



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 STROPNÍ KONSTRUKCE
ŽB OBJEKTU**

DESIGN OF THE CEILING STRUCTURES OF REINFORCED CONCRETE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Matěj Máj

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVAŘÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Matěj Máj
Název	Návrh a posouzení stropní konstrukce ŽB objektu
Vedoucí práce	Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

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

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 proveďte statické řešení a dimenzování stropní konstrukce 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 a statickým posouzením stropní železobetonové konstrukce vícepodlažního objektu. Ve výpočtech je zpracovaný pouze vybraný výsek desky a překlád. Statická analýza konstrukce byla provedena ve výpočetním programu SCIA Engineer, kontrola je provedena zjednodušenými ručními metodami. Součástí práce je také výkresová dokumentace tvaru řešené konstrukce a podrobné výkresy výztuže řešených prvků.

KLÍČOVÁ SLOVA

Křížem vyztužená monolitická železobetonová deska, překlád, železobeton, výztuž, zatížení, zatěžovací stavy, ohybové momenty, mezní stav použitelnosti

ABSTRAKT

This bachelor thesis is about structural design and static assessment of reinforced concrete floor slab of multi-storey building. Selected parts of structure are detailed in practical part, specifically part of the slab and the lintel. Structural analysis was provided by computational software IDEA StatiCa, check of the results was done by simplified hand calculations. Last part of the thesis is formwork drawing of designed part in the structure and detailed drawing of selected elements for reinforcement.

KEYWORDS

Two way reinforced cast-in-place concrete slab; lintel, reinforced concrete, reinforcement, load, load cases, bending moments, ultimate and serviceability limit state

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Matěj Máj *Návrh a posouzení stropní konstrukce ŽB objektu*. Brno, 2022. 20 s., 89 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 stropní konstrukce ŽB objektu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 16. 5. 2022

Matěj Máj

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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

V Brně dne 16. 5. 2022

Matěj Máj

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chci poděkovat všem, kteří mě podporovali během dosavadního studia na vysoké škole, zejména mé paní vedoucí Ing. Ivaně Švaříčkové Ph.D. za užitečné rady a trpělivost při konzultacích. Dále by rád poděkoval skupině Krásně Světle Modrých za psychický pilíř, bez kterého by nebylo tolika vzpomínek na studijní léta. Díky i Jiříkovi bez něhož by nebylo těchto studií.

Obsah

Obsah

1	ÚVOD.....	10
2	Popis konstrukce	11
2.1	Obecné informace.....	11
2.1.1	Deska	11
2.1.2	Překlad	11
3	Materiálové charakteristiky	12
3.1	Beton C30/37	12
3.2	Ocel B500B	12
4	Zatížení.....	13
4.1	Stálé.....	13
4.2	Proměnné.....	13
5	Kombinace.....	14
6	Výpočetní model	15
6.1	Model Desky.....	15
7	Výpočetní postup	16
7.1	Předběžný návrh rozměrů desky a žebra.....	16
7.2	Překlad	16
8	Závěr.....	18
9	Zdroje	19
9.1	Normy.....	19
9.2	Technické listy a weby.....	19
9.3	Software	19
10	Seznam použitých zkratk a symbolů	20
11	Seznam příloh.....	21
12	Seznam obrázků	22

13 Seznam tabulek 23

1 ÚVOD

Předmětem bakalářské práce je statický výpočet stropní železobetonové monolitické konstrukce vícepodlažní budovy v městě Praze. Řešeným prvkem konstrukce je stropní deska nad prvním nadzemním podlažím a překlady. Cílem práce je návrh a vyztužení:

- Překlady
- Stropní desky

Jednou z důležitých podmínek návrhu je vyhovění mezního stavu únosnosti (ULS). Samotný překlady je dále posuzován na mezní stav použitelnosti (SLS). Limitní průhyb překlady byl stanoven ve dvou časech, v čase $t_1 = 28$ dní a v čase $t_2 = 50$ let. Vnitřní síly jsou vyhodnoceny pomocí programu SCIA Engineer 21.1. Výsledky jsou podloženy dílčími ručními výpočty. V práci je dále zpracován výkres tvaru a výkresy vyztužení vybraných částí železobetonové konstrukce.

2 Popis konstrukce

2.1 Obecné informace

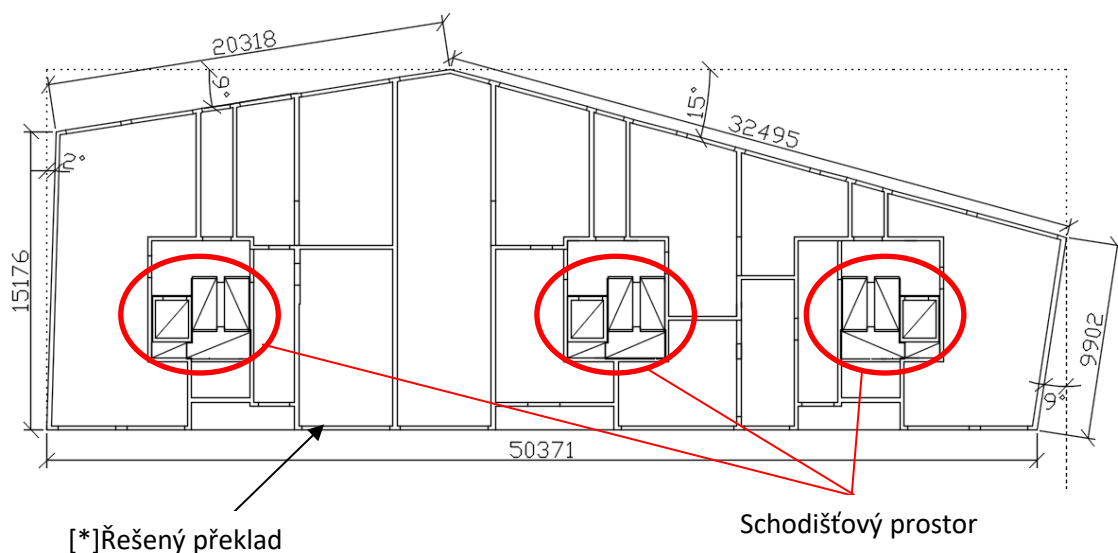
Hlavní nosná konstrukce objektu je provedena z monolitického železobetonu. Podzemní podlaží, kde jsou umístěné garáže, jsou převážně tvořeny sloupovým systémem s vnitřními a obvodovými stěnami. Nadzemní patra jsou navržena převážně ve stěnovém systému. Přejímová deska mezi těmito systémy je umístěna nad prvním podzemním podlažím (1.PP). Nadzemní patra v budově jsou navržena čistě jako obytná plocha. Objekt je založen na základové desce tloušťky 500 mm po celé půdorysné ploše.

2.1.1 Deska

Řešená deska, délky 50,371 m, svým tvarem kopíruje tvar mnohoúhelníku bez kolmých napojení stěn. Deska je konstantní tloušťky 200 mm z betonu třídy C30/37. V podélném směru po okrajích desky jsou umístěny balkóny, z nichž je většina zesílena žebry, spolu s okenními otvory o výšce 450 mm. Vnitřní stěnový systém je kolmý k jižní straně budovy s tloušťkou stěn 200 mm. V desce se nachází prostupy obdélníkového tvaru za výtahovou šachtou hned vedle schodišťového otvoru.

2.1.2 Překlad

Detailně řešený překlad [*], délky 4470 mm a výšky 450 mm, je součástí stropní konstrukce se spolupůsobící šířkou 500 mm. Překlad je svým statickým působením uvažován jako žebro desky. Překlad je zhotoven z betonu pevnostní třídy C30/37.



Obrázek 2.1.2: Obrázek půdorysný pohled

3 Materiálové charakteristiky

Materiálové vlastnosti dle normy ČSN P 73 2404

3.1 Beton C30/37

Všechny svislé i vodorovné nosné konstrukce jsou navrženy z betonu pevnostní třídy C30/37, s vlivem prostředí XC1 pro stropní desku.

ČSN P 73 2404

$f_{ck} := 30 \text{ MPa}$	Charakteristická pevnost betonu v tlaku
$f_{cd} := 20 \text{ MPa}$	Návrhová pevnost betonu v tlaku
$f_{ctm} := 2,9 \text{ MPa}$	Pevnost betonu v tahu
$E_{cm} := 33 \text{ GPa}$	Modul pružnosti betonu
$\varepsilon_{cu3} := 3,5 \text{ ‰}$	Mezní přetvoření betonu

Překlad je zhotoven z betonu pevnostní třídy C30/37 s vlivem prostředí XC3.

3.2 Ocel B500B

Veškeré řešené části železobetonové konstrukce jsou vyztuženy žebříkovou betonářskou výztuží pevnostní třídy B500B.

$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$	Charakteristická mez kluzu
$f_{yd} := 434,78 \text{ MPa}$	Návrhová pevnost oceli v tahu a tlaku
$E_s := 200 \text{ GPa}$	Modul pružnosti oceli
$\varepsilon_{yd} := 0,002175 \text{ ‰}$	Minimální přetvoření výztuže

4 Zatížení

4.1 Stálé

Pro stálé zatížení desky je uvažována vlastní tíha se skladbou podlahy a podhledů, které jsou uvažovány jako jednotlivé zatěžovací stavy. Tyto jednotlivé stavy byly přepočteny na spojitě plošné zatížení a spojitě liniové zatížení na hraně plochy.

Mezi další stálé působení spadá vlastní tíha vnitřních stěn, oken a schodišť, které byly přepočteny na liniové zatížení.

Zatížení na překlad bylo bráno z výpočetního programu SCIA Engineer pro výpočet průhybu.

Zatěžovací stav	Popis	Druh zatížení
ZS1	Vlastní tíha	Plošné zatížení
ZS2	Skladba podlahy a podhledu	Liniové zatížení
ZS3	Vlastní tíha stěn, schodiště, oken, zábradlí	Liniové zatížení

Tabulka 4.1: Tabulka zatěžovacích stavů pro stálá zatížení

4.2 Proměnné

Strop je zařazen dle normy ČSN EN 1992-1-1 do zatěžovací kategorie plochy A - stropní deska. Schodiště je zařazeno do kategorie A - schodiště. Balkón je zařazen do kategorie A - balkóny. Všechny výše uvedené kategorie odpovídají zatížení 3 kN/m².

Zatěžovací stav	Popis	Druh zatížení
ZS4	Nahodilé zatížení pro bytové prostory	Plošné zatížení q=3kN/m ²
ZS5	Nahodilé zatížení pro chodby	Plošné zatížení q=3kN/m ²
ZS6	Nahodilé zatížení pro balkónové prostory	Plošné zatížení q=3kN/m ²
ZS7	Nahodilé zatížení pro bytové prostory	Plošné zatížení q=3kN/m ²

Tabulka 4.2: Tabulka zatěžovacích stavů pro proměnné zatížení

5 Kombinace

Kombinace byly navrženy tak, aby splnily maximální možné zatížení konstrukce. Bylo sestaveno 7 kombinačních rovnic pro mezní stav únosnosti. Z důvodu složitosti statického uložení v místě řešení desky, nebylo možné přistoupit k šachovnicové variaci. Proto bylo uvažováno maximální doporučené spojitě zatížení 3 kN/m² pro bytové prostory.

Kombinace		Poznámky
K1	ZS1+ZS2+ZS3+ZS4+ZS5+ZS6	Vyvolává max. ohybový moment i max. posouvající síly pro desku
K2	ZS1+ZS2+ZS3+ZS4	
K3	ZS1+ZS2+ZS3+ZS5	
K4	ZS1+ZS2+ZS3	
K5	ZS1+ZS2+ZS3+ZS7	
K6	ZS1+ZS2+ZS3+ZS5+ZS7	
K7	ZS1+ZS2+ZS3+ZS5+ZS6+ZS7	Vyvolává max. ohybový moment i max. posouvající síly pro překlad

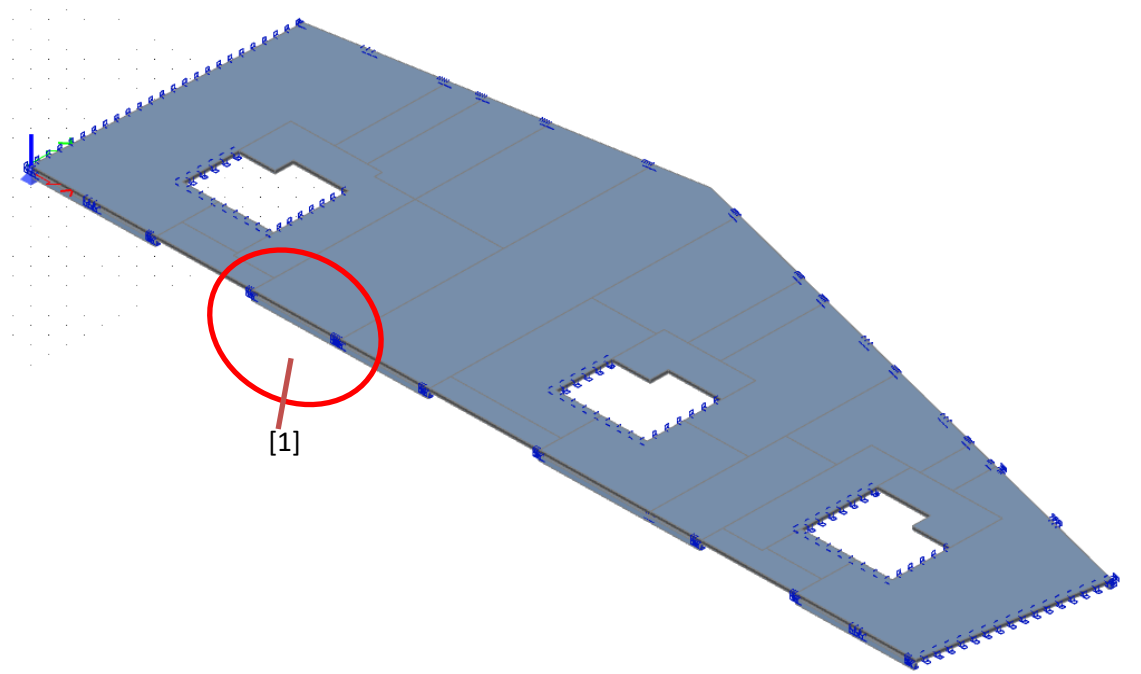
Tabulka 5.: Tabulka kombinací zatěžovacích stavů

6 Výpočetní model

6.1 Model Desky

Deska byla modelována pomocí deskových prvků jako spojitá v celé své geometrii. V místě stěny je uložena liniovými prostě podepřenými podporami a po obvodě desky jsou podpory vetknuté. V prostupech u výtahových šachet a schodišť jsou podpory taktéž uvažovány jako vetknuté.

V místě řešeného překladu_[1] bylo vymodelováno žebro v desce, které je v místech uložení na stěnách podepřeno liniovými podporami. Celkové spolupůsobení je uvažováno jako spojitý nosník.



Obrázek 6.1- Axonometrický pohled na model v programu Scia Engineer

7 Výpočetní postup

7.1 Předběžný návrh rozměrů desky a žebra

Deska byla uvažována jako spojitá, po obvodě vetknutá. Předběžné rozměry tloušťky desky vychází z empirických vztahů, pro splnění potřebného minima a maxima.

Geometrie překladu byla zadána z podkladů (viz příloha P3.) a podle těchto rozměrů byla navržena výztuž.

Deska byla počítána metodou křížem vyztužené desky. Pro ověření správnosti výsledků a možnosti využití vnitřních sil z programu, byla provedena nezávislá kontrola ručním výpočtem. Řešené místo desky bylo rozděleno teoretickými řezy v ose x , y . Tyto řezy a jejich výsledné hodnoty z programu byly porovnány s hodnotami ručních výpočtů řezů pomocí trojmomentové rovnice. Tímto krokem byla ověřena správnost a funkčnost modelu.

Pro výpočetní metodu křížem vyztužené desky bylo určeno teoretické rozpětí s hodnotami l_x a l_y , které byly spočítány za pomoci konstrukčních parametrů.

Dalším krokem pro rozdělení zatížení bylo sestavení náhradních nosníků. Celkové plošné zatížení bylo přerozděleno do dvou směrů, x a y . Poté byla zvolena intenzita zatížení pomocí rozdělovacího součinitele C . Rozdělovací součinitel C byl odvozen ručně.

Zatížení na jednotlivých náhradních nosnících bylo vynásobeno rozdělovacím součinitelem C a byly určeny hodnoty vnitřních sil. Tyto hodnoty byly zredukovány v každém směru součinitelem profesora Hrubana, z důvodu zabránění nadzvedávání rohů.

Další vnitřní síly byly brány přímo z programu SCIA Engineer, na něž byla navrhována výztuž a byly ověřeny její konstrukční zásady. Navržená výztuž byla vztažena na celou plochu desky.

7.2 Překlad

S ohledem na tvar byl překlad modelován jako nesymetrické stropní žebro. Spolupůsobící šířka byla zvolena 500 mm na základě přibližného výpočtu. Vnitřní síly byly převzaty z modelu a na základě těchto hodnot byla navržena výztuž na největší hodnotu ze stanovených sedmi kombinací. Z důvodu velkého působení posouvajících sil, bylo nutné navrhnout a posoudit smykovou výztuž, která byla navržena v celé délce překladu.

Limitní průhyb překladu byl stanoven na základě poměru rozpětí pro dvě časové roviny. První časový interval v čase $t_1 = 28$ dnů byl stanoven na 9,36 mm. Druhý

posudek, v čase $t_2 = 50$ let, byl stanoven na 18,72 mm. Samotný průhyb byl pak posuzován pro ideální průřez (stádium I. – bez vzniku trhlin) a průřez porušený.

Při prvním posudku v čase t_1 dojde ke vzniku ohybových trhlin a výsledný průhyb v čase 28 dnů vznikne 6,26 mm. Posudek na průhyb vyhoví.

Při druhém posudku v čase t_2 nedojde ke vzniku trhlin a vypočtený průhyb činí 11,45 mm. Druhý posudek na průhyb vyhoví.

8 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a posoudit stropní konstrukci železobetonového objektu a stropního překladu. Jednotlivé prvky byly posouzeny na mezní stav únosnosti a byla navržena výztuž. Z důvodu mých nedostatečných dosavadních znalostí a zkušeností byl posouzen na mezní stav použitelnosti pouze překlad. Podmínka splnění limitního průhybů překladu v část t_1 a t_2 nebyla překročena.

9 Zdroje

9.1 Normy

[1] ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

[2] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

9.2 Technické listy a weby

[3] Navrhování betonových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1992-1-1 A ČSN EN 1992-1-2.

[4] Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D., Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/>

9.3 Software

SCIA Engineer

Archicad 24

Autocad 2022

Cadkon RCD 2022

Microsoft Office Word 365

Microsoft Office Excel 365

10 Seznam použitých zkratk a symbolů

f_{cd} - Návrhová pevnost betonu v tlaku

f_{ck} - Charakteristická pevnost v tlaku

f_{ctd} - Návrhová pevnost betonu v tahu

f_{ctk} - Pěti procentní kvantil betonu v tahu

f_{ctm} - Průměrná pevnost betonu v tahu

f_{cm} - Průměrná pevnost betonu v tlaku

f_{yd} - Návrhová mez kluzu oceli

f_{yk} - Charakteristická mez kluzu oceli

E - Modul pružnosti

ϵ_{cu} - Mezní poměrné přetvoření betonu v tlaku

ϵ_s - Poměrné přetvoření betonářské výztuže

11 Seznam příloh

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

12 Seznam obrázků

Obrázek 2.1.2: Obrázek půdorysný pohled 11

Obrázek 6.1- *Axonometrický pohled na model v programu Scia Engineer* 15

13 Seznam tabulek

Tabulka 4.1: Tabulka zatěžovacích stavů pro stálá zatížení.....	13
Tabulka 4.2: Tabulka zatěžovacích stavů pro proměnné zatížení.....	14
Tabulka 5.: Tabulka kombinací zatěžovacích stavů.....	14