



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

ŽELEZOBETONOVÁ KONSTRUKCE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Zbyněk Hejl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL ŠULÁK, Ph.D.

BRNO 2020



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Zbyněk Hejl
Název	Objekt pro bydlení – nosná železobetonová konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Pavel Šulák, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2019
Datum odevzdání	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

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

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

PODKLADY A LITERATURA

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

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 4: Zatížení stavebních konstrukcí

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí

Technická pravidla ČBS - Pohledový beton

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V rámci práce bude navržena železobetonová monolitická konstrukce. Výpočet vnitřních sil bude proveden pomocí dostupného programu a následně provedena kontrola správnosti výsledku zjednodušenou metodou. Kromě statické analýzy bude vypracována i výkresová dokumentace v odpovídající kvalitě a rozsahu. Konkrétní rozsah bude upřesněno vedoucím práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

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

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 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. Pavel Šulák, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na návrh a posouzení železobetonové nosné konstrukce rodinného domu. Model nosné konstrukce je zpracován v programu SCIA Engineer. Vybrané železobetonové prvky jsou posouzeny v souladu s ČSN EN 1992 - 1 -1. Součástí diplomové práce je i technická zpráva a výkresy tvaru a výztuže.

KLÍČOVÁ SLOVA

Rodinný dům, železobetonová monolitická konstrukce, stropní deska, obvodová stěna, sloup, základová patka, schodiště

ABSTRACT

Master's thesis is focused on the design and assessment of reinforced concrete load-bearing structure of a detached house. The supporting structure model is processed in SCIA Engineer. Selected reinforced concrete elements are assessed in accordance with ČSN EN 1992 - 1 -1. Part of the thesis is a technical report and drawings of the shape and reinforcement.

KEYWORDS

Detached house, reinforced concrete monolithic construction, ceiling slab, external wall, column, foundation foot, staircase

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Zbyněk Hejl *Železobetonová konstrukce*. Brno, 2020. 17 s., 103 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Pavel Šulák, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Železobetonová konstrukce* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Zbyněk Hejl
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Železobetonová konstrukce* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 10. 1. 2020

Bc. Zbyněk Hejl
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Velmi rád bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Šulákovi, Ph.D. za poskytnutý čas, ochotu, věcné rady, odborné vedení práce a především za rozšíření celkového pohledu na betonové konstrukce.

Déle bych rád poděkoval rodině za podporu během studií.



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

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Zbyněk Hejl

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL ŠULÁK, Ph.D.

BRNO 2020

OBSAH

Technická zpráva

1. Úvod	3
2. Základní informace o stavbě	3
2.1. Popis stavby	3
2.2. Nosné konstrukce	3
3. Materiály	4
3.1. Beton	4
3.2. Ocel	4
4. Zatížení	4
4.1. Kombinace zatížení	4
5. Statický výpočet a dimenzování	5
5.1. Statické řešení	5
5.2. Statický výpočet	5
5.3. Dimenzování	5
6. Provádění	5
Závěr	7
Seznam použitých zdrojů	8
Seznam příloh	9

1. Úvod

Diplomová práce je zaměřena na návrh a posouzení železobetonové nosné konstrukce rodinného domu podle 1. mezního stavu – stav únosnosti a 2. mezního stavu – stavu použitelnosti u deskových konstrukcí.

Model nosné konstrukce je zpracován v programu SCIA Engineer.

Vybrané železobetonové prvky jsou posouzeny v souladu s ČSN EN 1992 – 1 -1. Součástí diplomové práce je statický výpočet vybraných prvků projektu a následně výkresy tvaru a výztuže dimenzovaných prvků.

2. Základní informace o stavbě

2.1. Popis projektované stavby

Jedná se o rodinný dům v lokalitě nového satelitu města Třešť. Terén pozemku je svažité, proto je obytná část osazena o 3 metry pod úroveň místní komunikace. Vstupní část objektu je proto tvořena z příjezdové komunikace. Snahou projektu je navrhnout objekt, který je v maximální míře na pohled v co nejsurovějším stavu, proto jsou téměř všechny prvky obytné části realizovány jako sendvičové s vnější pohledovou betonovou vrstvou, tepelnou izolací uprostřed a vnitřní vrstvou z pohledového nosného betonu. V neobytné části je tvořen sendvič z vnitřní vrstvy pohledového nosného betonu a venkovní provětrávaného lehkého opláštění.

2.2. Nosné konstrukce

2.2.1. Základové konstrukce

Objekt rodinného domu je založen na železobetonové základové desce, která je založena na vrstvě pěnoskla, které má výhodu v tom, že poskytuje stejné podmínky pro založení objektu po celé půdorysné ploše.

2.2.2. Svislé konstrukce

Všechny svislé konstrukce jsou monolitické železobetonové z betonu C 25/30 tloušťky 200 mm. Obvodové stěny v 1.PP jsou tvořeny sendvičovou konstrukcí a to železobetonová nosná stěna tloušťky 200 mm, zateplení z extrudovaného polystyrenu tl. 150 mm a železobetonová moniérka tloušťky 100 mm z vnější strany. Stěna přiléhající k terénu tvoří zároveň opěrnou stěnu. Obvodové stěny v 1.NP jsou navrženy jako nosná železobetonová stěna tloušťky 200 mm s provětrávaným zatepleným pláštěm s venkovní dřevěnou texturou. Stěny uvnitř objektu mohou být opatřeny omítkou a nebo budou ponechány v surovém stavu.

2.2.3. Vodorovné konstrukce

Stropní konstrukce jsou tvořeny monolitickou železobetonovou křížem vyztuženou deskou z betonu C 25/30 tloušťky 200 mm. Stropní desky zajišťují i vodorovné ztužení.

2.2.4. Schodiště

Venkovní schodiště, které slouží jako spojení mezi zahradou a příjezdovou pozemní komunikací je navrženo jako monolitické železobetonové jednostranně vetknuté do opěrné

stěny. Je tvořeno 18 stupni o rozměrech jednoho stupně 270 mm x 130 mm s délkou vyložení 1,1 m.

Vnitřní schodiště, spojující 1.PP a 1.NP je navrženo jako monolitické železobetonové. Schodiště je dvouramenné s mezipodestou. Každé rameno má 9 stupňů.

3. Materiály

3.1. Beton

Všechny železobetonové konstrukce jsou zhotoveny z betonu C 25/30. Podkladní betonová vrstva pod základovou patku je zhotovena z betonu C 16/20.

Vlastnosti použitého betonu: $f_{ck} = 25,0$ MPa

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 25,0 / 1,5 = 16,67 \text{ MPa}$$

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

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

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$$

3.2. Ocel

Pro vyztužení navržených betonových prvků je použita ocel s označením B500 B.

Vlastnosti použité oceli: $f_{yk} = 500,0$ MPa

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500,0 / 1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$

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

$$\epsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰}$$

4. Zatížení

Stálé zatížení - zatížení vlastní tíhou – objemová tíha betonu určena podle platné normy
- ostatní stálé zatížení – podlahy, zábradlí, zeminy a pozemní komunikace

Užitné zatížení - zatížení podle účelů místností (kategorie A; F)

Klimatické zatížení - zatížení sněhem – sněhová oblast IV
- zatížení větrem – větrná oblast III

Zatížení od jednotlivých stavů je podrobně popsáno v příloze P3) Statický výpočet.

3.1. Kombinace zatížení

Kombinace zatěžovacích stavů byly vytvořeny podle normy a národní přílohy.

Návrhové účinky MSÚ

Rovnice 6.10 $\Sigma \gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$

Návrhové účinky MSP

Kvázistálá kombinace $\Sigma G_k + P_k + \Sigma \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

Charakteristická kombinace $\Sigma G_k + P_k + Q_k + \Sigma \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$

5. Statický výpočet a dimenzování

5.1. Statické řešení

V rámci diplomové práce jsou řešeny dvě stropní desky, obvodová stěna, sloup, základová patka, schodiště a opěrná stěna. Stropní desky tloušťky 200 mm jsou řešeny jako křížem vyztužené desky. Jsou podepřeny a vetknuty do obvodových stěn tloušťky 200 mm. Obvodové stěny tloušťky 200 mm jsou vetknuty do základové desky, sloup o rozměru 300 x 300 mm je vetknutý do základové patky. Schodišťové stupně jsou vetknuty do opěrné stěny tloušťky 200 mm.

5.2. Statický výpočet

Výpočet vnitřních sil je proveden v programu SCIA Engineer 18.1. V rámci dimenzování schodišťového stupně jsou působící vnitřní síly ověřeny i ručním výpočtem.

5.3. Dimenzování

Navržená výztuž:

Stropní deska - dolní i horní povrch: základní síť \varnothing 8 mm po 100 mm doplněná výztuží \varnothing 8 mm po 100 mm tak, aby ve více namáhaných místech výztuž tvořila síť \varnothing 8 mm po 50 mm. Takto v obou směrech.

Obvodová stěna - svislá nosná výztuž \varnothing 12 mm po 100 mm při vnitřním i vnějším povrchu.
- vodorovná výztuž \varnothing 8 mm po 100 mm při vnitřním i vnějším povrchu.

Schodišťový stupeň - podélná nosná výztuž 3 \varnothing 8 mm doplněná třmínky \varnothing 6 mm po 60 mm.

Sloup - nosná výztuž 4 \varnothing 14 mm doplněná třmínky \varnothing 8 mm po 200 mm.

Základová patka - nosná výztuž \varnothing 14 mm po 200 mm v obou směrech.

Návrh a posouzení železobetonových konstrukcí je proveden podle normy v příloze P3) Statický výpočet. Součástí jsou i výkresy tvaru a výztuže v příloze P2) Výkresy tvaru a výztuže.

6. Provádění

Bednění

Použité bednění musí zajistit dostatečnou únosnost a tuhost. Nesmí dojít k vytékání betonové směsi nebo ke kolapsu konstrukce bednění. V rámci provádění stavby jsou nároky na bednicí systém vysoké, neboť se bude jednat o pohledový beton. Veškeré náležitosti a nároky na bednění podle „*Technická pravidla ČBS - Pohledový beton*“ jsou uvedeny ve výkresech tvaru. Jelikož se jedná o dřevěné bednění, protože výsledný povrch betonu bude mít strukturu dřeva, musí být prkna použita k bednění řádně impregnovány separačními prostředky. Pokud nebude možnost na prkna použít impregnační nátěry, může se použít nátěr cementovým mlékem.

Výztuž

Výztuž jednotlivých částí konstrukce bude vázána přímo na stavbě ve dvou kolmých směrech podle výkresů výztuží. Výztuž bude spojována vázacím drátem. Na stavbě je nutné dodržet veškeré tloušťky krycích vrstev, které jsou uvedeny ve výkresech.

Betonáž

Podle platných norem musí být dodržena výroba betonu, doprava, ukládání, hutnění a ošetřování betonové směsi. Beton musí mít takové složení, aby se z něj neodlučovala voda a aby se čerstvý beton dal dobře zpracovat a dokonale zhutnit. Beton nesmí změnit své složení a konzistenci při dopravě a dalším zpracování. Betonují se celé pracovní záběry. V jednotlivých konstrukcích musí být dodržena dilatace. Prvky budou dilatovány do jednotlivých desek o velikosti 2 m x 1 m. Pracovní spáry musí být řádně ošetřeny. Konečná úprava horního povrchu především desek se provede stáhnutím dřevěnými hladítky.

Ošetřování a odbedňování

Po skončení betonáže musí být beton dostatečně ošetřován. Odbedňování konstrukce může začít v době, kdy beton dosáhne alespoň 70% předepsané pevnosti (cca 21 dní). Betonové plochy je nutno ihned po odbednění chránit účinným prostředkem. Ošetřovací prostředek musí být nanesen minimálně ve dvou stříkaných vrstvách. Je nutné zabránit znečištění již dříve dokončených pohledových ploch vytékajícím cementovým mlékem nebo maltou při následné betonáži. Teplota ošetřovací vody by měla být co nejbližší teplotě ošetřované konstrukce. Ošetřování vodou lze nahradit zakrytím povrchu pohledového betonu neprodyšnou fólií, nebo provedením nástřiku parotěsné látky.

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá návrhem dvoupodlažního rodinného domu, u kterého tvoří nosnou část železobetonová konstrukce. Jedná se o volně stojící dům.

Cílem diplomové práce je návrh a posouzení vybraných částí železobetonového rodinného domu. Posouzení je v souladu podle platných norem a předpisů. Výstupem je tedy statický výpočet a výkresy tvaru a výztuže.

Stropní desky nad 1.PP a 1.NP jsou navrženy na I.MS – stav únosnosti a II.MS – stav použitelnosti – průhyb a omezení trhlin. Obvodová stěna a sloup jsou ověřeny na únosnost interakčním diagramem. Základová patka, schodišťový stupeň jsou navrženy a posouzeny podle I.MS.

Návrh těchto prvků vyhoví na I. i II. MS podle ČSN EN 1992 – 1 – 1.

Model celé konstrukce byl proveden v programu SCIA Engineer 18.1 jako 3D model, který jsem volil především kvůli vzájemné interakci prvků a tak, aby obsahoval celý konstrukční systém řešeného objektu.

Dispozici rodinného domu považuji za zdařilou. Obytné podlaží je za daných podmínek dobře umístěné, co se týče světových stran a prosvětlením interiéru objektu. Jelikož se jedná o dům ve svahu, beru řešení dispozicí jako výhodné. Jedna z nevýhod, avšak nepříliš častých, mohou být nárazové záplavy nebo velké deště, které by mohly znehodnotit zahradu a část objektu. Lokalita, ve které je objekt umístěn, ovlivňuje návrh nosných prvků železobetonové konstrukce. Pokud by se jednalo a lokalitu, ve které by byly nevýrazné účinky větrových a sněhových účinků, bylo by možné vrchní část stavby řešit jako lehkou konstrukci například ze dřeva nebo oceli. Já zvolil betonovou konstrukci, pro lepší stabilitu objektu jako celku. Navržené tloušťky obvodových stěn by mohly mít menší mocnost, avšak při návrhu jsem nehleděl na cenu, ale na praktičnost při běžném používání stavby. Tím myslím především omezení případné hlučnosti z vedlejších místností. Pokud by byla stavba reálně postavena, tak bych při návrhu volil menší tloušťky zdí například mezi koupelnou a ložnicí, šatnou a chodbou a podobně. Avšak na vybrané prvky, které jsem navrhoval, tato úprava nemá žádný vliv.

Chtěl jsem poukázat hlavně na krásu betonu jako takového. Společnost by neměla mít strach navrhovat a stavět budovy z pohledového betonu. Při dodržení technologií a správných postupů mají konstrukce tu výhodou, že je jejich konečná podoba téměř dokončená ihned po odbednění.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN EN 1990. Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004. 73 stran.
- [2] ČSN EN 1991 – 1 -1. Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2003. 43 stran.
- [3] ČSN EN 1991 – 1 -3. Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2004. 37 stran.
- [4] ČSN EN 1991 – 1 -4. Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007. 129 stran.
- [5] ČSN EN 1992 – 1 -1. Navrhování betonových konstrukcí: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2005. 213 stran.
- [6] ING. ŠVAŘÍČKOVÁ, Ph.D, Ivana. Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.: Ústav betonových a zděných konstrukcí. 19.5.2011 [cit. 2020-01-4]. Dostupné z:
https://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/default_soubory/pomucky.htm
- [7] Časopis Beton TKS
- [8] Technická pravidla ČBS - Pohledový beton, Česká betonářská společnost Servis s. r. o., 2009. 60 stran.

SEZNAM POUŽITÝCH SOFTWAREŮ

- [9] Výpočetní software – SCIA Engineer 18.1
- [10] ArchiCAD 20
- [11] Microsoft Office Word 2010
- [12] Microsoft Office Excel 2010

SEZNAM PŘÍLOH

P1) POŽITÉ PODKLADY

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE:	C - 01	Celkový situační výkres stavby	1 : 2000
	C - 02	Koordinační situace	1 : 500
	D.1.1.b. - 01	Půdorys 1.NP	1 : 100
	D.1.1.b. - 02	Půdorys 2.NP	1 : 100
	D.1.1.b. - 03	Pohledy	1 : 100
	D.1.1.b. - 04	Pohledy	1 : 100
	D.1.1.b. - 05	Řezy	1 : 100

SKLADBY KONSTRUKCÍ:	S1	Podlaha na terénu - keramická dlažba	
	S2	Podlaha na terénu - vinylová podlahová krytina	
	S3	Podlaha na stropu - keramická dlažba	
	S4	Střešní plášť	
	S5	Obvodový plášť 1.NP	
	S6	Obvodový plášť 2.NP	
	S6	Vnitřní stěnové konstrukce (alt. A, alt. B)	

P2) VÝKRESY TVAU A VÝZTUŽE

VÝKRESY TVARU:	P2.T - 01	Výkres tvaru stropní desky nad 1.PP	1 : 100
	P2.T - 02	Výkres tvaru stropní desky nad 1.NP	1 : 100
	P2.T - 03	Výkres tvaru - Řez A	1 : 100
	P2.T - 04	Výkres tvaru - Řez B	1 : 100
	P2.T - 05	Výkres tvaru - Řez C	1 : 100
	P2.T - 06	Výkres tvaru venkovního schodiště	1 : 30
	P2.T - 07	Výkres tvaru sloupu a základové patky	1 : 20

VÝKRESY VÝZTUŽE:	P2.V - 01	Výkres výztuže stropní desky nad 1.PP - horní povrch	1:50
	P2.V - 02	Výkres výztuže stropní desky nad 1.PP - dolní povrch	1:50
	P2.V - 03	Výkres výztuže stropní desky nad 1.NP - horní povrch	1:50
	P2.V - 04	Výkres výztuže stropní desky nad 1.NP - dolní povrch	1:50
	P2.V - 05	Výkres výztuže obvodové stěny - 1.PP	1:50
	P2.V - 06	Výkres výztuže obvodové stěny - 1.NP	1:50
	P2.V - 07	Výkres výztuže schodišťového stupně	1:10
	P2.V - 08	Výkres výztuže sloupu a základové patky	1:20

P3) STATICKÝ VÝPOČET