



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

PRŮMYSL OVÝ OBJEKT - POSOUZENÍ VYBRANÝCH ŽB PRVKŮ

INDUSTRIAL BUILDING - REVIEW OF SELECTED REINFORCED CONCRETE PARTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

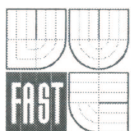
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JOZEF WEBER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVARÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2015



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 Jozef Weber
Název Průmyslový objekt - posouzení vybraných ŽB prvků
Vedoucí bakalářské práce Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2014
Datum odevzdání bakalářské práce 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

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



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Stavební podklady

Platné normy:

- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí. 2004
 - ČSN EN 1991-1 až 4: Zatížení stavebních konstrukcí. 2004 – 2007
 - ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby. 2006
 - ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. 2010
- Další potřebná literatura po dohodě s vedoucím bakalářské práce.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

V zadaném objektu vypracujte statické řešení stropní desky nad 2.NP a navazujících příčlív.

Proveďte návrh a posouzení výztuže.

Pro stanovení účinků od zatížení využijte program pro výpočet vnitřních sil.

Posouzení prvků proveďte podle mezního stavu únosnosti.

Vypracujte výkres tvaru a k počítaným prvkům výkresy výztuže.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady, studie

P2. Statický výpočet

P3. Výkresová dokumentace

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).


Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě dle směrnic a na CD (1x).

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).


.....
Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá železobetonovou stropní konstrukcí. Jedná se o prostorový rám, který se skládá z prutových prvků orientovaných v podélném i příčném směru. V práci je proveden výpočet středního podélného průvlaku a taktéž středního příčného trámu. Dále je vypočtena stropní konstrukce, která působí v obou směrech. Pro výpočet vnitřních sil byl použit výpočetní program SCIA ENGINEER 2013.0, který pracuje na principu metody konečných prvků – MKP. Všechny prvky byly navrženy na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Práce obsahuje textovou část, vnitřní síly, statický výpočet, výkresovou dokumentaci a použité podklady.

Klíčová slova

Železobeton, stropní konstrukce, rámová konstrukce, pruty, deska, vnitřní síly, zatěžovací stavy, mezní stavy, model, statický výpočet, dimenzování, beton, výztuž, ohyb, smyk, kroucení, průhyb, šířka trhliny, napětí, výkres tvaru, výkres výztuže.

Abstract

Bachelor's thesis deals with reinforced concrete floor structure. It is a 3D frame, which is composed of bar elements oriented in the longitudinal and transverse direction. The work is done calculating mean longitudinal beam and also the middle of the cross beam. Furthermore, the calculated floor structure, which operates in both directions. For the calculation of inner strength used computer program SCIA ENGINEER 2013.0, which operates on the Finite Element Method - FEM. All elements have been designed for ultimate and serviceability limit state. Work contains textual part, inner strength, static calculations, drawings and used documents.

Keywords

Reinforced concrete, floor structure, frame structure, bars, slab, inner strength, load cases, limit states, model, static calculations, design, concrete, reinforcement, bending, shear, torsion, deflection, crack width, stress, falsework drawing, reinforcement drawing.

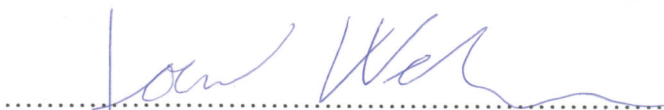
Bibliografická citace VŠKP

WEBER, Jozef. *Průmyslový objekt - posouzení vybraných ŽB prvků*. Brno, 2015. 16 s., 250 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29.5.2015



podpis autora
Jozef Weber

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Ivaně Švaříčkové, PhD. za odborné vedení a konzultace bakalářské práce. Také bych rád poděkoval Ing. Dordemu Čairovičovi za pomoc při vytváření modelu v programu SCIA ENGINEER 2013 a Ing. Peteru Weberovi za poskytnutí podkladů pro mojí práci.

Poděkování taktéž patří i mé rodině, přítelkyni a přátelům za projevenou podporu během studia i při vytváření této práce.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

PRŮMYSLOVÝ OBJEKT - POSOUZENÍ VYBRANÝCH ŽB PRVKŮ

INDUSTRIAL BUILDING - REVIEW OF SELECTED REINFORCED CONCRETE PARTS

TEXTOVÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JOZEF WEBER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVARÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2015

OBSAH:

1	ÚVOD	str. 2
2	TECHNICKÁ ZPRÁVA	str. 3
2.1	POUŽITÉ PODKLADY	str. 3
2.2	LOKALITA STAVBY	str. 3
2.3	FUNKCE OBJEKTU	str. 3
2.4	KONSTRUKČNÍ SYSTÉM ČÁSTI ELEKTRO	str. 3
2.5	KONSTRUKČNÍ PRVKY NOSNÉHO SYSTÉMU	str. 4
2.5.1	ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE	str. 4
2.5.2	SVISLÉ KONSTRUKCE – SLOUP	str. 4
2.5.3	VODOROVNÉ KONSTRUKCE – PRŮVLAK + TRÁM	str. 4
2.5.4	VODOROVNÉ KONSTRUKCE – DESKA	str. 4
2.6	MATERIÁLY POUŽITÉ V KONSTRUKCI	str. 5
2.6.1	BETON	str. 5
2.6.2	OCEL	str. 6
2.7	ZATÍŽENÍ	str. 7
2.8	MEZNÍ STAVY	str. 7
2.9	VÝPOČETNÍ METODA A STATICKÉ MODELY	str. 8
2.10	POSTUP VÝSTAVBY MONOLITICKÉ KONSTRUKCE	str. 8
2.10.1	PŘÍPRAVA VÝZTUŽE	STR. 8
2.10.2	PŘÍPRAVA STAVBY	STR. 8
2.10.3	BEDNĚNÍ	STR. 9
2.10.4	VYZTUŽOVÁNÍ	STR. 9
2.10.5	BETONÁŽ	STR. 10
2.10.6	OŠETŘENÍ A ODBEDNĚNÍ	STR. 10
3	ZÁVĚR	str. 11
4	ZDROJE	str. 12
4.1	NORMY	str. 12
4.2	LITERATURA	str. 12
4.3	CITACE	str. 13
4.4	SOFTWARE	str. 13
5	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A ZKRATEK	str. 14
5.1	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	str. 14
5.2	SEZNAM ZKRATEK	str. 14
6	SEZNAM PŘÍLOH TEXTOVÉ ČÁSTI	str. 15

1 ÚVOD

Moje bakalářská práce se zabývá návrhem prvků železobetonové konstrukce v prostoro-
vém rámovém skeletu s deskami působícími v obou směrech. Zvolený systém jsem přebral
z poskytnutých podkladů a zdá se mi pro dané požadavky budovy zvolen vhodně. Toto téma
jsem si zvolil, protože mě železobetonové konstrukce vždy fascinovaly a samotná statika sta-
veb mě vždy bavila. Jeden z důvodů byl i to, že dle mého názoru se při řešení velkých konstrukcí
bude v budoucnu vždy využívat železobetonových prvků nebo betonových předpjatých kon-
strukcí, a proto bych se i s pomocí této práce chtěl co nejvíce dozvědět.

Předmětem práce bylo vypočítat vnitřní síly za pomoci výpočetního programu, navrhnout
výztuž dle ČSN EN 1992-1-1 a vytvořit výkresovou dokumentaci s výkazem výztuže. Po vytvo-
ření rozhodujícího modelu jsem provedl návrh podélného průvlaku P2, příčného trámu T2 a
křížem vyztužené desky s otvory D1 nad 2.NP. Prvky jsou znázorněny na výkresu tvaru stropní
konstrukce nad 2.NP – P3.1 v příloze P3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE. Byl kladen důraz na
vyztužení desky z důvodu výskytu otvorů ve stropní konstrukci. Všechny výkresy jsem se snažil
pro snadnou realizaci vytvořit tak, aby byly co nejvíce srozumitelné a přehledné.

Pro výpočet vnitřních sil jsem použil výpočetní program SCIA ENGINEER 2013.0, který mi
byl poskytnut ve studentské verzi. Jako první jsem vytvořil 3D model, který jsem také použil
pro navrhování konstrukce. Dále byl vytvořen kontrolní 2D model a taktéž jsem si pro kontrolu
vypočítal vnitřní síly ručním výpočtem.

2 TECHNICKÁ ZPRÁVA

2.1 POUŽITÉ PODKLADY

Pro vytvoření objektu byl použita podkladní studie této konstrukce od Ing. Petera Webera. Na základě studie byl vytvořen nový výkres tvaru (P3.1 – příloha P3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE), na který je proveden nový statický výpočet včetně nového vyztužení.

2.2 LOKALITA STAVBY

Stavba se bude nacházet v okresním městě Vyškov, který leží na území Jihomoravského kraje severovýchodně od Brna. Stavba bude umístěna v průmyslové zóně na ulici Cukrovarská a jedná se o dílčí objekt v nově plánovaném průmyslovém komplexu. Na základě umístění stavby byly určeny nahodilé zatížení od klimatických podmínek a z geologických sond charakteristické hodnoty zeminy.

2.3 FUNKCE OBJEKTU

Jedná se o dílčí objekt, který bude součástí nového průmyslového komplexu. Přesněji se jedná o elektrocentrum, ve kterém budou umístěny elektrorozvody pro celý komplex. Objekt je rozdělen na dvě části. První část je sociální, která je tvořena 8 – patrovou konstrukcí a vyskytuje se zde sociální zázemí, šatny, kanceláře a schodiště. Druhá část je elektro, která je tvořena 3 – patrovou konstrukcí a vyskytuje se zde samotné elektrocentrum. Obě části jsou dilatačně odděleny a komunikačně spojeny.

2.4 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM ČÁSTI ELEKTRO

Předmětem této projektové dokumentace je část elektro v objektu elektrocentra. Jedná se o nižší objekt, který je od vyššího oddělen dilatační spárou, a tudíž se jedná o samostatný objekt. Celá stavba je navržena jako monolitická železobetonová konstrukce. Nosná konstrukce je tvořena prostorovým, rámovým, prutovým skeletem s deskou působící v obou směrech. Skelet tvoří podélné průvlaky, které jsou v prostoru ztuženy příčnými trámy, a to vytváří samotný prostorový skelet. Deska je zvolena jako křížem vyztužená v obou směrech a tím je i zabezpečena celá tuhost konstrukce.

2.5 KONSTRUKČNÍ PRVKY NOSNÉHO SYSTÉMU

2.5.1 ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

Vzhledem k velkému zatížení konstrukce a zkušenostem při minulých realizacích, vyplývajících z technické zprávy v příloze P4 – POUŽITÉ PODKLADY, je objekt založen na hlubinných základech. Základy jsou tvořeny pilotami a základovými bloky a rošty. Základový blok se provede z betonu C 25/30 – XC2.

2.5.2 SVISLÉ KONSTRUKCE – SLOUP

Svislé konstrukce jsou tvořeny sloupy s rozměry 500/600 mm a 500/500 mm. Na základě vnitřních sil je zvoleno šest typů sloupů. Jejich umístění je znázorněno ve výkresu tvaru stropní konstrukce nad 2.NP (P3.1 – příloha P3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE). Požadavkem řešení je spojit rohové pruty výztuže svarovým spojem po celé výšce sloupu v objektu z důvodu uzemnění objektu elektrocentra.

2.5.3 VODOROVNÁ KONSTRUKCE – PRŮVLAK + TRÁM

Vodorovná konstrukce je tvořena prostorovým rámem, vytvořeným ze skeletu tvořeným prutovými prvky. Jedná se o podélný průvlak s rozměry 450/850 mm a příčný trám s rozměry 400/700 mm. Jejich umístění je znázorněno ve výkresu tvaru stropní konstrukce nad 2.NP (P3.1 – příloha P3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE). Prvky jsou navrženy na ohyb bez vlivu normálových sil a na smykové síly, a proto se vyskytuje hlavní nosná výztuž při horním nebo spodním okraji a třmínky po celé délce prvků. Prvky jsou posouzeny i na kroucení ale z důvodu splnění podmínky se nemusí přidávat výztuž na kroucení. Prvky jsou navrženy na I. MS – únosnost i na II. MS – použitelnost. Samotné dimenze jsou uvedeny v příloze P2 – STATICKÝ VÝPOČET.

2.5.4 VODOROVNÁ KONSTRUKCE – STROPNÍ DESKA

Vodorovná konstrukce je vytvořena deskou, která působí ve dvou směrech. Deska je na celém půdorysu stejných rozměru a to o tloušťce 220 mm. Samotný tvar desky včetně otvorů je znázorněn ve výkresu tvaru stropní konstrukce nad 2.NP (P3.1 – příloha P3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE). Deska je navržena na ohyb bez vlivu normálových sil, a proto se zde vyskytuje hlavní nosná výztuž při horním i spodním líci konstrukce. Výztuž je kladena v obou směrech na sebe kolmých. Způsob vyztužení je vytvořen podle průběhu vnitřních sil. Deska je navržena na I. MS – únosnost i na II. MS – použitelnost. Samotné dimenze jsou uvedeny v příloze P2 – STATICKÝ VÝPOČET.

U desky jsou vytvořeny otvory pro rozvody elektro, které jsou vyztuženy háky s přidanou podélnou výztuží v rozích a ve středu dle konstrukčních zásad. Do monolitické desky je potřeba před betonáží osadit veškeré zámečnické konstrukce (hrany otvorů v desce). Je nutné zohlednit dotvarování a smršťování při výstavbě příček z kusového staviva – podložení příčky pružným materiálem a nevyzdění příčky až do stropu ale nechat mezeru, která se dozdí později.

2.6 MATERIÁLY POUŽITÉ V KONSTRUKCI

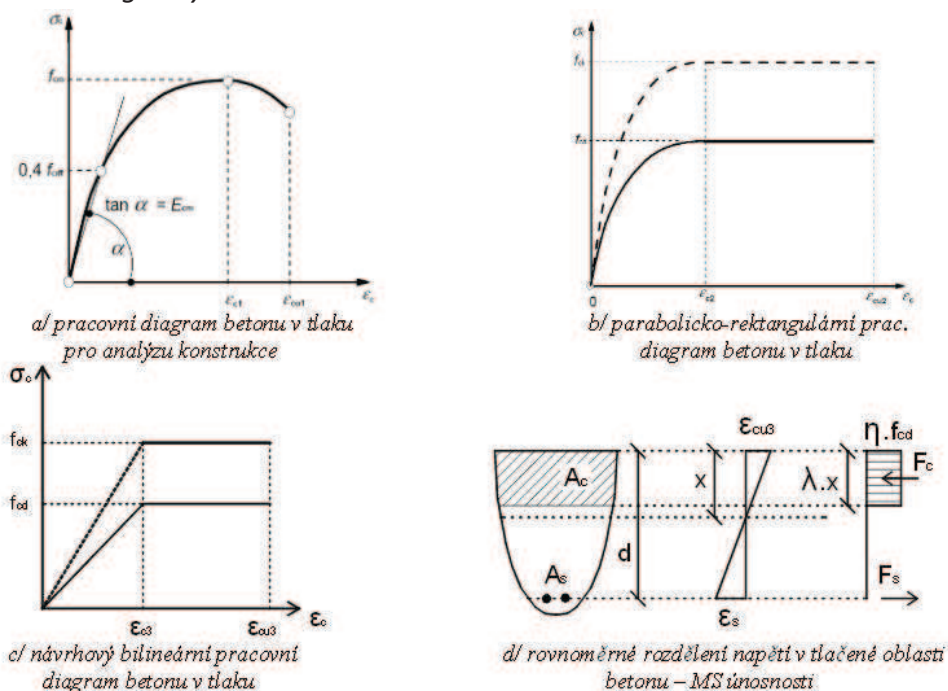
2.6.1 BETON

Pro konstrukci byl zvolen beton C 25/30. Stupeň vlivu prostředí v konstrukci je charakterizováno jako XC1 – suché prostředí (pro beton uvnitř budovy s nízkou vlhkostí). Třída konstrukce pro desku je S3 a pro průvlaky a trámy S4. Konzistence betonu je S3, která je navržena dle ČSN EN 206-1:Z4. Krycí vrstva betonu byla navržena pro desky $c = 20$ mm a pro průvlaky a trámy $c = 35$ mm.

Tab. 1 - Tabulka charakteristických hodnot betonu C 20/25:

Charakteristika betonu		C 25/30	Vztah (prac. diagram)
Pevnost v tlaku	f_{ck} [MPa]	25	$f_{ck} = f_{ck,cyl}$
	$f_{ck,cube}$ [MPa]	30	
	f_{cm} [MPa]	33	$f_{cm} = f_{ck} + 8$
Pevnost v tahu	f_{ctm} [MPa]	2,6	$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)}$
	$f_{ctk;0,05}$ [MPa]	1,8	$f_{ctk;0,05} = 0,7 f_{ctm}$
	$f_{ctk;0,95}$ [MPa]	3,3	$f_{ctk;0,95} = 1,3 f_{ctm}$
E_{cm} [GPa]		31	$E_{cm} = 22 (f_{cm}/10)^{0,3}$
Přetvoření betonu	ϵ_{c1} [‰]	2,10	$\epsilon_{c1} = 0,7 f_{cm}^{0,31} < 2,80$
	ϵ_{cu1} [‰]	3,50	
	ϵ_{c2} [‰]	2,00	
	ϵ_{cu2} [‰]	3,50	
	n	2,00	
	ϵ_{c3} [‰]	1,75	
	ϵ_{cu3} [‰]	3,50	

Obr. 1 - Pracovní diagramy betonu:



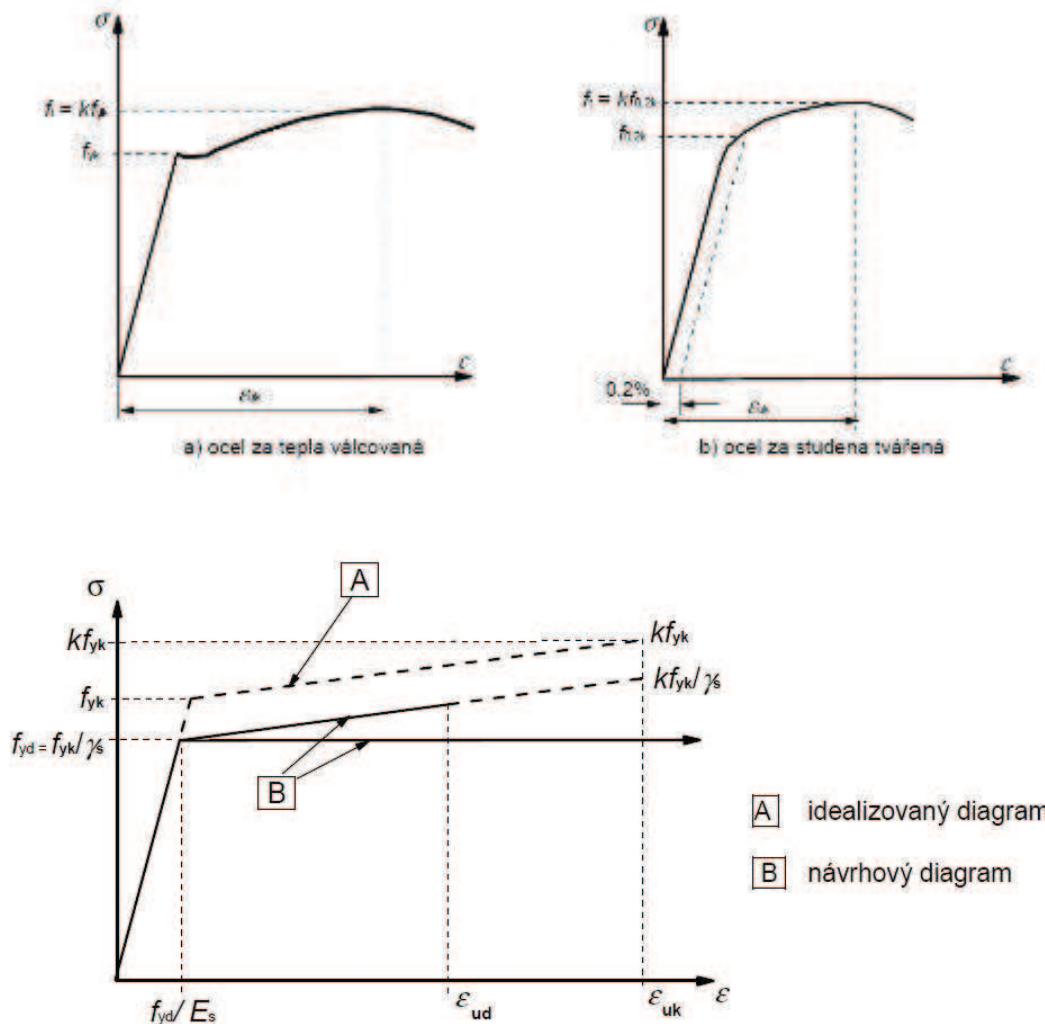
2.6.2 OCEL

Pro konstrukci byla zvolena betonářská výztuž B 500B. Třída tažnosti B. Betonářská ocel je charakterizována v EN 10080 a ČSN 420139.

Tab. 2 - Tabulka charakteristických hodnot oceli B 500B:

Charakteristika oceli	B 500B
$R_e = f_{yk}$ [MPa]	500
$R_m = f_{tk}$ [MPa]	550 (540)
Třída tažnosti	B
$A_{gt} = \epsilon_{uk}$ [%]	5
Min. R_m/R_e	1,08

Obr. 2 - Pracovní diagramy oceli:



2.7 ZATÍŽENÍ

Zatížení konstrukce se dělí na stálé a nahodilé. Do stálých zatížení se počítá vlastní tíha konstrukce, kterou výpočetní program SCIA ENGINEER 2013.0 stanoví sám na základě objemové tíhy konstrukce a objemu prvků. Ostatní stálé zatížení je dáno antistatickou litou podlahou SIKAFLOOR a příčkami tl. 240 a 140 mm z kusového staviva POROTHERM.

Nahodilé zatížení se vyskytuje jako užité, zatížení od sněhu a větru. Z podkladní technické zprávy je stanoveno užité zatížení v 2.NP pro část elektro na $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ – příloha P.4. Sníh je stanoven dle lokality stavby a to na $s_k = 0,85 \text{ kN/m}^2$ a vítr je taktéž stanoven dle lokality stavby a to na oblast II. s rychlostí větru $v_b = 25 \text{ m/s}$.

Veškeré zatížení jsou uvažovány v 3D modelu a je z nich vytvořeno 24. zatěžovacích stavů, ze kterých se za pomoci kombinací vytvoří vnitřní síly.

2.8 MEZNÍ STAVY

Konstrukce je navržena na kritérium únosnosti a spolehlivosti a taktéž splňuje požadavky na použitelnost a trvanlivost (zamezení nadměrného průhybu, omezení napětí ve výztuži a betonu a omezení šířky trhlin). Daná konstrukce je navržena na životnost padesáti let. Na mezní stavy jsou navrženy kombinace zatížení. Pro I. MS se bere výraz 6.10a & 6.10 b – STR GEO (soubor B) dle ČSN EN 1990. a pro II. MS se berou výrazy 6.14b a 6.16b dle ČSN EN 1990. Následně je proveden výpočet konstrukce dle ČSN EN 1992-1-1.

Pro I. MS se vyskytují tři způsoby porušení. První mez porušení nastává ohybovým momentem, která se vyskytuje u všech prvků. Druhá mez porušení nastává od smykových sil, která se týká především průvlaků a trámů. Desky lze považovat bez smykového namáhání. Třetí mez porušení nastává od kroutících sil, která se také týká průvlaků a trámů a nejsou zde nutná další opatření – není navržena výztuž na kroucení.

Pro II. MS se posuzuje hlavně mezní stav přetvoření. Posuzuje se průhyb u průvlaků a trámů, a to na okamžik pro dokončení montáže, kde se bere charakteristická kombinace dle výrazu 6.14b, a na kritérium obecné použitelnosti, kde se bere kvazistálá kombinace dle výrazu 6.16b. U desky je použita podmínka ohybové štíhlosti – poměr rozpětí l k účinné výšce d je menší nebo rovno λ_d . Pokud je splněna podmínka lze uvažovat, že průhyby nepřekročí limitní hodnoty. Dále je dodrženo omezení napětí v oceli při charakteristickém zatížení a omezení napětí betonu při kvazistálém zatížení. Obě podmínky jsou splněny u všech konstrukcí. Jako poslední se ověří mezní stav trhlin. Tento postup je zvolen jako omezení šířky trhlin bez přímého výpočtu šířky trhlin, který je založen na odvození minimální plochy výztuže.

2.9 VÝPOČETNÍ METODA A STATICKÉ MODELY

Jako výpočetní metoda byla použita metoda konečných prvků – MKP (FEM – finite element method). Tuto numerickou metodu používá výpočetní program SCIA ENGINEER 2013, kterým je proveden výpočet vnitřních sil. Tato metoda simuluje průběh napětí a deformace na vytvořeném modelu. Lze charakterizovat takto: „*Jde o metodu variační a hledané řešení (funkce F) tedy plyne z podmínky minima (či stacionarity) funkcionálu příslušejícímu dané úloze. Podle typu funkce F a odpovídajícího funkcionálu lze rozlišit u MKP tři varianty – deformační, silová a smíšená.*“⁽¹⁾ Jedná se přibližnou numerickou metodu, která počítá se soustavu diferenciálních rovnic. Byl také proveden kontrolní ruční výpočet za pomoci metody náhradních nosníků – výpočet ohybových momentů desky.

Byly vytvořeny dva statické modely. Jako první a hlavní model byl vytvořen celý prostorový rám jako 3D model. Z tohoto modelu jsou převzaty veškeré vnitřní síly pro dimenzování nosných částí v konstrukci. Byl také vytvořen 2D model vyšetřované stropní konstrukce nad 2.NP, který sloužil pro ověření průběhu vnitřních sil a jejich velikosti.

2.10 POSTUP VÝSTAVBY MONOLITICKÉ KONSTRUKCE

2.10.1 PŘÍPRAVA VÝZTUŽE

Pruty budou nastříhány a připraveny ve výrobě. Případné ohýbání výztuží bude provedeno dle předepsaných zásad. Výztuže budou svázány do balíku a označeny dle přílohy P3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE s uvedením délky daného prutu. Vše bude přivezeno na stavbu za pomoci dopravních prostředků.

2.10.2 PŘÍPRAVA STAVBY

Před provedením samotné stropní konstrukce nad 2.NP budou provedeny:

- Základové konstrukce,
- svislé prvky – sloupy
- vodorovné konstrukce nižších pater.

Poslední záběr bude přiveden do spodní pracovní spáry, která je znázorněna ve výkresu průvlaku P2 (P3.6 – příloha P3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE). Ze sloupu bude vytažena výztuž pro další napojení a provázání pokračující výztuže. Jako poslední se připraví bednění stropní konstrukce a zkontroluje se výškové úrovně pracovních spár a bednění.

2.10.3 *BEDNĚNÍ*

Bednění musí být připraveno na dané zatížení, proto je nutné na něj vytvořit statický výpočet. Nejvhodnějším bedněním pro danou konstrukci je systémové. Podporová konstrukce bednění je tvořeno ocelovými teleskopickými stojkami a čtyř-směrnou ocelovou hlavicí s dřevěnými nosníky s profilem „I“. Nosníky jsou sestaveny v obou směrech desky, osová vzdálenost nosníků je stanovena ve statickém výpočtu pro bednění. Samotné bednění desky a prutů je tvořeno stavebními překližkami o tl. 30 mm. Všechny stojky jsou uloženy na pevný podklad a zároveň musí být zabezpečeny v prostoru za pomoci vzpěr. Veškeré bednicí desky musí být před betonáží opatřeny nátěrem pro snadné odbednění po betonáží.

2.10.4 *VYZTUŽOVÁNÍ*

Pro veškeré výztuže pro všechny prvky je navržena kotevní délka a stykovací délka, která musí být bez výjimky dodržena. Krytí betonu je taktéž navrženo a to zvláště pro prutové prvky a deskové konstrukce. Krytí betonu musí být taktéž nezbytně dodrženo z důvodu životnosti konstrukce.

Pro prutové prvky (průvlaky a trámy) se vytvoří armokoš, který je tvořen hlavními nosnými výztužemi a třmínky, dle výkresu vyztužení v příloze P3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE, který se následně vloží do předem připraveného bednění. Vyztužení v místě křížení prutů se musí dovážat až dodatečně, a to z důvodu náročného přechodu v místě sloupu. Krytí betonu bude dodrženo za pomoci plastových distančních prvků, které budou umístěny na hlavní nosnou výztuž.

U desky se nejdříve sváže spodní líc desky. Jako první se vytvoří základní rastr výztuže $\varnothing 8$ mm po 180 mm v obou směrech. Následně se některá místa dovyztuží na $\varnothing 8$ mm po 90 mm dle výkresu vyztužení v příloze P3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE. Horní líc se vyztužuje stejným způsobem, ale vznikají zde extrémní síly a z toho důvodu je v několika místech provedeno dovyztužení z výztuže $\varnothing 16$ mm. Krytí betonu bude dodrženo za pomoci plastových lišt o délce 1 m. Rozměr mezi horní a spodní výztuží bude dodržen za pomoci distančního žebříky. Jedná se o prostorový prvek, který se uloží na spodní výztuž.

2.10.5 *BETONÁŽ*

Před betonáží konstrukce je nutné zkontrolovat polohu, počet a dimenze výztuže. Je nutné také zkontrolovat distanční prvky z důvodu dodržení krytí výztuže. O všech provedených kontrolách se provádí zápis do stavebního deníku.

Betonáž se provádí do zhotoveného bednění, které dá konstrukci následný požadovaný tvar. Teplota, při níž je provedena samotná betonáž, nesmí klesnout pod 5°. Musí být zabráněno rozmísení jednotlivých složek betonu. Ukládání betonu bude provedeno za pomoci čerpadel SCHWING nebo pomocí bádíe. Maximální výška volného pádu betonové směsi musí být 1,50 m. Následně musí být provedeno zhuštění betonové směsi za pomoci ponorných vibrátorů u prutových prvků a u desek bude použit příložený vibrátor – vibrační deska. V případě nutnosti vytvoření pracovní spáry volíme místo s nulovým ohybovým moment. Ve většině případů se jedná o 1/3 až 1/4 rozpětí desky. Spára se provede pod úhlem 45° a její povrch se nechá zdrsněný. Horní povrchy konstrukce budou vyhlazeny za pomoci hladítek.

2.10.6 *OŠETŘENÍ A ODBEDNĚNÍ*

V prvních 10 dnech je nutné zajistit v konstrukci dostatečnou vlhkost za pomoci kropení konstrukce. Samotné kropení lze začít po 24 hodinách, kdy už nedochází k vyplavení cementové složky. Samotnou konstrukci je potřeba chránit před deštěm a otřesům. Konstrukci lze opatřit vrstvou geotextílie i v průběhu kropení. Je nutné dodržet zásady ošetřování betonu z důvodu zamezení vzniku trhlin od smršťování.

Odbednění konstrukce lze provést po 28 dnech po betonáží, kdy je dosažena dostatečná a požadovaná pevnost betonu. Postup odbednění se provádí podle předem připraveného postupu od výrobce.

3 ZÁVĚR

Úkolem práce byl navrhnout monolitickou železobetonovou konstrukci z poskytnutých podkladů. Jedná se o rámovou konstrukci uspořádanou v prostoru. Jedná se o celkem jednoduchou rámovou konstrukci. Jediné ztížení situace bylo, že ve stropní desce se vyskytují otvory a že jsou v konstrukci různé rozměry polí.

Jako první jsem řešil vnitřní síly v konstrukci. Vytvořil jsem 3D model celého objektu ve výpočetním programu SCIA ENGINEER 2013.0, který pracuje na principu MKP. Jako první jsem vytvořil rámový skelet z průvlaků a trámů o rozměrech daných poskytnutými podklady. Poté jsem vytvořil deskové konstrukce včetně navržených otvorů. Podpory pod sloupy v 1.NP jsem vytvořil jako nepoddajné tuhé podpory – konzoly. Zatěžovací stavy jsem vytvořil dle vlastní tíhy a vytvořením různých stavů z nahodilého zatížení. V modelu je započítán i vliv od účinků klimatických zatížení – vítr, sníh. Pro svojí kontrolu jsem vytvořil obdobně i 2D model, který jsem v místě sloupu podepřel podporou typu „sloup“. Jedná se o funkci ve výpočetním programu SCIA ENGINEER 2013.0, který zohledňuje pootočení ve sloupu, ale jeho výsledek není úplně správně. Jako poslední jsem vypočítal vnitřní síly za pomoci metody náhradních nosníků, které sloužily pro přibližnou kontrolu výsledků daných modelů. Z důvodu velké rezervy v průhybu lze konstatovat, že by šlo navržené rozměry prutů zmenšit.

Ve statickém výpočtu jsem posuzoval první a následně i druhý mezní stav. V prvním mezním stavu jsem u prutových prvků navrhoval a posuzoval výztuž na ohyb, která se je tvořena hlavní, nosnou, podélnou výztuží. Poté jsem prvky navrhl a posoudil na smyk, který je tvořen třmínky. Prvky jsem také posoudil na kroucení, ale oba prvky vyšly na kroucení i bez výztuže na kroucení. Desky jsem navrhoval jako křížem vyztužené. Navrhl jsem základní rastr v obou směrech o $\varnothing 8$ mm po 180 mm u spodního a horního líce a poté jsem dle průběhu vnitřních sil dovyztužoval daná místa na desce. V druhém mezním stavu jsem posuzoval konstrukce na mezní stav přetvoření, kde se jednalo o průhyb při okamžiku po dokončení montáže a průhyb při kritériu obecné použitelnosti. Dále jsem zkontroloval omezení napětí ve výztuži a betonu a jako poslední jsem ověřil mezní stav trhlin za pomoci zjednodušeného vzorce pro stanovení minimální plochy výztuže pro omezení šířky trhlin.

Ve výkresové dokumentaci jsem vytvořil výkres tvaru a řez celou konstrukcí pro orientaci v konstrukci. Dále jsem také přiložil schéma rozmístění dimenzované výztuže. Pro vytvořené výkresy výztuží prutových prvků jsem přiložil i výkresy rozdělení materiálů. Jako poslední jsem vytvořil výkresy výztuže desky při spodním a horním líci včetně výkresu řezů v desce. Vyztužování proběhlo na základě postupu uvedeného v předchozím odstavci. Celá výkresová dokumentace byla vytvořena v grafickém programu ALLPLAN 2012 od společnosti Nemetschek. Taktéž byly dodrženy zásady pro kreslení výkresů výztuží.

Doufám, že mi tato práce přinese více znalostí, většího přehledu a také doufám, že bych mohl pomalu získat tzv. „know-how“ v oboru železobetonových staveb. Jinak si ale myslím, že má práce posloužila jenom pro mé osobní vzdělání v oboru a jako taková nebude mít žádný jiný přínos. Jinak ale hodnotím její přínos pro mě velmi pozitivně, protože jsem se setkal s různými novými informacemi v oblasti vyztužování a průběhu vnitřních sil. Práce mě bavila a zpětně bych si již své téma a obor neměnil.

4 ZDROJE

4.1 NORMY

- [1] 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
- [2] ČSN EN 1990:2004/Z3:2011. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut. 2004
- [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 1991-1-3:2005/Z5:2013. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut. 2005
- [5] ČSN EN 1991-1-4:2007/Z3:2013. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut. 2007
- [6] ČSN 73 1201. *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut. 2010
- [7] ČSN EN 10080. *Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel - Všeobecně*. Praha: Český normalizační institut. 2005

4.2 LITERATURA

- [8] PROCHÁZKA, Jaroslav. 2010. *Navrhování betonových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 330 s. Technická knihnice (ČKAIT). ISBN 978-80-87438-03-9.
- [9] ŠMEJKAL, Jiří. 2010. *Železobetonové konstrukce: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 330 s. Technická knihnice (ČKAIT). ISBN 978-80-7043-943-2.
- [10] ZICH, Miloš. 2010. *Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. 1. vyd. Praha: Dashöfer, 145 s. Technická knihnice (ČKAIT). ISBN 978-80-86897-38-7.
- [11] ZICH, Miloš a Zdeněk BAŽANT. 2010. *Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. Vyd. 1. Praha: Akademické nakladatelství CERM, 145 s. Technická knihnice (ČKAIT). ISBN 978-80-7204-693-5.
- [12] HOLICKÝ, Milan, Jana MARKOVÁ a Miroslav SÝKORA. *Zatížení stavebních konstrukcí: příručka k ČSN EN 1991*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 131 s. Technická knihnice (ČKAIT). ISBN 978-80-87093-89-4.

- [13] KRÁL, Jaromír. *Navrhování konstrukcí na zatížení větrem: příručka k ČSN EN 1991-1-4*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 112 s. Technická knihovna (ČKAIT). ISBN 978-80-87438-05-3.
- [14] JARSKÝ, Čeněk. *Příprava a realizace staveb*. Vyd. 1. Brno: CERM, 2003, 318 s. Technologie staveb. ISBN 80-7204-282-3.
- [15] BAJZA, Adolf a Ildiko ROUSEKOVÁ. *Technológia betónu*. Bratislava: Jaga, 2006, 190 s. ISBN 80-8076-032-2.
- [16] ŠMIŘÁK, Svatopluk a Bohuslava HLAVINKOVÁ. *Pružnost a plasticita I: příklady*. Brno: TEPLÝ, Břetislav a Svatopluk ŠMIŘÁK. *Pružnost a plasticita II*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1993, 199 s. ISBN 80-214-0498-1.
- [17] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana, Pomůcky ke cvičení [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné na World Wide Web:
http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/default_soubory/pomucky.htm

4.3 CITACE

- [1] TEPLÝ, Břetislav a Svatopluk ŠMIŘÁK. *Pružnost a plasticita II*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1993, 199 s. ISBN 80-214-0498-1. **Strana 121**

4.4 SOFTWARE

- SCIA ENGINEER 2013.0 – studentská verze
- NEMETSCHKEK – ALLPLAN 2012 – studentská verze
- MICROSOFT OFFICE – EXCEL 2013
- MICROSOFT OFFICE – WORD 2013

5 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A ZKRATEK

5.1 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků:

Obr.1 Pracovní diagramy betonu: <i>ZICH, Příklady posouzení betonových prvků – strana 125</i>	5
Obr.2 Pracovní diagramy oceli: <i>ŠMEJKAL, Železobetonové konstrukce – strana 10, obrázek 2.3</i>	6

Seznam tabulek:

Tab.1 Tabulka charakteristických hodnot betonu C 20/25: <i>Dle ČSN EN 1992-1-1</i>	5
Tab.2 Tabulka charakteristických hodnot oceli B 500B: <i>Dle EN 10080 a ČSN 420139</i>	6

5.2 SEZNAM ZKRATEK

Seznam použitých zkratk je uveden v přílohách (P1 – VNITŘNÍ SÍLY a P2 – STATICKÝ VÝ-
POČET) u dílčích výpočtů.

6 SEZNAM PŘÍLOH TEXTOVÉ ČÁSTI

- P1) VNITŘNÍ SÍLY
- P2) STATICKÝ VÝPOČET
- P3) VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE
- P4) POUŽITÉ PODKLADY

Vypracoval:

Jozef Weber
Fakulta stavební – VUT Brno
Ústav betonových a zděných konstrukcí
Veveří 331/95
602 00
weberj@study.fce.vutbr.cz

V Brně dne 29. 5. 2015

Podpis:




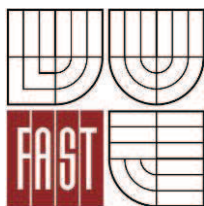
PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 29.5.2015


.....
podpis autora
Jozef Weber



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce	Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Autor práce	Jozef Weber
Škola	Vysoké učení technické v Brně
Fakulta	Stavební
Ústav	Ústav betonových a zděných konstrukcí
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Název práce	Průmyslový objekt - posouzení vybraných ŽB prvků
Název práce v anglickém jazyce	Industrial Building - Review of Selected Reinforced Concrete Parts
Typ práce	Bakalářská práce
Přidělovaný titul	Bc.
Jazyk práce	Čeština
Datový formát elektronické verze	PDF
Anotace práce	Bakalářská práce se zabývá železobetonovou stropní konstrukcí. Jedná se o prostorový rám, který se skládá z prutových prvků orientovaných v podélném i příčném směru. V práci je proveden výpočet středního podélného průvlaku a taktéž středního příčného trámu. Dále je vypočtena stropní konstrukce, která působí v obou směrech. Pro výpočet vnitřních sil byl použit výpočetní program SCIA ENGINEER 2013.0, který pracuje na principu metody konečných prvků – MKP. Všechny prvky byly navrženy na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Práce obsahuje textovou část, vnitřní síly, statický výpočet, výkresovou dokumentaci a použité podklady.
Anotace práce v anglickém jazyce	Bachelor's thesis deals with reinforced concrete floor structure. It is a 3D frame, which is composed of bar elements oriented in the longitudinal and transverse direction. The work is done calculating mean longitudinal beam and also the middle of the cross beam. Furthermore, the calculated floor structure, which operates in both directions. For the calculation of inner strength used computer program SCIA ENGINEER 2013.0, which

operates on the Finite Element Method - FEM. All elements have been designed for ultimate and serviceability limit state. Work contains textual part, inner strength, static calculations, drawings and used documents.

Klíčová slova Železobeton, stropní konstrukce, rámová konstrukce, pruty, deska, vnitřní síly, zatěžovací stavy, mezní stavy, model, statický výpočet, dimenzování, beton, výztuž, ohyb, smyk, kroucení, průhyb, šířka trhliny, napětí, výkres tvaru, výkres výztuže.

Klíčová slova v anglickém jazyce Reinforced concrete, floor structure, frame structure, bars, slab, inner strength, load cases, limit states, model, static calculations, design, concrete, reinforcement, bending, shear, torsion, deflection, crack width, stress, falsework drawing, reinforcement drawing.