniva
e_i	výstřednost od geometrických imperfekcí
E_{cm}	modul pružnosti betonu
E_s	modul pružnosti oceli
F_c	síla působící v betonu
F_s	síla působící ve výztuži
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{ctm}	pevnost betonu v tahu
f_{yd}	návrhová pevnost oceli v tahu a tlaku
f_{yk}	charakteristická mez kluzu
f_{ywd}	pevnost smykové výztuže
$f_{ywd,eff}$	účinná návrhová pevnost smykové výztuže na protlačení
g_d	návrhová hodnota zatížení
g_k	charakteristická hodnota zatížení

H	výška sloupu
h_s	výška desky
$h_{s,min}$	minimální výška desky i poloměr setrvačnosti
l_{bd}	návrhová kotevní délka
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka
l_o	návrhová délka přesahu
$l_{o,min}$	minimální délka přesahu
l_n	světlé rozpětí mezi podporami L vzdálenost podpor l_0 účinný délka sloupu
m_{xD-}	momenty při spodním povrchu desky pro směr X
m_{yD-}	momenty při spodním povrchu desky pro směr Y
m_{xD+}	momenty při horním povrchu desky pro směr X
m_{yD+}	momenty při horním povrchu desky pro směr Y
M_{Ed}	návrhová hodnota ohybového momentu
M_{Rd}	moment na mezi únosnosti
N_{Ed}	návrhová hodnota normálové síly
s	osová vzdálenost prutů výztuže
S_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem
s_r	vzdálenost svislých prutů smykové výztuže
u_0	obvod sloupu
u_i	délka i -tého kontrolovaného obvodu
u_{out}	délka obvodu, ve kterém již není nutná smyková výztuž
$V_{Rd,cs}$	návrhová hodnota únosnosti ve smyku při protlačení se smykovou výztuží
x	poloha neutrální osy
z_c	rameno vnitřních sil ZS zatěžovací stav
α	úhel, který svírá smyková výztuž s rovinou desky
α_1	vliv tvaru prutu
α_2	vliv tloušťky krycí vrstvy
α_3	vliv ovinutí příčnou výztuží
α_4	vliv příčně přivařené výztuže
α_5	vliv tlaku kolmého na plochu odštěpení betonu
β	součinitel postihující excentricitu zatížení
γ	součinitel zatížení
γ_M	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu

$\epsilon_{cu,3}$	mezní přetvoření betonu
ϵ_{yd}	minimální přetvoření výztuže
λ	šťíhlost sloupu
λ_{lim}	limitní šťíhlost sloupu
V_{Ed}	maximální smykové napětí
V_{min}	minimální smykové napětí
$V_{Rd,c}$	návrhová hodnota únosnosti ve smyku při protlačení bez smykové výztuže
$V_{Rd,max}$	návrhová hodnota maximální únosnosti ve smyku
ξ_{bal}	poměr přetvoření oceli a betonu
ρ_l	stupeň vyztužení
\emptyset	průměr výztuže