



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

**NÁVRH A POSOUZENÍ DÍLČÍCH ČÁSTÍ NOSNÉ
ŽB KONSTRUKCE**

DESIGN AND ASSESSMENT OF SELECTED RC ELEMENTS OF A FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Novotný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVARŤÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021



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	Tomáš Novotný
Název	Návrh a posouzení dílčích částí nosné ŽB konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

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 kcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura: na základě doporučení vedoucím práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V zadaném objektu rodinného domu navrhnete stropní konstrukci nad suterénem, posuďte průvlak u garážových vrat, vnitřní průvlak P4 a schodiště v rozsahu jednoho patra. Provedte statické řešení a dimenzování v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu proveďte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou).

Vypracujte výkres tvaru stropní konstrukce a podrobné výkresy výztuže dimenzovaných prvků.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího 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 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. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem nosných železobetonových konstrukcí v rodinném domě. Konkrétně se jedná o stropní desku nad suterénem, vnitřní průvlak P4, vnější průvlak P6 nad garážovými vraty a schodiště v rámci jednoho patra. Pomocí programu Dlubal RFEM 5.24 byl vytvořen model a stanovení vnitřních sil. Výsledkem práce je statický výpočet, výkresy tvaru a výztuže, jenž byly provedeny v programu ArchiCAD 20.

KLÍČOVÁ SLOVA

Konstrukce, železobetonová konstrukce, vnitřní síly, železobetonové žebro, železobetonové schodiště, železobetonová deska, zatěžovací stavy, výztuž, návrh výztuže

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the design of load carrying reinforced concrete structures in a family house. Particular, it concerns the floor slab above the basement, the internal beam P4, the external beam P6 above the garage door and the staircase within one floor. With help of Dlubal RFEM 5.24, a model was created and the internal forces were determined. As a result of the work, shape and reinforcement drawings were performed in ArchiCAD 20 and the static calculation.

KEYWORDS

Construction, reinforced concrete construction, internal forces, reinforced concrete rib, reinforced concrete staircase, reinforced concrete deck, load status, reinforcement, reinforcement design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Tomáš Novotný *Návrh a posouzení dílčích částí nosné ŽB konstrukce*. Brno, 2021. 17 s., 82 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Návrh a posouzení dílčích částí nosné ŽB konstrukce* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 17. 5. 2021

Tomáš Novotný
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh a posouzení dílčích částí nosné ŽB konstrukce* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 17. 5. 2021

Tomáš Novotný
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl srdečně poděkovat vedoucí mé bakalářské práce, paní Ing. Ivaně Švaříčkové Ph.D. za vřelý přístup po celý akademický rok. Především za její ochotu, čas, trpělivost a cenné rady při realizaci bakalářské práce.

Velké díky nepochybně patří mé rodině za podporu v průběhu celého mého dosavadního studia.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat i všem mým přátelům.



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

TECHNICKÁ ZPRÁVA

TECHNICAL REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Novotný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVAŘÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2021

OBSAH

ÚVOD	10
1. POPIS OBJEKTU.....	10
2. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	10
2.1. BETON C25/30	10
2.2. OCEL B500B	11
3. ZATÍŽENÍ.....	11
3.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ	11
3.2. ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ	11
4. DIMENZOVÁNÍ.....	11
4.1. KŘÍŽEM VYZTUŽENÁ DESKA – D1	11
4.2. ŽELEZOBETONOVÉ ŽEBRO – P4.....	11
4.3. ŽELEZOBETONOVÉ ŽEBRO – P6.....	12
4.4. KŘÍŽEM VYZTUŽENÁ DESKA – SCHODIŠTĚ	12
5. ZÁVĚR.....	12
6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	13
7. POUŽITÉ PROGRAMY	14
8. SEZNAM PŘÍLOH	14
9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	15

ÚVOD

Tato bakalářská práce řeší návrh nosných železobetonových konstrukcí ve zděném rodinném domě. Jedná se o návrh monolitické křížem armované stropní desky, schodiště v rámci jednoho patra, jenž je uvažováno mezi suterénem a 1.NP a dvou stropních průvlaků. Model a výpočet vnitřních sil byl řešen pomocí programu Dlubal RFEM 5.24. Objekt je navržen dle norem ČSN EN.

1. POPIS OBJEKTU

Jedná se o dvoupodlažní rodinný dům se suterénem a obytným podkrovím. Půdorysné rozměry stavby jsou 17,01 x 8,3 m a celková výška objektu je 10,75 m. Na objekt navazuje přístřešek jako parkovací místo pro automobil o rozměrech 7,44 x 7,36 m. Základy byly navrženy z prostého betonu, svislé konstrukce byly zvoleny z keramického zdiva, v suterénu bylo navíc použito pohledové kamenné zdivo, případně obklad. Navrhovaná železobetonová deska je křížem armovaná a nachází se nad suterénem, tloušťka konstrukce byla zvolena 200 mm. Železobetonová žebra jenž spolupůsobí se stropní deskou byla navržena o rozměrech 400x550 mm u vnitřního žebra P4 a 300x550 mm u vnějšího garážového žebra P6. Monolitické schodiště bylo navrženo jako po vnějším obvodě podepřené do obvodové stěny a na výstupním rameni vetknuté do stropní konstrukce. Nástupní rameno je řešeno jako prostě uložené na základovém pasu. Schodišťové stupně budou betonovány zároveň se schodišťovou deskou.

2. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

2.1. BETON C25/30

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

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

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

$$f_{ctk,0,05} = 1,8 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = \frac{1,8}{1,5} = 1,2 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

2.2. OCEL B500B

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

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$$

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

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,78}{200 \cdot 10^3} = 2,174 \text{ ‰}$$

3. ZATÍŽENÍ

Zatěžovací stavy jsou konkrétně uvedené ve statickém výpočtu, rovněž tak jejich následné jednotlivé kombinace, jenž jsou řešeny pomocí rovnic 6.10.a a 6.10.b.

3.1. ZATÍŽENÍ STÁLÉ

- plošné zatížení od vlastní tíhy
- plošné zatížení od skladby podlah
- zatížení od příček
- zatížení od střechy
- zatížení od zdiva
- bodová síla a moment od schodů

3.2. ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ

- plošné zatížení od užitného zatížení kategorie A
- zatížení od sněhu
- zatížení od větru
- bodová síla a moment od užitného zatížení schodiště

4. DIMENZOVÁNÍ

4.1. KŘÍŽEM VYZTUŽENÁ DESKA – D1

Dimenzování výztuže desky D1 nalezneme ve statickém výpočtu, viz příloha P3. Návrh výztuže byl proveden na výsledky získané pomocí programu Dlubal RFEM na návrhové vnitřní síly. Při spodním i horním povrchu byla navržena základní síť Ø 10/300. V jednotlivých místech extrémů se síť zhuстила.

Vzhledem k větším momentům ve směru x, byla právě výztuž v tomto směru zvolena blíže k lici desky při obou površích. Krytí výztuže je 20 mm.

Návrh výztuže je proveden na mezní stav únosnosti dle ČSN EN 1992-1-1.

4.2. ŽELEZOBETONOVÉ ŽEBRO – P4

Dimenzování výztuže žebra P4 nalezneme rovněž ve statickém výpočtu, viz příloha P3. Návrh výztuže byl proveden na výsledky získané pomocí programu Dlubal RFEM na návrhové vnitřní síly. Byla navržena pouze výztuž v poli o 3 Ø20. Výztuž na záporný

moment vzniklý v podporách není potřeba navrhovat, jelikož moment přenesse výztuž při horním povrchu desky. Dále byla navržena smyková výztuž, třmínky Ø8/110-350 mm dle intenzity posouvající síly. Prvek vyhověl na posudek kroutícího momentu, tudíž výztuž na jeho vliv není nutná. Krytí výztuže je 40 mm.

Návrh výztuže je proveden na mezní stav únosnosti dle ČSN EN 1992-1-1.

4.3. ŽELEZOBETONOVÉ ŽEBRO – P6

Dimenzování výztuže žebra P6 nalezneme rovněž ve statickém výpočtu, viz příloha P3. Návrh výztuže byl proveden na výsledky získané pomocí programu Dlubal RFEM na návrhové vnitřní síly. Byla navržena pouze výztuž v poli 3 Ø18. Výztuž na záporný moment vzniklý v podporách není potřeba navrhovat, jelikož moment přenesse výztuž při horním povrchu desky ve směru rovnoběžným s žebrem. Dále byla navržena smyková výztuž, třmínky Ø8/170-350 mm dle intenzity posouvající síly. Prvek vyhověl na posudek kroutícího momentu, tudíž výztuž na jeho vliv není potřeba navrhovat.

Krytí výztuže je 40 mm.

Návrh výztuže je proveden na mezní stav únosnosti dle ČSN EN 1992-1-1.

4.4. KŘÍŽEM VYZTUŽENÁ DESKA – SCHODIŠTĚ

Dimenzování výztuže desky schodiště nalezneme rovněž ve statickém výpočtu, viz příloha P3. Návrh výztuže byl proveden na výsledky získané pomocí programu Dlubal RFEM na návrhové vnitřní síly. Při spodním i horním lici byla navržena základní síť Ø 8/200. V jednotlivých místech extrémů se síť zhustila.

Vzhledem k větším momentům ve směru y, byla právě výztuž v tomto směru zvolena blíž k lici desky při obou površích. Krytí výztuže je 20 mm.

Návrh výztuže je proveden na mezní stav únosnosti dle ČSN EN 1992-1-1.

5. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo provést návrh a posouzení jednotlivých nosných železobetonových konstrukcí v rodinném domě. Následně byla provedena výkresová dokumentace jednotlivých prvků, v podobě výkresu tvarů a výkresu vyztužení. Konkrétně se jedná o stropní desku, schodiště a dva průvlaky. Posouzení a návrh byl proveden dle platných norem.

6. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Oblasti zatížení sněhem, větrem a zemětřesením | Dlubal Software. [online]. Copyright © [cit. 25.05.2021].
Dostupné z: <https://www.dlubal.com/cs/reseni/online-sluzby/oblasti-zatizeni-snehem-vetrem-a-zemetresenim>

- [2] Stavební materiál pro váš dům | Cihly Porotherm, střešní tašky Tondach. Stavební materiál pro váš dům | Cihly Porotherm, střešní tašky Tondach [online]. Copyright © Wienerberger s.r.o. [cit. 25.05.2021].
Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/>

- [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 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.

- [5] 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.

- [6] ŠVAŘÍČKOVÁ IVANA [online]. Ing. Ivana Švaříčková Ph.D. [cit. 25.05.2021].
Dostupné z:
https://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/default_soubory/pomucky.htm

- [7] ČSN EN 1996-1-1+A1. Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce. Praha: Český normalizační institut, 2013.

- [8] ZICH, Miloš. Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů. Praha: Dashöfer, 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.

7. POUŽITÉ PROGRAMY

Dlubal RFEM 5.24

ArchiCAD 20

Microsoft Word

8. SEZNAM PŘÍLOH

P1. POUŽITÉ PODKLADY

D.1.1.1	PŮDORYS 1.S	1:50
D.1.1.2	PŮDORYS 1.NP	1:50
D.1.1.3	PŮDORYS 2.NP	1:50
D.1.1.4	KROV	1:50
D.1.1.5	ŘEZ A-A	1:50
D.1.1.6	SEVERNÍ POHLED	1:50
D.1.1.7	JIŽNÍ POHLED	1:50
D.1.1.8	VÝCHODNÍ POHLED	1:50
D.1.1.9	ZÁPADNÍ POHLED	1:50

P2. VÝKRESY

C.1.1.1	VÝKRES TVARU STROPNÍ DESKY D1	1:50
C.1.1.2	VÝKRES VÝZTUŽE STROPNÍ DESKY D1	1:50
C.1.1.3	VÝKRES VÝZTUŽE ŽB ŽEBRA P4	1:25
C.1.1.4	VÝKRES VÝZTUŽE ŽB ŽEBRA P6	1:25
C.1.1.5	VÝKRES TVARU SCHODIŠTĚ	1:25
C.1.1.6	VÝKRES VÝZTUŽE SCHODIŠTĚ	1:25

P3. STATICKÝ VÝPOČET

9. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A	celková plocha
A_{cc}	plocha tlačného betonu
A_s	plocha výztuže
$A_{s,max}$	maximální plocha výztuže
$A_{s,min}$	minimální plocha výztuže
$A_{s,req}$	nutná plocha výztuže
A_{sw}	plocha smykové výztuže
b	šířka průřezu
C_{dir}	součinitel směru větru
C_e	součinitel expozice
C_{nom}	jmenovitá velikost betonové krycí vrstvy
C_{min}	minimální velikost betonové krycí vrstvy
$C_{min,b}$	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavku soudržnosti
$C_{min,dur}$	minimální krycí vrstva s přihlédnutím k podmínkám prostředí
C_{pe}	součinitel vnějšího tlaku
C_r	součinitel drsnosti terénu
C_{season}	součinitel ročního období
C_t	tepelný součinitel
C_o	součinitel orografie
d	účinná výška průřezu
d_g	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
$D1$	stropní deska
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
E_s	modul pružnosti oceli
f_{bd}	mezí napětí v soudržnosti
F_{cc}	výsledná síla tlačného betonu
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v tahu
$f_{ctk,0,005}$	5% kvantil charakteristické pevnosti betonu v tahu
f_{ctm}	průměrná pevnost betonu v tahu
F_s	tahová síla ve výztuži
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
g_d	návrhová hodnota stálého zatížení
g_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
h	výška průřezu prvku
k	součinitel výšky průřezu
k_r	součinitel terénu
l_{bd}	kotevní délka výztuže
$l_{bd,min}$	minimální kotevní délka výztuže
$l_{bd,rqd}$	základní kotevní délka výztuže
M_{Ed}	návrhový moment
M_{Rd}	momentová únosnost průřezu
$m_{x,D-}$	návrhová hodnota ohybového momentu ve směru x, při horním povrchu

$m_{x,D+}$	návrhová hodnota ohybového momentu ve směru x, při spodním povrchu
$m_{y,D-}$	návrhová hodnota ohybového momentu ve směru y, při horním povrchu
$m_{y,D+}$	návrhová hodnota ohybového momentu ve směru y, při spodním povrchu
q_d	návrhová hodnota proměnného zatížení
q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení
q_p	maximální dynamický tlak
s	osová vzdálenost výztuže
s_{max}	maximální rozteč prutů výztuže
s_{min}	minimální světlá vzdálenost prutů výztuže
s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi
s_t	osová vzdálenost větví třmínku
u_0	kontrolní obvod na obvodu stěny
u_1	první kontrolní obvod
u_{out}	kontrolní obvod, ve kterém smyková výztuž již není nutná
v_b	základní rychlost větru
V_{Ed}	návrhová hodnota smykového napětí
v_m	střední rychlost větru
$V_{Rd,c}$	návrhová hodnota únosnosti ve smyku při protlačení bez smykové výztuže
$V_{Rd,max}$	návrhová hodnota maximální únosnosti ve smyku
$V_{Rd,sy}$	návrhová hodnota únosnosti ve smyku lišty
w_e	tlak větru
x	poloha neutrální osy
z_c	rameno vnitřních sil k těžišti tlačené části
z_s	rameno vnitřních sil k těžišti betonářské výztuže
ZS	zatěžovací stav
z_0	parametr drsnosti terénu
α_1	vliv tvaru prutu za předpokladu odpovídající krycí vrstvy betonu
α_2	vyjadřuje vliv minimální betonové krycí vrstvy
α_3	vyjadřuje vliv ovinutí příčnou nepřivařenou výztuží
α_4	vyjadřuje vliv ovinutí příčnou přivařenou výztuží
α_5	vyjadřuje vliv účinku ovinutím příčným tlakem
γ	objemová tíha
γ_c	součinitel spolehlivosti materiálu pro beton
γ_s	součinitel spolehlivosti materiálu pro ocel
Δc_{dev}	přídavek k minimální krycí vrstvě zohledňující možné odchylky
ϵ_{cu3}	mezní poměrné přetvoření betonu
ϵ_s	poměrné přetvoření výztuže
ϵ_{yd}	poměrné přetvoření výztuže na mezi využití
v_{min}	minimální hodnota smykového napětí
ρ_l	stupeň vyztužení
ρ_w	stupeň vyztužení smykové výztuže
$\rho_{w,min}$	minimální stupeň vyztužení smykové výztuže
η_1	součinitel závislý na kvalitě podmínek v soudržnosti a poloze prutu během betonáže
η_2	součinitel závislý na průměru prutu
μ_1	tvarový součinitel zatížení větrem

σ_{sd}	návrhové namáhání prutu v místě odkud se uvažuje kotvení
λ	redukční součinitel pro beton
$\emptyset$	průměr hlavní nosné výztuže
$\emptyset_{sw}$	průměr výztuže třmínku