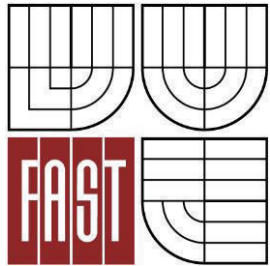




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

ŽELEZOBETONOVÁ SKELETOVÁ KONSTRUKCE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY

REINFORCED CONCRETE STRUCTURE OF A MULTIFUNCTION BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ONDŘEJ JANUŠ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PAVEL ŠULÁK, Ph.D.

BRNO 2014



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 Ondřej Januš

Název Železobetonová skeletová konstrukce
administrativní budovy

Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Šulák, Ph.D.

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2013

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013

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

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

Podklady a literatura

Platné předpisy a normy (včetně změn a doplňků) zejména:

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 19901 -1 až 4 Zatížení stavebních konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí

Další potřebná literatura po dohodě s vedoucím bakalářské práce.

Zásady pro vypracování

V rámci bakalářské práce bude navržena železobetonová monolitická stropní konstrukce typického podlaží. Pro analýzu nosné konstrukce bude použit výpočetní program MKP. Výsledky budou ověřeny zjednodušenou ruční metodou. Posouzení prvků provedte podle mezního stavu únosnosti. Kromě statické analýzy bude vypracována i výkresová dokumentace v odpovídající kvalitě a rozsahu bakalářské práci.

Předepsané výstupy:

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

Přílohy textové části

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

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

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě dle směrnic a na CD (1x).

Předepsané přílohy

.....
Ing. Pavel Šulák, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce je zaměřená na návrh monolitické železobetonové lokálně podepřené stropní desky administrativní budovy. Výpočet vnitřních sil je proveden ve výpočetním programu SCIA Engineer a následně ověřen ruční metodou. Součástí práce je i návrh schodiště a vnitřního sloupu. Posouzení konstrukce je provedeno dle ČSN EN 1992-1-1.

Klíčová slova

lokálně podepřená stropní deska, beton, výztuž, zatížení, zatěžovací stavy, kombinace, ohybové momenty, vnitřní síly, metoda součtových momentů, metoda konečných prvků, protlačení, schodiště, sloup, administrativní budova

Abstract

The main subject of this bachelor thesis is focused on the design of reinforced concrete locally supported slab of a multifunction building. Internal forces are calculated by a computer software SCIA Engineer and its results are compared with simplified method. Another part includes the design of a reinforced concrete stairway and a column situated in the center of the disposition. The calculation method is based on ČSN EN 1992-1-1.

Key words

locally supported slab, concrete, reinforcement, load, load cases, load cases combination, internal forces, bending moments, simplified sum method, finite element method, punching shear design, stairway, column, multifunction building

Bibliografická citace VŠKP

Ondřej Januš *Železobetonová skeletová konstrukce administrativní budovy*. Brno, 2014. 15 s., 175 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Pavel Šulák, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 25.5.2014

.....
podpis autora

Ondřej Januš

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Pavlu Šulákovi, Ph.D. za ochotu, rady a zkušenosti, které přispěly ke zkvalitnění práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během celého studia.

Obsah

1 Úvod.....	2
2 Popis objektu.....	3
3 Popis konstrukce	3
3.1 Základové konstrukce	3
3.2 Svislé konstrukční prvky.....	3
3.3 Vodorovné konstrukční prvky.....	3
3.4 Schodiště	3
4 Materiály.....	4
5 Zatížení	5
5.1 Stálé.....	5
5.2 Proměnné	5
5.3 Kombinace zatížení.....	5
6 Návrh výztuže	5
6.1 Výztuž na ohyb	5
6.2 Výztuž proti řetězovému zřícení	6
6.3 Výztuž proti protlačení.....	6
6.4 Výztuž schodiště	6
6.5 Výztuž sloupu	7
7 Závěr	8
8 Seznam použitých zdrojů.....	9
9 Seznam použitých zkratk a symbolů.....	10
10 Seznam příloh	15

1 Úvod

Tématem bakalářské práce je návrh statického řešení železobetonové stropní konstrukce administrativní šestipodlažní budovy. Byla zvolena lokálně podepřená stropní deska podporována sloupy a ztužujícími stěnami. Pro výpočet vnitřních sil na konstrukci je použit program Scia Engineer 2013.1. Tyto výsledky jsou následně zkontrolovány pomocí zjednodušené ruční metody, konkrétně se jedná o metodu součtových momentů. Následně je provedeno dimenzování výztuže na ohyb, výztuže proti řetězovému zřícení a výztuže proti protlačení. V dalších částech bakalářské práce je provedeno vyztužení schodiště a vyztužení sloupu. Navržená výztuž je poté zakreslena do výkresů výztuže.

2 Popis objektu

Řešený objekt se nachází ve Velkém Meziříčí. Jedná se o administrativní budovu s šesti nadzemními podlažími o půdorysných rozměrech 36,9 m × 26,9 m. Všechna patra zabírají kanceláře. Nosný systém je monolitický skelet. Vzhledem k absenci klasického ztužujícího jádra bylo pro zajištění vodorovné tuhosti přikročeno k navržení ztužujících stěn. Zastřešení objektu je realizováno pochozí vegetační jednoplášťovou střechou. Spojení mezi patry je zajištěno dvěma schodišti situovanými naproti sobě. V místě schodišťového zrcadla je umístěn výtah. Uprostřed dispozice se nachází prosvětlovací otvor velikosti 4,6 m × 4,6 m. Opláštění objektu je řešeno pórobetonovým zdivem tloušťky 300 mm, zatepleným 100 mm polystyrenu. Opláštění prostoru schodiště je zabezpečeno proskleným obvodových pláštěm. Studie 2NP viz příloha P1) Použité podklady – P1.01 Studie 2NP.

3 Popis konstrukce

3.1 Základové konstrukce

Převládající způsob založení objektu je na základových patkách, které přenáší reakce ze sloupů do základové půdy. Ztužující stěny jsou založeny na základových pasech.

V rámci bakalářské práce není řešen návrh a dimenzování základových konstrukcí.

3.2 Svislé konstrukční prvky

Stropní desky jsou podporovány sloupy, případně ztužujícími stěnami. Sloupy jsou navrženy jako čtvercové o rozměrech 0,4 m × 0,4 m. Ztužující stěny mají půdorysné rozměry 0,4 m × 5,4 m. Výška sloupů a ztužujících stěn je 4 m.

3.3 Vodorovné konstrukční prvky

Železobetonová lokálně podepřená stropní deska je podporována sloupy. Osové vzdálenosti těchto podpor jsou 5,0 m × 5,0 m. Tloušťka desky je stanovena na 200 mm. Deska je na všech stranách předsazena o 0,75 m za líc sloupů.

3.4 Schodiště

Schodiště je navrženo jako železobetonové monolitické. Skládá se ze dvou ramen a mezipodesty. Šířka ramene je stanovena na 1,2 m a šířka mezipodesty na 1,3 m.

4 Materiály

Pro návrh všech konstrukcí byl použit beton pevnostní třídy C25/30 a ocel B500B.

Beton C25/30

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

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

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

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \%$$

Ocel B500B

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

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

$$\varepsilon_{yd} = 0,002175 \%$$

5 Zatížení

5.1 Stálé

Mezi stálé zatížené je započítána vlastní tíha železobetonové konstrukce, tíha vrstev podlahy a tíha obvodového pláště. Zatížené od zděného obvodového pláště je uvažováno jako liniové zatížení. Jako liniové je uvažováno i zatížení stropní desky od schodišťových ramen.

5.2 Proměnné

Intenzita užitého zatížení pro kancelářské prostory je stanovena dle ČSN EN 1991-1-1 na 3,0 kN/m² a zatížení od příček na 1,2 kN/m². Zatížení sněhem bylo vypočteno pro umístění objektu ve Velkém Meziříčí na 1,2 kN/m².

5.3 Kombinace zatížení

Kombinace zatížení byla provedena dle ČSN EN 1990 rovnice 6.10.

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

Kombinace vytvořeny programem Scia Engineer 2013.1 pro mezní stav únosnosti EN MSÚ (STR/GEO) Soubor B ze šestnácti zatěžovacích stavů.

6 Návrh výztuže

6.1 Vyztuž na ohyb

Výztuž je dimenzována ve dvou na sebe kolmých směrech. Krytí výztuže bylo zvýšeno na 31 mm z důvodu obepnutí ohybové výztuže smykovou výztuží.

Průměr výztuže při spodním povrchu byl stanoven na 10 mm. Byl navržen základní rastr Ø10/220 v obou směrech na maximální ohybový moment ve středním pruhu. Větší ohybové momenty ve sloupovém pruhu jsou řešeny doplněním vložek na Ø10/110. Výpočtem byla stanovena délka stykování přesahem na 400 mm a kotevní délka na 300 mm.

Na vykrytí ohybových momentů nad podporami je zvolen při horním povrchu průměr výztuže 12 mm. Méně namáhané průřezy ve středních pruzích jsou vyztuženy Ø8/200, tentýž rast je použit i pro omezení smršťování v místech s pouze tlakovým namáháním. Délka stykování přesahem pro Ø8 je 300 mm a pro Ø12 pak 550 mm. Kotevní délka pro Ø8 byla vypočtena na 200 mm a pro Ø12 je 400 mm.

Výpočet proveden v příloze P2) Statický výpočet – 8 Dimenzování stropní desky na ohyb, 9 Kotvení výztuže a 10 Stykování výztuže přesahem.

Výkres výztuže viz příloha P3) Výkresová dokumentace – P3.002 Vyztužení stropní desky – spodní výztuž a P3.003 Vyztužení stropní desky – horní výztuž.

6.2 Vyztuž proti řetězovému zřícení

Jsou navrženy tři pruty $\varnothing 14$, které probíhají nad podporami přes celou stropní desku při spodním povrchu desky. Stykování prutů je v místech s tlakovým namáháním a v žádném místě nejsou stykovány všechny pruty naráz. Délka přesahu je stanovena na 700 mm.

Výpočet proveden v příloze P2) Statický výpočet – 11 Výztuž proti řetězovému zřícení.

Výkres výztuže viz příloha P3) Výkresová dokumentace – P3.002 Vyztužení stropní desky – spodní výztuž.

6.3 Vyztuž proti protlačení

Výztuž proti protlačení je realizována pomocí smykových žebříčků, které se skládají z vodorovných prutů $\varnothing 6$ a svislých prutů taktéž $\varnothing 6$. Výztuž proti protlačení je navržena nejen v okolí sloupů, ale i u rohů ztužujících.

Výpočet proveden v příloze P2) Statický výpočet – 12 Protlačení stropní desky.

Výkres výztuže viz příloha P3) Výkresová dokumentace – P3.004 Výkres výztuže proti protlačení.

6.4 Vyztuž schodiště

Jelikož se pracovní spára nachází přesně v místě uložení schodišťového ramene na desku, byly vytvořeny dva výpočtové modely. V prvním modelu je uvažováno vetknutí a druhý model je řešen jako kloubě uložený. Schodiště je dále v místě mezipodesty po obou stranách vetknuto do ztužujících stěn. Výztuž je navrhována na větší ohybové momenty z obou modelů. Při spodním povrchu ramen i mezipodesty je navržena výztuž $\varnothing 8$, u horního povrchu bylo nutné zvětšit výztuž na $\varnothing 10$. Rozdělovací výztuž je stanovena na $\varnothing 8$. Výztuž schodiště je stykována s vyčnívající výztuží desky.

Výpočet proveden v příloze P2) Statický výpočet – 13 Schodiště.

Výkres výztuže viz příloha P3) Výkresová dokumentace – P3.005 Výkres výztuže schodiště.

6.5 Výztuž sloupu

Svislá nosná výztuž sloupu je z profilů Ø14, umístěných ve všech čtyřech rozích sloupu. Stykování výztuže s výztuží sloupu následujícího patra je vypočtena na délku 750 mm. Třmínky Ø6 jsou rozmístěny po 210 mm a zhuštěny u spodního konce sloupu na délku stykování svislé výztuže a u horního konce na výšku rovnající se šířce sloupu.

Výpočet proveden v příloze P2) Statický výpočet – 14 Vnitřní sloup.

Výkres výztuže viz příloha P3) Výkresová dokumentace – P3.006 Výkres výztuže vnitřního sloupu.

7 Závěr

Ze zadaných zatěžovacích stavů byly programem Scia Engineer 2013.1 vypočteny vnitřní síly, které byly následně zkontrolovány metodou součtových momentů. Na mezní stav únosnosti byl proveden návrh ohybové výztuže při spodním i horním okraji desky. Byl proveden i návrh výztuže proti řetězovému zřícení, uložené u spodního povrchu desky. Následně bylo provedeno ověření nutnosti použití výztuže proti protlačení a pokud se prokázala nutnost jejího použití, byl proveden její návrh. Následně byl proveden návrh výztuže schodiště. Dimenzační momenty byly stanoveny jako větší ze dvou výpočtových modelů. Dále byla navržena výztuž sloupu v 1NP a únosnost posouzena interakčním diagramem.

8 Seznam použitých zdrojů

[1] ČSN EN 1990: *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004. 76 s.

[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. 43 s.

[3] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005. 37 s.

[4] 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. 210 s.

[5] PROCHÁZKA, Jaroslav. ŠMEJKAL, Jiří. VÍTEK, Jan. VAŠKOVÁ, Jitka. *Navrhování betonových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010. 350 s.

[6] ZICH, Miloš. a kol. *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů*. Praha: Verlag Dashöfer, nakladatelství, 2010. 146 s.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

A_b	plocha zatížení vnitřního sloupu
A_d	plocha zatížení vnitřního sloupu včetně půdorysné plochy sloupu
A_{sl}	půdorysná plocha sloupu
A_s	plocha výztuže
$A_{s,min}$	minimální plocha výztuže
$A_{s,max}$	maximální plocha výztuže
$A_{s,req}$	nutná plocha výztuže
A_{sw}	plocha smykové výztuže
$A_{sw,min}$	minimální plocha smykové výztuže
a_s	osová vzdálenost výztuže
A	součinitel vyjadřující vliv dotvarování
B	součinitel vyjadřující vliv vyztužení
b	šířka sloupového pruhu
b	spolupůsobící šířka
C	součinitel vyjadřující vliv poměru momentů na koncích sloupu
c	délka strany sloupu
C_e	součinitel expozice závislý na typu krajiny
C_t	tepelný součinitel
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
$\Delta c_{dur,\gamma}$	přídavná 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 dodatečné ochrany
$c_{min,b}$	předpokládaný průměr výztuže
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_{bs}	modul pružnosti betonu desky
E_s	modul pružnosti oceli
F	náhradní síla od obvodového pláště
F_c	síla působící v betonu
F_s	síla působící ve výztuži
F_d	suma stálého a proměnného zatížení
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	stálé zatížení
G_{bb}	modul pružnosti ve smyku okrajového krouceného průřezu
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
I_t	moment tuhosti v kroucení okrajového krouceného prvku
I_s	moment setrvačnosti desky
k_c	ohybový tuhost sloupu
k_s	ohybový tuhost desky
l_{bd}	návrhová kotevní délka
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka
l_0	návrhová délka přesahu
$l_{0,min}$	minimální délka přesahu
l_n	světelné 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
$M_{x,tot}$	celkový součtový moment
$M_{x,tot}^-$	celkový záporný moment
$M_{x,tot}^+$	celkový kladný moment
$M_{k,tot}$	moment na konzole
M_1	moment v krajní podpoře
M_{Ed}	návrhová hodnota ohybového momentu
M_{Rd}	moment na mezi únosnosti

N_{Ed}	návrhová hodnota normálové síly
Q	proměnné zatížení
s	šířka středního pruhu
s_u	světlá vzdálenost prutů výztuže
s	osová vzdálenost prutů výztuže
S_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem
s_r	vzdálenost svislých prutů smykové výztuže
s_t	vzdálenost obvodů 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_c	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu pro beton
γ_y	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu pro ocel
ϵ_{cu3}	mezní přetvoření betonu

ε_{yd}	minimální přetvoření výztuže
η_1	součinitel závislý na kvalitě podmínek v soudržnosti a poloze prutu během betonáže
η_2	součinitel závislý na průměru prutu
λ	štíhlost sloupu
λ_{lim}	limitní štíhlost 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
ρ_l	procento výztuže stykované přesahem v oblasti $0,65 \cdot l_0$ od osy přesahu
σ_{sd}	návrhové namáhání prutu v místě, odkud se měří napětí
σ_c	normálové napětí v betonu
μ_i	tvarový součinitel závislý na sklonu střechy
ψ	kombinační součinitel
\emptyset_w	průměr smykové výztuže

10 Seznam příloh

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace