



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

BYTOVÝ DŮM V PRAZE

RESIDENTIAL BUILDING IN PRAGUE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Horský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Požár, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav betonových a zděných konstrukcí Bc. Jan Horský
Student:	
Vedoucí práce:	Ing. Michal Požár, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	N0732A260023 Stavební inženýrství – pozemní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Bytový dům v Praze

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle aktuálních směrníc) Přílohy textové části:

- P1. Použité podklady
 - P2. Technická zpráva, výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).
 - P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)
- Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

Cíle a výstupy diplomové práce:

Pro vybrané železobetonové desky (základovou desku a desku nad zvoleným podlažím) bytového domu s podzemí garáží provedte návrh a posouzení v souladu s platnými normami. Dále provedte dimenzování ostatních částí objektu v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu provedte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou). Vypracujte výkres tvaru dimenzované části konstrukce a podrobné výkresy výztuže posuzovaných prvků. Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Seznam doporučené literatury a 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

Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně / Veveří 331/95 / 602 00 / Brno

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2022

L. S.

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc., dr. h. c.
vedoucí ústavu

Ing. Michal Požár, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na výpočet vnitřních sil a posouzení vybraných konstrukčních prvků bytového domu v Praze. Pro výpočet byla zvolena metoda konečných prvků v softwaru SCIA Engineer. Řešena byla základová deska se suterénními stěnami jako „bílá vana“. Dále se posouzení týkalo sloupu podzemního podlaží a stropní desky typického podlaží.

KLÍČOVÁ SLOVA

vnitřní síly, železobeton, bytový dům, metoda konečných prvků, bílá vana, sloup, základová deska, stropní deska, zeď

ABSTRACT

The final thesis is focused on calculating internal forces and assessment of selected structural elements of apartment building in Prague. The software finite element method was selected for the calculation. Foundation slab and basement walls were assessment as „white tub“. Further was assessment aimed to basement column and ceiling slab of typical storey.

KEYWORDS

internal forces, reinforced concrete, apartment building, finite element method, white tub, column, foundation slab, ceiling slab, wall

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HORSKÝ, Jan. Bytový dům v Praze. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/143634>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Michal Požár.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Bytový dům v Praze* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 13. 1. 2023

Bc. Jan Horský
autor

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Bytový dům v Praze* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2023

Bc. Jan Horský
autor

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji především vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Michalu Požárovi, Ph.D., za odborné rady, ochotu, a hlavně nemalý čas strávený při konzultacích. Děkuji rovněž všem svým blízkým za neutuchající trpělivost během studia.



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

BYTOVÝ DŮM V PRAZE

RESIDENTIAL BUILDING IN PRAGUE

TEXTOVÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Horský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Požár, Ph.D.

BRNO 2023

Obsah

1. Úvod	11
2. Popis konstrukce	11
3. Konstrukční řešení	11
3.1 Základové konstrukce	11
3.2 Svislé konstrukce	11
3.3 Vodorovné konstrukce	12
4. Materiálové charakteristiky	12
4.1 Beton C 30/37	12
4.2 Ocel B500 B	12
4.3 Geologický vrt.....	12
5. Zatížení	13
5.1 Stálé zatížení	13
5.2 Proměnné zatížení.....	13
6. Zatěžovací stavy.....	13
7. Vnitřní síly.....	13
8. Vyztužování	14
8.1 Základová deska a suterénní stěny.....	14
8.2 Stropní deska	14
8.3 Sloup	14
9. Závěr	14
10. Seznam zdrojů.....	15
10.1 Normy	15
10.2 Literatura	15
10.3 Software.....	15
11. Seznam zkratk.....	15
12. Seznam příloh	17

1. Úvod

Diplomová práce je zaměřena na výpočet vnitřních sil a posouzení vybraných železobetonových konstrukčních prvků bytového domu v Praze. Vnitřní síly byly získány pomocí metody konečných prvků v softwaru SCIA Engineer. Základová deska společně se suterénními stěnami jsou posouzené jako „bílá vana“, tedy hydroizolační vrstva je tvořena samotnou konstrukcí železobetonu. Dále je obsahem práce posouzení sloupu druhého podzemního podlaží a stropní desky typického podlaží. Sloup je posouzen na mezní stav únosnosti pomocí interakčního diagramu a protlačení základovou deskou. Součástí práce je rovněž studie, jež porovnává dva způsoby zadávání (modelování) podlaží v programu SCIA Engineer.

2. Popis konstrukce

Celá budova se skládá z dvou samostatných objektů, kde každý má šest nadzemních podlaží, sloužící jako bytové jednotky, a jsou spojeny dvěma podzemními podlažími určenými k parkování. Budova je rozdělena pomocí dilatace v podzemních podlažích. V rámci této práce se posuzovala pouze jedna polovina dilatace, jež má půdorysný tvar T, a kde delší rozměr dosahuje délky 46 m a kratší 44 m. Výška budovy dosahuje necelých 19 m nad úroveň upraveného terénu. Nosnost objektu je zajištěna monolitickou konstrukcí sloupů, stropních desek, stěn a ztužujícího jádra. Střecha je uvažována jako pochozí jednoplášťová. Objekt je založen na základové desce.

3. Konstrukční řešení

3.1 Základové konstrukce

Základová konstrukce objektu je tvořena základovou deskou, jež je souvisle pod sloupy zesílena. Pod celou základovou deskou se ještě nachází podkladní beton o tloušťce 100 mm. Součástí základové desky je rovněž dojezd výtahu, jehož výšková úroveň je nižší než základové desky, návrh a posouzení dojezdu však není předmětem této práce.

3.2 Svislé konstrukce

Ve dvou podlažích suterénu tvoří svislou nosnou část konstrukce převážně sloupy o rozměru 1000 x 300 mm společně s obvodovými stěnami tloušťky 300 mm. V nadzemních podlažích zastává svislou nosnou funkci již výhradně soustava na sebe kolmých stěn. Nad

stropní deskou posledního nadzemního podlaží se nachází atika o výšce 750 mm. Celou výškou objektu prostupuje výtahové jádro, jež je dilatačně odděleno od konstrukce jednotlivých podlaží.

3.3 Vodorovné konstrukce

Vodorovné nosné konstrukce jsou tvořeny deskami. Základová deska o tloušťce 400 mm obsahuje souvislé pruhy zesílení pod sloupy, jež má celkovou tloušťku 800 mm, stropní desky v podzemních podlažích jsou rovněž zesíleny souvislými hlavicemi sloupů, případně je tuhost navýšena přechodovými trámy. V nadzemních podlažích jsou již stropní desky konstantního průřezu po celých svých plochách.

4. Materiálové charakteristiky

Pro všechny konstrukční prvky byly použity stejné materiály, beton C 30/37 a ocel B500 B.

4.1 Beton C 30/37

$$\gamma_c = 1,5$$

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

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 32 \text{ GPa}$$

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

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

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

4.2 Ocel B500 B

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

$$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$$

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

$$\epsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰}$$

4.3 Geologický vrt

Parametry podloží pro modelování geologického vrtu se získali ze sondy IGP. Jednotlivé hodnoty jsou uvedeny ve statickém výpočtu.

5. Zatížení

5.1 Stálé zatížení

Stálé plošné rovnoměrné svislé zatížení se skládá z vlastní tíhy všech konstrukčních prvků, skladeb podlah ve všech nadzemních podlažích, podhledů v garážích a zeminy na pochozím parteru. Zemina působící na suterénní stěny reprezentuje lichoběžníkové vodorovné zatížení, jehož hodnota se s klesající hloubkou zvyšuje. Fasáda objektu je zadána jako svislé liniové zatížení na obvodu všech stropních desek.

5.2 Proměnné zatížení

Hodnoty proměnného zatížení vychází z normy ČSN EN 1991-1-1. Liší se pro jednotlivá místa v objektu a celkové je zde použito sedm druhů proměnného zatížení, bytové jednotky ($q_k=1,5 \text{ kN/m}^2$), balkóny ($q_k=3,0 \text{ kN/m}^2$), pochozí parter ($q_k=5,0 \text{ kN/m}^2$), střecha ($q_k=3,0 \text{ kN/m}^2$), garáže ($q_k=2,5 \text{ kN/m}^2$), schodiště ($q_k=3,0 \text{ kN/m}^2$). Zároveň jsou v rámci proměnného zatížení uvažovány příčky ($q_k=1,5 \text{ kN/m}^2$). Se sněhem na střešní konstrukci není uvažováno z důvodu nižší charakteristické hodnoty zatížení.

6. Zatěžovací stavy

V hlavním modelu bylo vytvořeno celkem osm zatěžovacích stavů. Zatěžovací stavy 1-3 jsou plná zatížení od vlastní tíhy, ostatního stálého zatížení a plného proměnného zatížení. Zatěžovací stavy 4-7 jsou šachovnicově rozmístěné výběrové proměnné zatížení. Zbývajícím zatěžovacím stavem číslo 8 reprezentuje mimořádný způsob namáhání v podobě nárazu automobilu do sloupu v podzemním podlaží. V rámci zjednodušení je šachovnicové rozmístění použito pouze pro posuzovanou stropní desku typického nadzemního podlaží a ve zbylém objektu je uvažováno s plnými hodnotami zatížení v celé ploše desek.

7. Vnitřní síly

Návrhové vnitřní síly byly vypočteny pomocí metody konečných prvků v programu SCIA Engineer. Pro posouzení základové desky a suterénních stěn byla vytvořena častá kombinace zatížení, jelikož hlavním požadavkem pro tyto dva konstrukční prvky je omezení šířky trhlin. Při posouzení sloupu a stropní desky se již využívala běžná návrhová kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti.

8. Vyztužování

8.1 Základová deska a suterénní stěny

Základová deska je posouzena a vyztužena na ohybové účinky zatížení. Jelikož je základová deska navržena jako „bílá vana“, ohybová únosnost vychází z omezení šířky trhlin, kde je přípustná určitá hodnota napětí ve výztuži, která je podstatně menší než f_{yd} . Výztuž je navržena a posouzena v obou směrech, a to jak v tloušťce 400 mm, tak i v oblastech zesílení tloušťky 800 mm. Rovněž je posudek proveden v místech počínajícího zesílení základové desky. V celé desce je tedy základní rastr výztuže ($\text{Ø}14$ po 100 mm), který splňuje podmínku únosnosti ohybových účinku, a zároveň podmínku minimálního vyztužení, které zabrání vzniku ranných trhlin vlivem smršťování při zrání betonu. V oblastech zesílení se vyskytují a splňují výše uvedené podmínky v obou směrech dva typy vyztužení, $\text{Ø}14$ po 100 mm a $\text{Ø}20$ po 100 mm. Suterénní stěny jsou navrženy obdobně jako základová deska. Krytí pro oba konstrukční prvky je 50 mm pro vnější líc a 35 mm pro vnitřní líc. První směr výztuže je zvolen ve směru delšího rozměru budovy, kvůli omezení účinků smršťování.

8.2 Stropní deska

Ve stropní desce je navržena a posouzená výztuž v obou směrech na účinky ohybového momentu. Byl zvolen základní rastr výztuže ($\text{Ø}10$ po 200 mm), tak, aby bylo splněné minimální vyztužení průřezu, a aby byly splněny podmínky únosnosti byly do patřičných míst doplněny příslušné příložky. Krytí stropní desky činí 20 mm. První směr výztuže byl zvolen dle vyšších návrhových ohybových momentů.

8.3 Sloup

Sloup je vyztužen svislou nosnou výztuží, kterou tvoří čtyři pruty o $\text{Ø}14$ a příčnou třmínkovou výztuží o $\text{Ø}8$ po 200 mm (v místech zhuštění 120 mm), jež je usazena na krytí 25 mm. Díky konstrukčním zásadám bylo nutné přidat řady svislé výztuže. S těmito pruty není při výpočtu uvažováno.

9. Závěr

Výsledkem diplomové práce jsou výkresy vyztužení v rámci projektové dokumentace jednotlivých řešených konstrukčních prvků. Návrhy a posouzení proběhlo dle platných norem a zásad. Veškeré podmínky

únosnosti byly splněny.

10. Seznam zdrojů

10.1 Normy

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Základy navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Betonové konstrukce, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [4] ČSN 73 120: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb
- [5] ČSN EN 206+A2: Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

10.2 Literatura

- [5] Zich M., Bažant Z.: Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky
- [6] Bažant Z.: Betonové konstrukce 1, Betonové konstrukce plošné – část 2
- [7] Švaříčková I.: Studijní pomůcky
- [8] Šimůnek P.: Kotevní délky
- [9] TP ČBS 04: Vodonepropustné betonové konstrukce

10.3 Software

- [10] SCIA Engineer 21.1
- [11] Autodesk AutoCad 2022
- [12] RECOC R1_vazc4
- [13] MS Word 365
- [14] MS Excel 365
- [15] FIN EC – Beton

11. Seznam zkratk

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	krytí; součinitel závislý na rozdělení křivosti
c_{nom}	nominální krycí vrstva
c_{min}	minimální krycí vrstva

ΔC_{dev}	přídavek k minimální krycí vrstvě zohledňující možné odchylky
d	účinná výška průřezu
e	excentricita, výstřednost
E_{cm}	modul pružnosti betonu
E_s	modul pružnosti oceli
f_{bd}	mezní napětí v soudržnosti betonu
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v tahu
$f_{ctk,0,05}$	5% kvantil pevnosti betonu v tahu
f_{ctm}	charakteristická pevnost betonu v tahu
f_{yd}	návrhová pevnost oceli v tahu a tlaku
f_{yk}	charakteristická mez kluzu
g_d	návrhová hodnota zatížení
g_k	charakteristická hodnota zatížení
h_s	výška desky
i	poloměr setrvačnosti průřezu
K_r	opravný součinitel závisející na normálové síle
K_φ	součinitel zohledňující dotvarování
$1/r$	křivost
l_{bd}	návrhová kotevní délka
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka
M_{Ed}	návrhová hodnota ohybového momentu
M_{Rd}	moment na mezi únosnosti
N_{Ed}	návrhová hodnota normálové síly
u_a	délka posuzovaného obvodu konstrukčního prvku na protlačení
V_{Ed}	návrhová hodnota síly na protlačení
V_{min}	minimální smykové napětí
$V_{Rd,c}$	návrhová hodnota únosnosti ve smyku při protlačení bez smykové
$V_{Rd,max}$	návrhová hodnota maximální únosnosti ve smyku
w_k	šířka trhliny
x	výška tlačené oblasti
x_{lim}	limitní výška tlačené oblasti
z_c	rameno vnitřních sil
ZS	zatěžovací stav
α_1	vliv tvaru prutu
α_2	vliv tloušťky krycí vrstvy
α_3	vliv ovinutí příčnou výztuží
α_4	vliv příčně přivařených výztuže

α_5	vliv tlaku kolmého na plochu odštěpení betonu podél návrhové kotevní délky
α_6	vliv množství stykované výztuže
ϵ_{cm}	poměrné přetvoření betonu
ϵ_{cu3}	mezní přetvoření betonu
ϵ_{sm}	poměrné přetvoření výztuže
ϵ_{yd}	minimální přetvoření výztuže
λ	štíhlost sloupu
λ_{lim}	limitní štíhlost sloupu
σ_s	napětí ve výztuži

12. Seznam příloh

- P1) Použité podklady
- P2) Výkresová dokumentace
- P3) Statický výpočet