



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 MONOLITICKÉ KONSTRUKCE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY

STATIC SOLUTION OF A MONOLITHIC STRUCTURE OF AN OFFICE BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Lenka Friedová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARTIN ZLÁMAL, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-SIK Stavební inženýrství – konstrukce a dopravní 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. Lenka Friedová
Název	Statické řešení monolitické konstrukce administrativní budovy
Vedoucí práce	Ing. Martin Zlámal, 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

Stavební podklady – situace, půdorysy, řezy, geologie.

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

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhněte nosnou konstrukci železobetonové konstrukce dle zadání.

Provedte statické řešení konstrukce a nadimenzujte její vybrané části v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu proveďte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně případné kontroly zjednodušenou metodou).

Vypracujte výkres tvaru dimenzované části konstrukce a podrobné výkresy výztuže posuzovaných prvků.

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 podle směrnic a 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).

Ing. Martin Zlámal, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na návrh a posouzení monolitické konstrukce administrativní budovy, respektive jejich hlavních částí – desky, průvlastu, sloupů a suterénní stěny. Statické řešení je provedeno ve výpočetním programu SCIA Engineer 20.0.2028. Výstupem práce je statický výpočet a výkresová část, která je zpracována v softwaru AutoCAD.

KLÍČOVÁ SLOVA

SCIA, AutoCAD, deska, průvlast, sloup, stěna, síla, moment

ABSTRACT

The master thesis is focused on the design and assessment of the monolithic structure of an office building, respectively their main parts - slab, span, columns and basement wall. The static solution is performed in the SCIA Engineer 20.0.2028 computer program. The output of the thesis is a static calculation and drawing part, which is processed in AutoCAD software.

KEYWORDS

RFEM, AutoCAD, slab, span, column, wall, force, moment

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Statické řešení monolitické konstrukce administrativní budovy* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 11. 1. 2022

Bc. Lenka Friedová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Statické řešení monolitické konstrukce administrativní budovy* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2022

Bc. Lenka Friedová
autor práce

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Lenka Friedová *Statické řešení monolitické konstrukce administrativní budovy*. Brno, 2022. 12 s., 92 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Martin Zlámal, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu práce Ing. Martinu Zlámalovi, Ph.D. za jeho čas, ochotu a odborné rady, které mi poskytl a které mi pomohly ke zpracování diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat rodině a příteli za ohromnou podporu během celého mého studia na vysoké škole.

Na závěr velice děkuji svému spolužákovi a kamarádovi Tomáši Kautovi za veškerou jeho pomoc, kterou mi při studiu poskytoval.



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 MONOLITICKÉ
KONSTRUKCE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY**

STATIC SOLUTION OF A MONOLITHIC STRUCTURE OF AN OFFICE BUILDING

TEXTOVÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Lenka Friedová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARTIN ZLÁMAL, Ph.D.

BRNO 2022

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
2	ZÁKLADNÍ INFORMACE O STAVBĚ.....	4
2.1	Popis stavby.....	4
2.2	Nosné konstrukce.....	4
2.2.1	Svislé konstrukce.....	4
2.2.2	Vodorovné konstrukce.....	4
2.2.3	Základové konstrukce.....	4
2.2.4	Schodiště.....	5
2.3	Nenosné konstrukce.....	5
3	MATERIÁLY.....	6
3.1	Beton.....	6
3.2	Ocel.....	6
4	ZATÍŽENÍ.....	7
4.1	Stálé zatížení.....	7
4.2	Proměnné zatížení.....	7
4.3	Sníh.....	7
4.4	Vítr.....	8
5	SATICKÝ VÝPOČET A DIMENZOVÁNÍ.....	9
5.1	Statické řešení.....	9
5.2	Statický výpočet.....	9
5.3	Dimenzování.....	9
5.3.1	Shrnutí navržené výztuže:.....	9
6	PODMÍNKY PRO PROVÁDĚNÍ KONSTRUKCÍ.....	10
6.1	Bednění a odbednění.....	10
6.2	Výztuž.....	10
6.3	Betonáž a ošetřování betonu.....	10
7	ZÁVĚR.....	11
8	POUŽITÉ ZDROJE.....	11
9	SEZNAM PŘÍLOH.....	12

1 ÚVOD

V diplomové práci se řeší návrh a posouzení monolitické konstrukce administrativní budovy, která se nachází v Brně. Návrh jejího tvaru a uspořádání vychází z bakalářské práce s názvem „Radnice Magistrátu města Brna“ od Bc. Magdaleny Rajtarové. Z této práce je převzat půdorysný tvar vyňaté části z celého komplexu magistrátu a také skladby pro výpočet zatížení. Výškové řešení budovy bylo upraveno na základě změn v konstrukčním řešení, které spočívaly v rozdílném podepření desky. V projektu Bc. Magdaleny Rajtarové je uvažováno s deskou podepřenou průvlakou, v této práci je však deska podepřena lokálně, na průvlakou je uložena pouze po obvodě.

Pro výpočet vnitřních sil byl vytvořen model celé konstrukce, avšak pro posouzení a dimenzování prvků bylo vybráno jedno typické patro a to 1.NP.

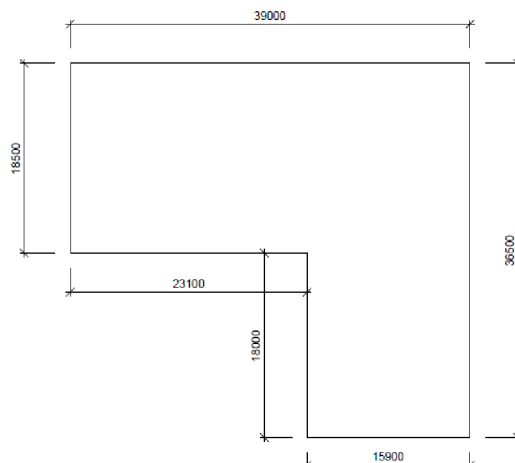
Konstrukce je navržena v souladu s ČSN EN 1992-1-1.

2 ZÁKLADNÍ INFORMACE O STAVBĚ

2.1 Popis stavby

Administrativní budova je osmipodlažní objekt se dvěma podzemními podlažími, ve kterých se nachází garáže a se šesti nadzemními podlažími, ve kterých jsou kanceláře a zázemí pro úředníky.

Podzemní podlaží mají obdélníkový půdorysný tvar o rozměrech 39 m × 36,5 m. Nadzemní podlaží mají tvar „L“ jehož rozměry jsou patrné z obrázku 1. Celková výška budovy je 33,230 m, výška nad terénem je 26,510 m.



Obrázek 1 – Půdorysné rozměry nadzemních podlaží

2.2 Nosné konstrukce

2.2.1 Svislé konstrukce

Hlavním svislým nosným prvkem jsou monolitické sloupy o rozměrech 500 × 500 × 3650 mm. Vybetonovány jsou z betonu C35/45. V suterénu je sloupový systém po obvodě konstrukce doplněn stěnou tloušťky 250 mm, která je také vybetonována z betonu C35/45.

2.2.2 Vodorovné konstrukce

Stropní konstrukci tvoří železobetonová křížem vyztužená lokálně podepřená deska tloušťky 260 mm, která je na svém obvodě uložena na průvlaky o rozměrech 500 × 760 mm. Oba prvky jsou z betonu C35/45.

2.2.3 Základové konstrukce

Objekt magistrátu je založen na železobetonové základové desce tloušťky 800 mm, pod níž je podkladní beton tloušťky 100 mm. Sloupy a stěny ve druhém podzemním podlaží jsou do této desky vetknuty.

2.2.4 Schodiště

Monolitické tříramenné schodiště je spojeno se železobetonovou stěnou, tvořící jádro skeletové konstrukce, pomocí systému Schöck Tronsole.

Schodišťové stupně o rozměru 320 × 150 mm jsou nadbetonovány na desku tloušťky 150 mm.

2.3 Nenosné konstrukce

Vnitřní nenosné zdivo budou tvořit dělicí sádrokartonové příčky tloušťky 100 mm.

3 MATERIÁLY

3.1 Beton

Beton třídy C35/45, prostředí XC1 je použit pro betonáž všech navržených a počítaných prvků. Největší frakce kameniva, která je při výrobě použita, je 16 mm. Konzistence čerstvého betonu S3. Obsah chloridů v cementu 0,2 % z jeho hmotnosti.

Beton C35/45 – základní charakteristiky:

charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku	$f_{ck} =$	35 MPa
průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu	$f_{ctm} =$	3,2 MPa
dolní kvantil pevnosti betonu v tahu	$f_{ctk0,05} =$	2,2 MPa
návrhová válcová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c =$	23 MPa
součinitel spolehlivosti	$\gamma_c =$	1,5
modul pružnosti betonu	$E_{cm} =$	34 GPa
limitní přetvoření v betonu v tlaku	$\epsilon_{cu3} =$	-3,5 ‰

3.2 Ocel

Všechna použitá ocel v desce, průvlacích, sloupech a stěnách je betonářská ocel B 500B.

Ocel B 500B – základní charakteristiky:

charakteristická mez kluzu	$f_{yk} =$	500 MPa
návrhová mez kluzu	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	435 MPa
součinitel spolehlivosti	$\gamma_s =$	1,15
modul pružnosti bet. oceli	$E_s =$	210 GPa
přetvoření výztuže při dosažení meze kluzu	$\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s =$	2,174 ‰

4 ZATÍŽENÍ

Zatížení konstrukce je v základu provedeno z osmnácti zatěžovacích stavů: ZS1 Vlastní tíha, ZS2 Ostatní stálé, ZS3 Proměnné plné zatížení. Zatěžovací stavy ZS4 – ZS18 jsou různé šachy a pruhy zatížení na desce, jejichž uspořádání je patrné v příloze P3.1 Příloha statického výpočtu. Pro každé patro jsou zatěžovací stavy ZS3 – ZS18 vytvořeny samostatně, aby se při výpočtu vnitřních sil mohly kombinovat různá uspořádání proměnných zatížení a došlo tak k co největšímu rozvlnění konstrukce.

Celkové zatížení a maximální hodnoty vnitřních sil byly zjišťovány pomocí kombinací zatížení 6.10a) a 6.10b).

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{Rovnice 6.10a})$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (\text{Rovnice 6.10b})$$

4.1 Stálé zatížení

Zatížení stálé je tvořeno vlastní tíhou konstrukce administrativní budovy, podlahovými krytinami a vegetační střechou.

Vlastní tíha je generována pomocí výpočetního programu.

Hodnota zatížení pro zatížení podlahami je $g_{1k,1} = 4,11 \text{ kN/m}^2$ a pro vegetační střechu bylo spočítáno $g_{1k,2} = 8,211 \text{ kN/m}^2$.

4.2 Proměnné zatížení

Proměnné zatížení bylo určeno pomocí tabulky „Kategorie zatížených ploch a hodnoty užitného zatížení“ viz. příloha P3.1 Příloha statického výpočtu. První použitou kategorií v tomto výpočtu je kategorie B – kancelářské plochy s hodnotou $q_{k,1} = 3 \text{ kN/m}^2$, druhou kategorií je G – dopravní a parkovací plochy pro středně těžká vozidla s hodnotou $q_{k,2} = 5 \text{ kN/m}^2$.

4.3 Sníh

Brno leží v I. sněhové oblasti, kde se charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi $s_k = 0,700 \text{ kN/m}^2$. Hodnota zatížení sněhem je $q_s = 0,560 \text{ kN/m}^2$.

Sníh je brán jako statické zatížení s krátkodobým účinkem působení.

4.4 Vítr

Radnice magistrátu se nachází v II. větrné oblasti, kde je základní rychlost větru $v_{b,0} = 25$ m/s. Objekt radnice je situován v centru Brna, avšak na stranu bezpečnou jsou kategorie a parametry terénu uvažovány jako III. – stromy, vesnice, předměstí, lesy. Parametr drsnosti terénu je v kat. III $z_0 = 0,05$ m, minimální výška $z_{\min} = 5$ m, což s výškou $z = 26,510$ m hala splňuje.

Vítr je brán jako statické zatížení s krátkodobým účinkem působení. Vítr je výběrové zatížení.

5 STATICKÝ VÝPOČET A DIMENZOVÁNÍ

5.1 Statické řešení

Stropní konstrukce je navržena jako křížem vyztužená deska, která je lokálně podepřena sloupy a na okrajích je uložena na průvlacích.

Sloupy a stěna ve druhém podzemním podlaží jsou vetknuty do základové desky.

5.2 Statický výpočet

Výpočet vnitřních sil je proveden pomocí výpočtového a dimenzačního softwaru SCIA Engineer 20.0.2028.

5.3 Dimenzování

Návrh a posouzení konstrukcí proběhlo v souladu s normou ČSN EN 1992-1-1. Veškeré výpočty jsou v příloze P3 Statický výpočet, výkresy tvaru a výkresy výztuže jsou v příloze P2 Výkresová část.

5.3.1 Shrnutí navržené výztuže:

Stropní deska D1:	<i>spodní povrch</i> –	základní rastr $\varnothing 12$ po 200 mm doplňující rastr $\varnothing 12$ po 200 mm
	<i>horní povrch</i> –	základní rastr $\varnothing 18$ po 200 mm doplňující rastr $\varnothing 25$ po 200 mm
Průvlaky:	<i>spodní povrch</i> –	v poli 4 × $\varnothing 16$ v podpoře 4 × $\varnothing 16$
	<i>horní povrch</i> –	v poli 3 × $\varnothing 20$ v podpoře 5 × $\varnothing 20$
	<i>kroucení</i> –	v poli 4 × $\varnothing 16$ v podpoře 12 × $\varnothing 16$
	<i>třmínky</i> –	$\varnothing 10$ po 115 mm (po 230 mm viz. výkresy)
	Sloup S1:	<i>hlavní výztuž</i> – 8 × $\varnothing 14$ <i>třmínky</i> – $\varnothing 10$ po 150 mm (po 300 mm viz. výkresy)
Sloup S2:	<i>hlavní výztuž</i> – 8 × $\varnothing 16$ <i>třmínky</i> – $\varnothing 10$ po 150 mm (po 300 mm viz. výkresy)	
Suterénní stěna:	<i>svíslá výztuž</i> –	$\varnothing 18$ po 150 mm
	<i>vodorovná v.</i> –	$\varnothing 18$ po 150 mm

6 PODMÍNKY PRO PROVÁDĚNÍ KONSTRUKCÍ

6.1 Bednění a odbednění

Bednění musí být navrženo a provedeno tak, aby mělo dostatečnou únosnost a tuhost jak při betonáži, tak i po provedení betonáže.

Odbednění prvků je možné po nabytí pevnosti alespoň 75 % z požadované pevnosti, po 28 dnech.

6.2 Výztuž

U výztuže je nutné zajistit dostatečně velké krytí. Veškeré krytí je zakótováno a popsáno ve výkresech výztuží a je nutné ho dodržet. Minimální hodnota musí být 25 mm.

Při betonáži a pohybu na konstrukci se musí dbát na zachování polohy prutů a to zejména při horním povrchu.

Výztuž bude vázána na místě.

6.3 Betonáž a ošetřování betonu

Výroba betonu, doprava, ukládání, hutnění a ošetřování musí vyhovovat požadavkům platných norem. Betonáž se nesmí provádět, jsou-li teploty nižší než 5 °C.

Pokud při tuhnutí a tvrdnutí betonu budou vysoké teploty, je nutné ošetřovat povrch betonu před jeho vysušováním, například přikrytím prvku fólií a kropením. Dále je nutné ochránit beton před promrznutím.

Při vzniku pracovních spár musí být také řádně ošetřeny.

7 ZÁVĚR

Výsledkem této diplomové práce je návrh a posouzení hlavních nosných částí administrativní budovy radnice Magistrátu města Brna. Návrh a posouzení je doloženo statickým výpočtem a výkresy výztuže.

Všechny řešené prvky vyhoví na 1. i 2. mezní stav.

8 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí;
- [2] ČSN EN 1991-1-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí;
- [3] ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby;
- [4] HALFEN DURCHSTANZ- UND QUERKRAFTBEWEHRUNG: Produktinformation Technik. *HALFEN* [online]. Langenfeld: HALFEN Vertriebsgesellschaft mbH, 2020 [cit. 2022-01-12]. Dostupné z: https://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/reinforcementsystems/HDB_Leviat_19.pdf

9 SEZNAM PŘÍLOH

P1. Použité podklady

Půdorys 1.NP

Řez objektem

P2. Výkresová část

- 1 Výkres tvaru nad 1.NP
- 2 Výkres tvaru – řez A – A´
- 3 Výkres výztuže desky D1 nad 1.NP při dolním povrchu
- 4 Výkres výztuže desky D1 nad 1.NP při horním povrchu
- 5 Výkres výztuže desky D1 nad 1.NP – řezy deskou
- 6 Výkres výztuže průvlaků P1 – P3
- 7 Výkres výztuže průvlaků P4 – P6
- 8 Výkres výztuže sloupů S1 a S2
- 9 Výkres výztuže suterénní stěny

P3. Statický výpočet

P3.1 Příloha statického výpočtu