



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

RODINNÝ DŮM

FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Purgat

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav betonových a zděných konstrukcí
Student: **Martin Purgat**
Vedoucí práce: **Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní 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 bakalářské práce:

Rodinný dům

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student zpracuje návrh vybraných železobetonových prvků v objektu rodinného domu a to v rozsahu zadaném vedoucím práce. Statické řešení a vyšetření vnitřních sil bude provedeno pomocí zvoleného sw (RFEM, SCIA,...) s případnou kontrolou pomocí výstižné zjednodušené metody. Pro vybrané nosné prvky student navrhne a posoudí výztuž a zpracuje výkresovou dokumentaci. Podrobnější specifikace po konzultaci s vedoucím práce.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Návrh rozměrů železobetonové nosné konstrukce včetně statického posouzení.
Výpočet vnitřních sil dle zvoleného sw a porovnání se zjednodušenou metodou výpočtu.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní a technickou zprávu a ostatní náležitosti podle platných směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P3. Statický výpočet (podrobný statický výpočet nosné konstrukce metodou mezních stavů podle platných předpisů a norem v rozsahu určeném vedoucím práce)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě .

Seznam doporučené literatury a podklady:

Základní normy (včetně všech změn a doplňků):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991: Zatížení konstrukcí (část 1-1, 1-3 až 1-7)

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura:

podle doporučení vedoucího bakalářské práce

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2022

L. S.

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
vedoucí práce

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

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá statickým řešením stropní konstrukce rodinného domu. Cílem práce je navrhnout nové řešení dispozice a úpravu rozměrů projektovaných konstrukcí v předložené výkresové dokumentaci stávajícího projektu. Následně je zhotoven statický výpočet těchto konstrukcí, který zahrnuje jejich dimenzování a posouzení na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Jednotlivé části stropní konstrukce nacházející se nad přízemím rodinného domu jsou posuzovány na tyto stavy. Mezi posuzované části konstrukce patří monolitická stropní deska, trámy, balkon, schodiště a sloup, který je přímo propojený se stropní deskou. Výpočet vnitřních sil byl proveden ve studentské verzi programu Dlubal RFEM 5. Součástí práce je i výkresová dokumentace pro již zmíněné prvky. Při výpočtu bylo postupováno dle platných norem a zásad.

Klíčová slova

Rodinný dům, železobeton, železobetonová monolitická konstrukce, monolit, stropní deska, stropní konstrukce, trámy, sloupy, schodiště, vnitřní síly, dimenzování, únosnost, šířka trhlin, průhyb, výkresová dokumentace, zatížení, plošné zatížení, liniové zatížení, bodové zatížení, kotevní délka.

Abstract

Bachelor's prize dealing with the state of all states in the territory of the family house. The aim of the work is to design new layouts and adjust the branches designed in the presented products in internships in internships in internships of internships of internships. Subsequently, a static calculation of the city by contractions is made, which includes their dimensional and assessment of the ultimate limit state and usability. The individual bones of the ceiling located above the ground floor family houses are assessed for these conditions. Between the assessed contrasting jaws, a monolithic ceiling slab, beams, balcony, staircase and column, which is directly connected to the ceiling slab. The calculation of internal forces was demonstrably in the student versions of the Dlubal RFEM 5 program. It is part of the trade documents for the life of the mentioned elements. The export was proceeded according to valid standards and principles.

Key words

Family house, reinforced concrete, reinforced concrete monolithic construction, monolith, ceiling slab, ceilings, columns, stairs, internal forces, dimensioning, load-bearing capacity, crack width, deflection, drawing documentation, load, flat load, line load, point load, anchor length.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PURGAT, Martin. *Rodinný dům*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Rodinný dům* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 21. 5. 2023

Martin Purgat
autor

Poděkování

Děkuji vedoucí práce paní Ing. Ivaně Švaříčkové, Ph.D. za odborné vedení, ochotný přístup, časovou flexibilitu a cenné rady, které mi poskytla při vypracování mé práce.

Obsah

1. Úvod	9
2. Popis objektu	10
2.1 Svislé nosné konstrukce	10
2.2 Vodorovné nosné konstrukce.....	10
2.3 Konstrukce schodiště.....	10
3. Materiálové charakteristiky.....	11
4. Zatížení	12
4.1 Stálé zatížení.....	12
4.2 Užité zatížení	12
4.3 Zatěžovací stavy.....	13
5. Návrh modelu a kombinace	14
5.1 Vytvoření modelu	14
5.2 Kombinace.....	14
6. Dimenzování.....	15
6.1 Deska	15
6.2 Trámy.....	15
6.3 Balkon.....	16
6.4 Schodiště	16
6.5 Sloup S1	16
7. Výpočet šířky trhlin.....	16
8. Průhyb	16
9. Závěr	17
10. Použité zdroje.....	18
11. Přílohy.....	19

1. Úvod

Obsahem bakalářské práce je statické řešení stropní desky a vybraných prvků rodinného domu. Mezi tyto prvky patří trámy, schodiště a sloup.

Mou snahou bylo navrhnout nové dispoziční a konstrukční řešení stávajícího objektu a také zamezení tepelných mostů u napojených balkonů. Pro stanovení vnitřních sil jednotlivých prvků jsem použil software Dlubal RFEM 5. Na základě těchto získaných hodnot byl proveden návrh výztuže. Konstrukce byla posuzována na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Výsledkem mého návrhu je výkresová dokumentace.

2. Popis objektu

Jedná se o rodinný dům s dvěma nadzemními podlažními a sklepními prostory. V prvním nadzemním podlaží se nacházejí kuchyň, obývací pokoj, jídelna, záchod, koupelna, prostory pro technické vybavení a garáž. V druhém nadzemním podlaží se nacházejí jednotlivé pokoje, koupelna, záchod a také terasa nad obývacím pokojem.

2.1 Svislé nosné konstrukce

Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny stěnami. Veškeré nosné stěny mají tloušťku 300 mm. Tento stěnový nosný systém je doplněn monolitickými sloupy kruhového tvaru, jejichž průměr je 200 mm. Třída pevnosti zdiva je P15. Zdivo je ukládáno na zdící maltu pevnostní třídy M5.

2.2 Vodorovné nosné konstrukce

Stropní nosná konstrukce je navržena jako spojitá monolitická deska. Balkony jsou vyloženy přes tepelně izolační nosníky. Stropní konstrukce je uložena na příčných a podélných nosných stěnách.

Staticky posuzovaná stropní deska nad prvním nadzemním podlažím má tloušťku 200 mm (stávající navržena tloušťka desky je 150 až 170 mm). Důvodem této změny v tloušťce desky je nutnost návrhu výztuže proti protlačení u nově navrženého sloupu. Díky nově navrženému sloupu je možné odstranit dosavadní trám a sloupy, které se nacházejí v podkladových výkresech. Rozměry trámů jsou 250x450 mm a 300x450 mm. Spodní líc trámů vyčnívá o 250 mm pod spodní líc desky. Balkonové desky jsou napojeny na desku přes tepelně izolační nosník, který zabraňuje vzniku tepelných mostů.

2.3 Konstrukce schodiště

Schodiště propojuje první a druhé nadzemní podlaží. Celková konstrukce schodiště je monolitická a skládá se ze 3 ramen a 2 mezipodest. Tloušťka desky je 120 mm a v oblasti nástupního a výstupního ramene je konstrukce vetknuta do monolitické desky. Mezipodesty jsou podepřeny systémem Shöck Tronsole typu Q.

3. Materiálové charakteristiky

Prostředí XC1

Beton C25/30 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

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

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

$$\varepsilon_{cu3} = 0,35 \%$$

$$\gamma_c = 1,5 \quad \alpha_{cc} = 1,0$$

$$f_{ctk0,05} = 1,8 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 \cdot \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

Ocel B500B $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

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

$$\gamma_s = 1,15$$

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

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

Pro veškeré posuzované konstrukce byl použit beton C25/30 a ocel B500B.

4. Zatížení

4.1 Stálé zatížení

Mezi stálé zatížení desky patří zatížení od skladeb podlah, omítky stropní konstrukce a vlastní tíha desky. Zatížení od příček bylo pro zjednodušení výpočtu převedeno na liniové zatížení působící v osách stěn. Rovněž zatížení od skladby střechy bylo rozneseno dle uvažované uložení konstrukce krovu na odpovídající stěny jako liniové zatížení. Do liniového zatížení je také započítáno zatížení od zábradlí na terase a balkonech. Při výpočtu schodiště bylo uvažováno se zatížením skladby podlahy, omítky, tíhy desky schodiště a stupňů.

4.2 Užité zatížení

Užité zatížení je uvažováno pro obytné pokoje kategorie A, pro stropní konstrukce – $2,0 \text{ kN/m}^2$, pro balkony a terasy – $3,0 \text{ kN/m}^2$, schodiště – $3,0 \text{ kN/m}^2$. Zatížení od zábradlí bylo uvažovalo $1,0 \text{ kN/m}$.

4.3 Zatěžovací stavy

Stálé zatížení

ZS1 – Vlastní tíha konstrukce

ZS2 – Zatížení od skladeb podlah a omítky stropní konstrukce

ZS3 – Liniové zatížení od stěn

ZS4 – Zatížení na balkonech

ZS5 – Zatížení od střešní konstrukce

Užitné zatížení

ZS6 – Užitné plné

ZS7 – Užitné šach 1

ZS8 – Užitné šach 2

ZS9 – Užitné šach 3

ZS10 – Užitné šach 4

ZS11 – Užitné šach 5

Ostatní proměnné zatížení

ZS12 – Zatížení sněhem

Jednotlivé zatěžovací stavy ZS6 – ZS11 byly umisťovány vhodně pro zjištění maximálních hodnot vnitřních sil.

Pro schodiště byly uvažovány dva zatěžovací stavy – ZS1 pro stálé zatížení a ZS2 pro užitné zatížení.

5. Návrh modelu a kombinace

5.1 Vytvoření modelu

Pomocí programu AutoCAD byl vytvořen základní statický schématický model desky, který byl následně naimportován jako podklad pro modelování do výpočetního softwaru Dlubal RFEM 5. Konkrétně se jedná o 2D model v souřadnicovém systému XY. V tomto modelu byly následně vytvořeny jednotlivé zatěžovací stavy dle předem vypočtených hodnot. Zatížení užité bylo rozmístěno do šachovnicového uspořádání pro vyvolání co nejvíce nepříznivých situací. Konstrukce je v modelu podepřena liniovými podporami s volným posunem ve směru XY.

Pro výpočet vnitřních sil schodiště byl nejdříve vytvořen 3D model v programu Autodesk Inventor, který byl následně importován do programu Dlubal RFEM 5. Schodiště bylo následně zatíženo již zmiňovanými zatíženími a uvažováno jako vetknuté v místě nástupního a výstupního ramena. Kloubové bodové podepření bylo umístěno v místě podest pro simulování tronzolového systému.

5.2 Kombinace

Pro posouzení mezního stavu únosnosti byly vytvořeny kombinace charakteristických hodnot zatížení 6.10a, 6.10b dle platné normy ČSN EN 1990.

Rovnice 6.10 a

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

Rovnice 6.10 b

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

Kde součinitele pro stálé zatížení byly $\gamma_{G,j} = 1,35$, $\xi_j = 0,85$ a pro užité zatížení $\gamma_{Q,j} = 1,5$. Kombinační součinitele jsou uvažovány jako doporučené tabulkové hodnoty pro užité zatížení $\psi_{0,j} = 0,7; 0,5$. Jelikož se objekt nachází v nadmořské výšce méně jako 1000 m.n.m., je uvažován kombinační součinitel pro sních $\psi_{0,i} = 0,5$.

Pro posouzení mezního stavu použitelnosti bylo využito rovnice 6.14b pro charakteristickou kombinaci a rovnice 6.16b pro kvazistálou kombinaci zatížení.

6. Dimenzování

Navrhované vyztužení jednotlivých prvků je založeno na základě dimenzačních hodnot získaných z 2D modelu.

6.1 Deska

Vyztužení desky bylo navrženo při horním i spodním povrchu. Výztuž byla navržena na základě minimálního stupně vyztužení pro danou tloušťku desky.

Pro spodní povrch byla zvolena základní výztuž o průměru 8 mm s osovou vzdáleností 200 mm. Místa, kde působí větší ohybové momenty, jsou vyztuženy pruty s osovou vzdáleností zkrácenou na polovinu.

Hlavní základní výztuž při horním povrchu je navržena z prutů o průměru 8 mm. U horní výztuže je rovněž dodržen základní rastr, jehož osové vzdálenosti jsou 200 mm. Pro požadované místa dodatečného vyztužení se osová vzdálenost těchto prutů zkracuje na polovinu nebo jsou navrženy pruty o průměru 12 mm s osovou vzdáleností 100 mm. Nadpodporové momenty v místě sloupu byly redukovány o posouvající sílu. V případě rohů, kdy základní rastr nedokázal přenést návrhové momenty, bylo navrženo dodatečné vyztužení.

Dále byla spočítána styková a kotevní délka dle platných konstrukčních zásad. V místech otvorů je přidána výztuž, která je ukončena lemováním.

6.2 Trámy

Pro dimenzování trámů byly využity hodnoty vnitřních sil z rovinného modelu. Momenty byly redukovány o posouvající sílu tíhy desky. Pro trámy je zvoleno vyztužení pruty o průměru 12 a 16 mm. Pro krytí těchto výztuží je zohledňována jak přítomnost výztuže desky nad trámem, tak i průměr smykové výztuže. Navržená smyková výztuž přenášející posouvající síly má průměr 6 mm. V neposlední řadě byla navržena kotevní délka pro dané pruty. Trámy byly v programu Dlubal RFEM 5 navrhovány jako typ „žebro“. Při typu žebro se zohledňuje přínos desky, a tím pádem se integrují vnitřní síly od desky.

6.3 Balkon

Balkon je uvažován jako jednostranně pnutá deska. Pro přerušení tepelných mostů mezi balkonem a deskou je navržený prvek Shöck Isokorb. Napojovací výztuž v desce je navržena na nadpodporový moment ve směru osy Y o průměru 8 mm s osovou vzdáleností 100 mm pro dodržení plochy výztuže stanovené od výrobce. Výztuž v balkonovém prostoru je zakončena lemováním a je navržena s ohledem na stykování prutů na prvek Isokorb. V neposlední řadě je posouzena kotevní stykovácí délka pro tento prvek.

6.4 Schodiště

Pro schodiště byly navrženy pruty o průměru 8 mm s osovou vzdáleností 200 mm. Jako rozdělovací výztuž byly rovněž navrženy pruty o průměru 8 mm a osové vzdálenosti 200 mm. Výztuž schodiště byla posouzena na normálovou sílu a ohybový moment. V oblasti podest byl navržen kotevní systém Shöck Tronsole typu Q. Tento prvek je navržen dle maximální posouvající síly, která vzniká od tíhy ramena schodiště.

6.5 Sloup S1

Dimenzování sloupu bylo provedeno pomocí ručního výpočtu na protlačení. Následně tento posudek byl porovnán se softwarovým řešením PEIKKO Designer.

7. Výpočet šířky trhlin

Pro ověření dodržení přípustných šířek trhlin byl použit přímý výpočet šířky trhlin pro nejvíce zatížené oblasti ve směrech XY pro spodní i horní povrch. Následně byla spočítaná šířka trhlin i pro trámy.

8. Průhyb

U deskové konstrukce a trámů byla provedena kontrola průhybu pomocí ohybové štíhlosti. Tyto prvky splňovaly tento poměr a z tohoto důvodu lze předpokládat, že hodnoty průhybu jsou vyhovující.

9. Závěr

V rámci mé bakalářské práce jsem provedl návrh a statické posouzení výztuže desky nad prvním nadzemním podlažím, spolu s dalšími prvky, kterými jsou trámy, schodiště a sloup. Výsledkem tohoto řešení je příslušná výkresová dokumentace. Pro výpočet vnitřních sil byl použit deskový model v programu Dlubal RFEM 5.

Při výpočtu bylo dodrženo platných norem a zásad. Posuzované prvky splňují požadavky na mezní stav únosnosti a použitelnosti.

10. Použité zdroje

POUŽITÁ LITERATURA:

[1] PROCHÁZKA, Jaroslav. Navrhování betonových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010, 344s. ISBN 978-80-87438-03-9

[2] ZICH, Miloš. Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010, 166s. ISBN 978-80-7204-693-5

[3] HOLICKÝ, Milan. Zatížení stavebních konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1991. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010, 136s. ISBN 978-80-87093-89-4

NORMY:

[4] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí, březen 2004

[5] ČSN EN 1991-1-1 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Český normalizační institut, duben 2004.

[6] ČSN EN 1992-1-1 (731201). Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Český normalizační institut, listopad 2006.

[7] ČSN EN 73 1201 (731201). Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Český normalizační institut, září 2010.

[8] ČSN EN 1990 (730002). Zásady navrhování konstrukcí. Český normalizační institut, březen 2004.

[9] ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb, září 2010.

[10] ČSN 73 1204 Navrhování betonových deskových konstrukcí působících ve dvou směrech, duben 1986

WEBOVÉ STRÁNKY:

[11] <https://www.dlupal.com/cs/oblasti-zatizeni-snehem-vetrem-a-zemetresenim/snih-stn-en-1991-1-3.html#¢er=48.67645370777654,19.709472656250004&marker=48.147076,17.105885>

[12] https://svf.uniza.sk/kskm/subory/ZNZK/05_STN_EN_1991-1-3.pdf

[13] <https://www.fce.vutbr.cz/bzk/svarickova.i/default.htm>

[14] <http://jakubholan.cz/>

[15] <https://www.dlupal.com/en/support-and-learning/service/free-customer-support>

[16] <https://www.schoeck.com/cs/tronsole>

[17] <https://www.schoeck.com/cs/isokorb>

[18] <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu>

[19] https://www.bzk.fce.vutbr.cz/wp-content/uploads/sites/6/2017/02/BL09_01_staticky_vypocet_lokalne_podeprana_deska.pdf

PROGRAMY:

AutoCAD 2021 – Autodesk

Dlubal RFEM 5 – CZ

Word 2021 – Microsoft

Excel 2021 – Microsoft

MathCAD Prime 8 –PTC

Schöck Isokorb® Ocel-Beton, Version 2021.4.2.43 - Schöck-Wittek s.r.o.

Peikko Designer® Verze 2.5.2 – Peikko Group Corporation s.r.o.

11. Přílohy

P1 – POUŽITÉ PODKLADY

P2 – STATICKÝ VÝPOČET

P3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE