



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

**STATICKÉ ŘEŠENÍ DÍLČÍ ČÁSTI
ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE**

REINFORCED CONCRETE STRUCTURE – ANALYSIS OF SELECTED PARTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ivo Martinek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVAŘÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2018



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	Ivo Martinek
Název	Statické řešení dílčí části železobetonové konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

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

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
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 konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura: na základě doporučení vedoucím práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadaný železobetonový objekt navrhnete železobetonovou stropní konstrukci. Proveďte 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.

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)

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

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

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 VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá statickým řešením části monolitické železobetonové konstrukce. Vybraný nosný železobetonový rám a stropní deska jsou modelovány jako jednoduché dvourozměrné konstrukce, zatížené účinky stálých a proměnných zatížení dle konkrétních požadavků projektové dokumentace. Následuje vyšetřování vnitřních sil metodou konečných prvků pomocí výpočetního programu a ověření výsledků statické analýzy ručním výpočtem. Závěr práce je věnován dimenzování výztuže vybraných železobetonových prvků dle platných předpisů a také výkresové dokumentaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

nosná železobetonová konstrukce, stropní deska, železobetonový rám, zatížení, vnitřní síly, metoda konečných prvků, dimenzování

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with a structural analysis of a selected reinforced concrete structure part. The load-bearing frame and slab are both designed in the same way as simple two-dimensional models. Dead and live loads are taken into consideration following the exact project instructions. A finite element analysis software is then used for modelling and structural analysis and some internal forces are later verified using hand calculation. The final part of this thesis deals with reinforcement designing and structural drawings.

KEY WORDS

load-bearing reinforced concrete structure, slab, reinforced concrete frame, load, internal forces, finite element method, design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Ivo Martinek *Statické řešení dílčí části železobetonové konstrukce*. Brno, 31 s., 191 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 samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25.5.2018

Ivo Martinek
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval nejprve vedoucí mé bakalářské práce Ing. Ivaně Švaříčkové, Ph.D. za odborné vedení, rady, vždy vstřícné a přátelské jednání a dále také své drahé rodině a Lucii Janošíkové za neustálou podporu.

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 Základní údaje o objektu.....	10
1.1 Urbanistické, architektonické a dispoziční řešení stavby.....	10
1.2 Svislé a vodorovné nosné konstrukce.....	10
2 Materiálové charakteristiky.....	11
2.1 Beton.....	11
2.2 Ocel.....	11
3 Rám.....	12
3.1 Model.....	12
3.2 Zatížení.....	12
3.3 Zatěžovací stavy.....	13
3.4 Kombinace zatěžovacích stavů.....	14
3.5 Vnitřní síly.....	15
3.6 Ověření výsledků zjednodušenou metodou.....	16
4 Deska.....	17
4.1 Model.....	17
4.2 Zatížení.....	18
4.3 Zatěžovací stavy.....	18
4.4 Kombinace zatěžovacích stavů.....	20
4.5 Vnitřní síly.....	21
5 Dimenzování.....	22
6 Porovnání vnitřních sil na příčli.....	23
ZÁVĚR.....	24
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	25
SEZNAM ZKRATEK.....	27
SEZNAM PŘÍLOH.....	31

ÚVOD

Tato bakalářská práce je věnována statickému řešení vybrané části nosné železobetonové konstrukce. Jedná se o plánovanou výstavbu objektu se skeletovým rámovým konstrukčním systémem sestávajícím z příčných ráků, stropních desek a ztužujících stropních trámů.

Dílčí část objektu, na které bude provedena statická analýza, má sloužit účelům knihovny a to konkrétně jako skladovací prostor pro knihy. To už předznamenává, že při navrhování bude nutno brát zřetel na vyšší hodnotu užitného zatížení stropní konstrukce.

Pro výpočet vnitřních sil bude využito výpočetního programu Dlubal RFEM. Pro samotný výpočet pak budou vytvořeny dva modely. Jeden plošný 2D model stropní desky a jeden prutový 2D model reprezentující příčný nosný rám. Výsledné vnitřní síly z rámového modelu poslouží pro dimenzování výztuže příčle, na které leží řešená stropní deska. Vnitřní síly z modelu desky pak budou využity pro dimenzování výztuže při horním a dolním povrchu samotné desky a stropních trámů.

Pro porovnání výsledných vnitřních sil z obou modelů na rámové příčli bude na závěr vytvořen ještě celkový 3D model konstrukce.

1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O OBJEKTU

1.1 URBANISTICKÉ, ARCHITEKTONICKÉ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ STAVBY

Jedná se o třípodlažní objekt obdélníkového půdorysu o rozměrech 54,8 x 9,8 m. Ve střední části objektu se nachází ještě čtvrté nadzemní podlaží s technickými prostory pro VZT. Fasáda objektu je bez členění. Omítka jemná ukončená soklem z přírodního kamene na výšku parapetu okna. Okna v jižní fasádě jsou moderně pojatá jako bezrámová s překrytím vnějšího skla přes rám okna. Jižní fasáda je stíněna vnějšími screenovými roletami.

Vstupní prostor je umístěn na jižní fasádě objektu a je propojen do centrální chodby se schodištěm. V přízemí objektu se nachází recepce, šatna a návštěvnícké centrum. Dále jsou zde prostory pro příjem a zpracování knih a sociální zázemí. Ve 2.NP a 3.NP jsou prostory pro kaceráře. Ve 4.NP je na části podlaží umístěna technická místnost pro strojovnu VZT.

1.2 SVISLÉ A VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Nosná konstrukce budovy je tvořena monolitickým železobetonovým skeletem. Základními nosnými prvky skeletu jsou příčné patrové rámy kolmé k hlavnímu průčelí. Rámy jsou umístěny na celou šířku budovy a založeny v železobetonových patkách. Rozteče patrových rámu jsou 4,5 m. V podélném směru jsou patrové rámy propojeny v úrovni stropu každého podlaží trámy (ztužidly) v rovině obou fasád. Stropní konstrukce mezi patrovými rámy jsou tvořeny spojitými železobetonovými deskami s otvory pro schodiště a zděnou výtahovou šachtu. Průřezové rozměry jednotlivých nosných prvků skeletu dle projektové dokumentace.

2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

2.1 BETON

BETON C30/37 – XC1 – $D_{max} = 16\text{ mm}$ – S3

$$f_{ck} = 30\text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20\text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9\text{ MPa}$$

$$f_{ctk;0,05} = 2,0\text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk;0,05}}{\gamma_c} = 1,0 \cdot \frac{2,0}{1,5} = 1,3\text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 32\text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{cu3} = 3,50\text{ ‰}$$

Stupeň vlivu prostředí:	XC1
Maximální zrno kameniva:	$D_{max} = 16\text{ mm}$
Konzistence:	S3
Konstrukční třída:	S4

2.2 OCEL

BETONÁŘSKÁ OCEL B550B

$$f_{yk} = 550\text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{550}{1,15} = 478,26\text{ MPa}$$

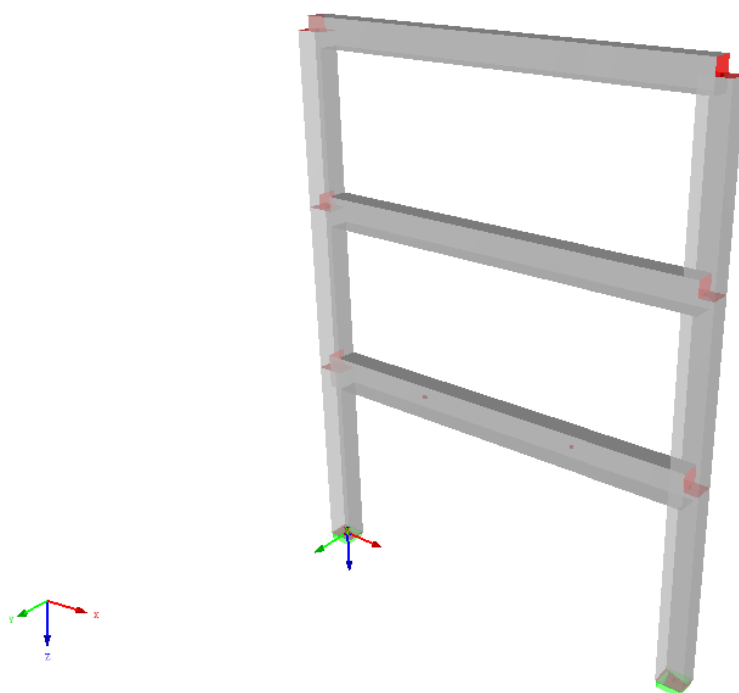
$$E_s = 200\text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{478,26}{200\,000} = 2,39\text{ ‰}$$

3 RÁM

3.1 MODEL

Rám je modelován jako 2D prutová konstrukce sestávající z vertikálních prvků (sloupů) a prvků horizontálních (příčlů). Spoje mezi sloupy a příčlemi jsou idealizovány jako tuhé rámové styčníky. V patě jsou pak sloupy dokonale vetknuty do podloží. Jednotlivým prvkům jsou přiděleny odpovídající průřezové rozměry a materiálové charakteristiky.



Obr. 3.1 Model rámu – perspektivní pohled

Sloupy mají po celé výšce objektu konstatní průřez. Výška průřezu $h = 600 \text{ mm}$ je orientována ve směru rámu. Šířka sloupů $b = 450 \text{ mm}$ pak odpovídá šířce jednotlivých rámových příčlů. Osová vzdálenost sloupů je rovna 8,85 m. Vertikální vzdálenosti rámových příčlů se liší.

3.2 ZATÍŽENÍ

Na rám působí jak stálé zatížení od dalších částí konstrukce, tak několik druhů zatížení proměnného. Je uvažováno proměnné zatížení užité a vzhledem k lokalitě (Liberec – ČR) také proměnné zatížení sněhem a větrem.

3.2.1 ZATÍŽENÍ STÁLÉ

- vlastní tíha konstrukce
- zatížení stropními deskami s podlahami
- zatížení od výplňových obvodových zdív a oken

3.2.2 ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ

- užitné zatížení dle ČSN EN 1991-1-1 [9]:
- kategorie zatěžovací plochy B – kancelářské plochy: $q_{k,1} = 3 \text{ kN/m}^2$
- 2.NP (místnost č. 2.15) – sklad knih: $q_{k,2} = 10 \text{ kN/m}^2$
- zatížení sněhem
- zatížení větrem

3.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY

Tab. 3.1 Rám – zatěžovací stavy

ZS1 – VL. TÍHA	ZS2 – OSTATNÍ STÁLÉ	ZS3 – UŽITNÉ 2.NP	ZS4 – UŽITNÉ 3.NP
ZS5 – UŽITNÉ PLNÉ	ZS6 – SNÍH	ZS7 – VÍTR ZLEVA	ZS8 – VÍTR ZPRAVA

3.4 KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

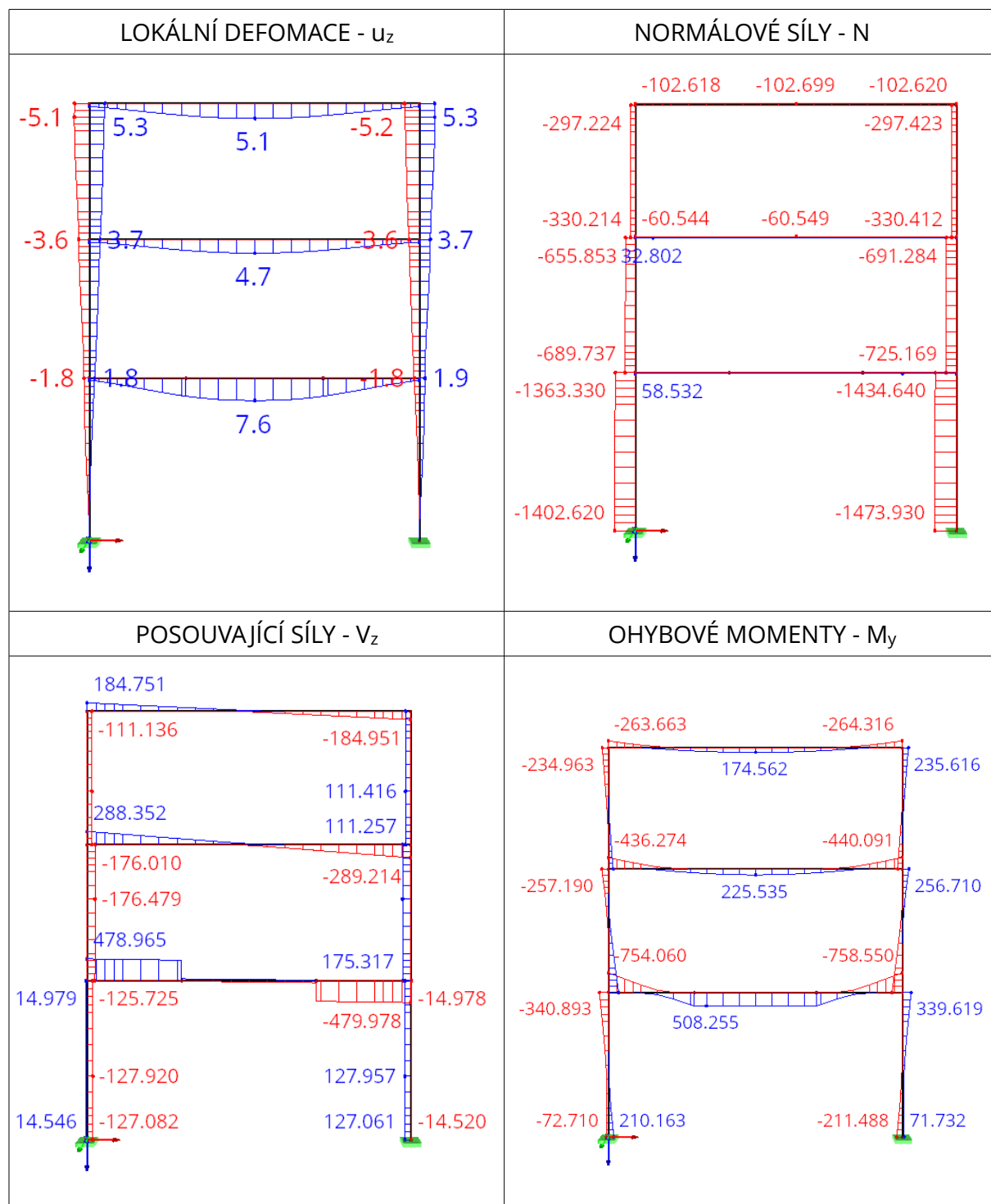
Pro posouzení mezního stavu únosnosti pro trvalé a dočasné návrhové situace je použito dvojice vztahů 6.10a a 6.10b. dle ČSN EN 1990 [5]. Kombinace jsou voleny tak, aby v kritických průřezích vyšetřované přičle vyvodilo zatížení pokud možno nejnepříznivější účinek.

Kombin. zatížení	NS	Kombinace zatížení Označení	č.	Součinitel	Zatěžovací stav
KZ1		ZS1 + ZS2	1	1.00	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
KZ2		$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8$	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.35	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
			3	1.50	ZS5 PROMĚNNÉ - PLNÉ
			4	0.75	ZS6 Sníh
			5	0.90	ZS8 VÍTR ZPRAVA
KZ3		$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8$	1	1.15	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.15	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
			3	1.50	ZS5 PROMĚNNÉ - PLNÉ
			4	0.75	ZS6 Sníh
			5	0.90	ZS8 VÍTR ZPRAVA
KZ4		$ZS1 + ZS2 + 1.5 \cdot ZS6 + 1.5 \cdot ZS7$	1	1.00	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
			3	1.50	ZS6 Sníh
			4	1.50	ZS7 VÍTR ZLEVA
KZ5		$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS7$	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.35	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
			3	1.50	ZS3 PROMĚNNÉ - DOLE
			4	0.75	ZS6 Sníh
			5	0.90	ZS7 VÍTR ZLEVA
KZ6		$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS7$	1	1.15	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.15	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
			3	1.50	ZS3 PROMĚNNÉ - DOLE
			4	0.75	ZS6 Sníh
			5	0.90	ZS7 VÍTR ZLEVA
KZ7		$ZS1 + ZS2 + 1.5 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS8$	1	1.00	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
			3	1.50	ZS4 PROMĚNNÉ - NAHOŘE
			4	1.50	ZS8 VÍTR ZPRAVA
KZ8		$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8$	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.35	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
			3	1.50	ZS3 PROMĚNNÉ - DOLE
			4	0.75	ZS6 Sníh
			5	0.90	ZS8 VÍTR ZPRAVA
KZ9		$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS3 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS8$	1	1.15	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.15	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
			3	1.50	ZS3 PROMĚNNÉ - DOLE
			4	0.75	ZS6 Sníh
			5	0.90	ZS8 VÍTR ZPRAVA
KZ10		$ZS1 + ZS2 + 1.5 \cdot ZS4 + 1.5 \cdot ZS7$	1	1.00	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
			3	1.50	ZS4 PROMĚNNÉ - NAHOŘE
			4	1.50	ZS7 VÍTR ZLEVA
KZ11		$1.35 \cdot ZS1 + 1.35 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS7$	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.35	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
			3	1.50	ZS5 PROMĚNNÉ - PLNÉ
			4	0.75	ZS6 Sníh
			5	0.90	ZS7 VÍTR ZLEVA
KZ12		$1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.5 \cdot ZS5 + 0.75 \cdot ZS6 + 0.9 \cdot ZS7$	1	1.15	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.15	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
			3	1.50	ZS5 PROMĚNNÉ - PLNÉ
			4	0.75	ZS6 Sníh
			5	0.90	ZS7 VÍTR ZLEVA
KZ13		$ZS1 + ZS2 + 1.5 \cdot ZS6 + 1.5 \cdot ZS8$	1	1.00	ZS1 Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2 STÁLÉ - MIMO VLASTNÍ TÍHU
			3	1.50	ZS6 Sníh
			4	1.50	ZS8 VÍTR ZPRAVA

Obr. 3.2 Výpis kombinací zatěžovacích stavů z programu Dlubal RFEM

3.5 VNITŘNÍ SÍLY

Pro účely dimenzování rámové příčle je z výsledků kombinací zatěžovacích stavů na rámu vytvořena obálka vnitřních sil. Ta kombinuje všechny kladné a záporné extrémní hodnoty a dává dostatečný obraz, jakým způsobem je rám namáhán.



Tab. 3.2 Rám – výsledky

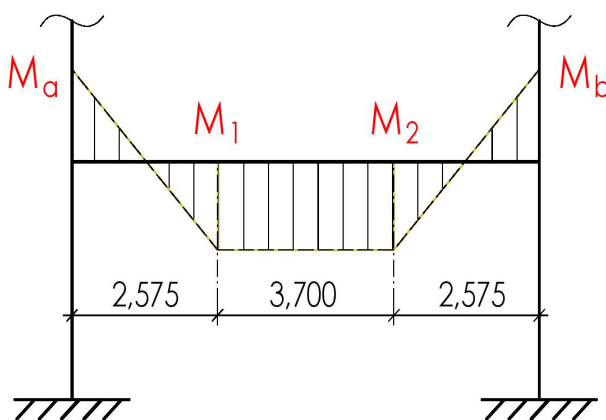
3.6 OVĚŘENÍ VÝSLEDKŮ ZJEDNODUŠENOU METODOU

Pro ověření výsledků je využito metody rámového výseku podle materiálu doktorky Švaříčkové [3]. Vybraným ověřovaným zatěžovacím stavem je ZS3, kdy se užité zatížení uvažuje pouze ve 2.NP. Podrobný výpočet v příloze P3. *Statický výpočet.*

Závěrem ručního ověření je zjištění, že rozdíly ve výsledcích jsou minimální a tedy i samotný postup výpočtu je považován za správný. Porovnání ohybových momentů v nejvíce zatížených průřezích rámové příče je k dispozici v následující tabulce.

ZS 3 - PROMĚNNÉ ZAT. - 2.NP			
	Ruční výpočet [kNm]	Dlubal RFEM [kNm]	Rozdíl
M_a	-267,380	-260,946	2,5 %
M_1	188,060	194,469	3,5 %
M_2	188,060	194,469	3,5 %
M_b	-267,330	-260,946	2,5 %

Tab. 3.3 Porovnání ohybových momentů z ručního výpočtu a výpočetního programu

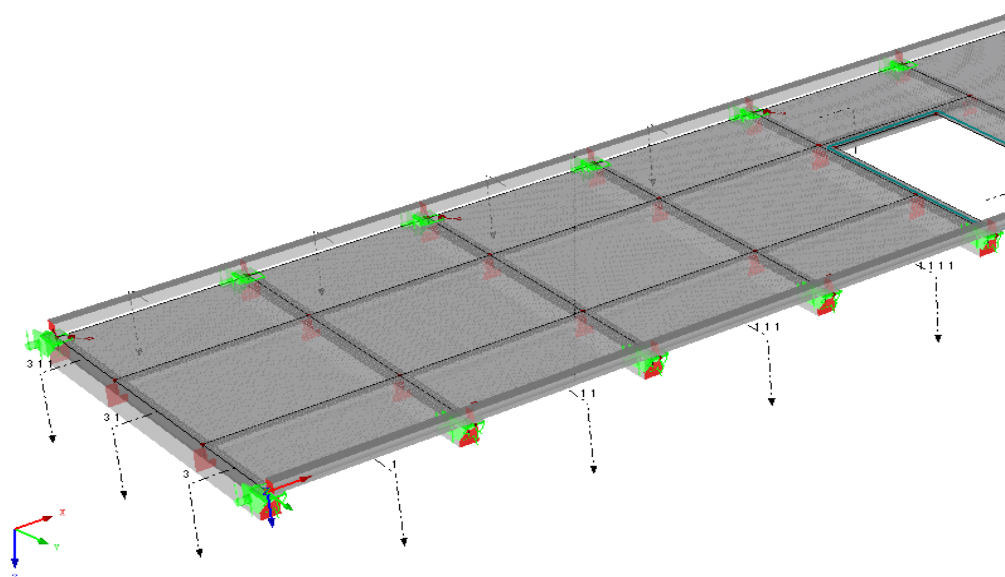


Obr. 3.3 Označení momentů

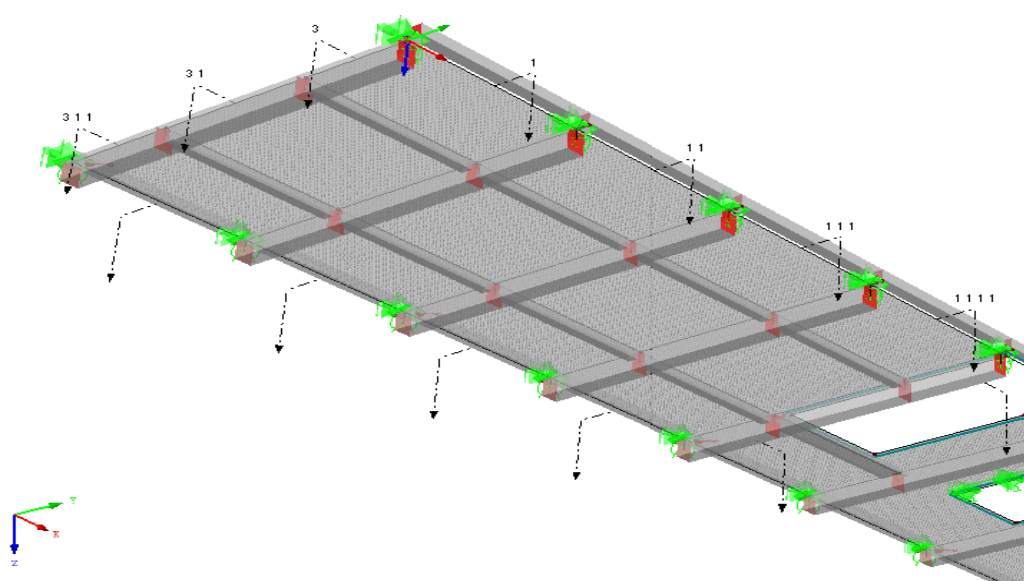
4 DESKA

4.1 MODEL

Stropní deska nad 1.NP je idealizována jako 2D plošná konstrukce. Podepření zajišťují bodové podpory v místě sloupů a deska leží na jednotlivých rámových příčlích a stropních trámech, které jsou modelovány jako žebra se spolupůsobící šířkou desky. Obvodovým ztužujícím trámům je navíc přiřazena příslušná excentricita.



Obr. 4.1 Model desky – perspektivní pohled na vybranou část shora



Obr. 4.2 Model desky – perspektivní pohled na vybranou část zdola

4.2 ZATÍŽENÍ

4.2.1 ZATÍŽENÍ STÁLÉ

- vlastní tíha konstrukce
- zatížení podlahami
- zatížení od výplňových obvodových zdí a oken působící na obvodové trámy

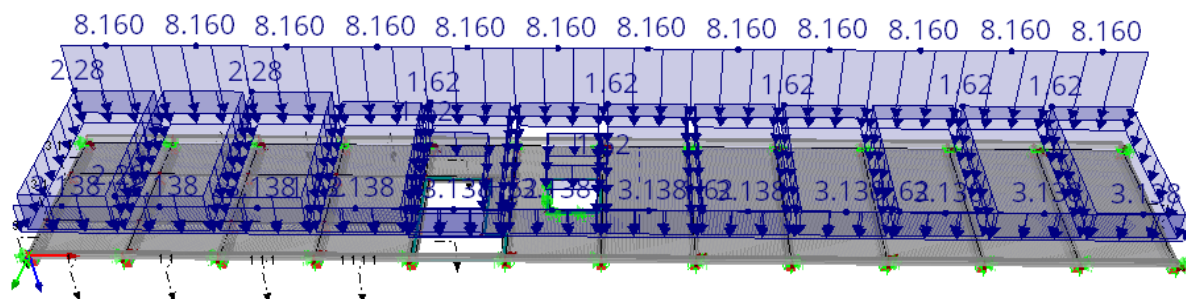
4.2.2 ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ

- užité zatížení dle ČSN EN 1991-1-1 [9]:
- kategorie zatěžovací plochy B – kancelářské plochy: $q_{k,1} = 3 \text{ kN/m}^2$
- 2.NP (místnost č. 2.15) – sklad knih: $q_{k,2} = 10 \text{ kN/m}^2$
- přemístitelné příčky s vlastní tíhou do 4,0 kN/m délky příčky:

$$\Rightarrow q_{k,1} = 3 + 1,6 = 4,6 \text{ kN/m}^2$$

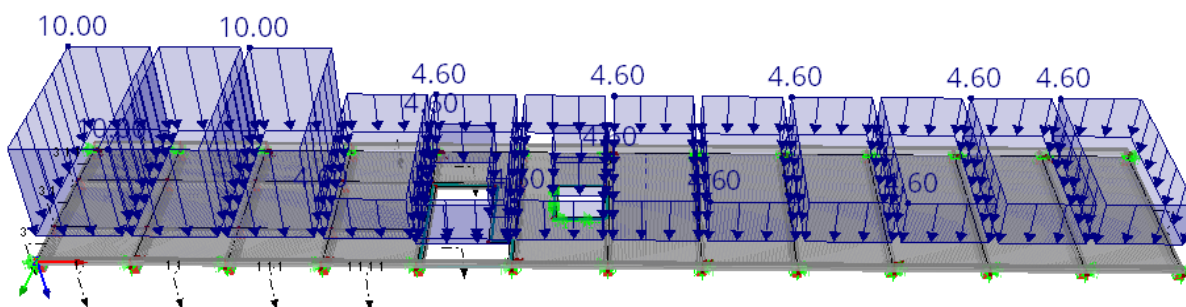
4.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY

- **ZS1 – VLASTNÍ TÍHA + OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ**



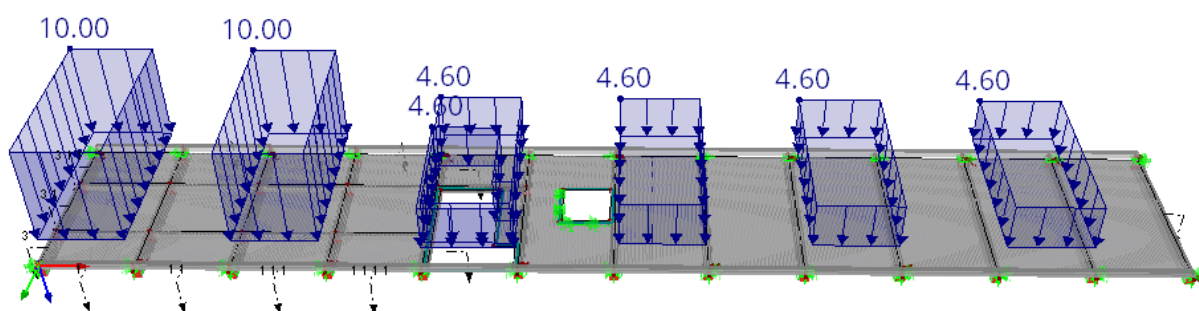
Obr. 4.3 Deska – ZS1

- **ZS2 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ – PLNÉ**



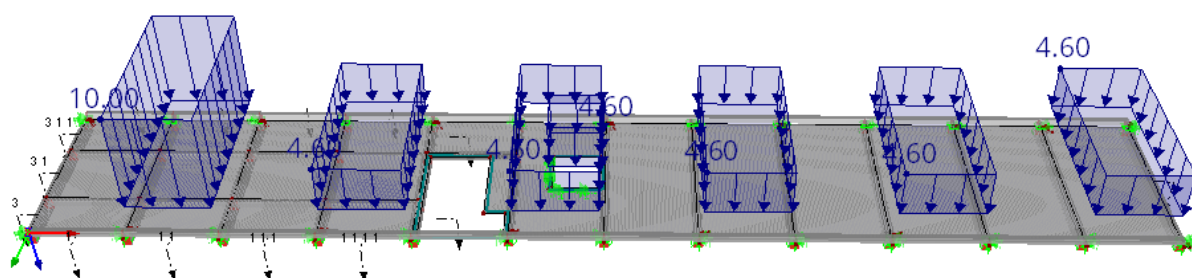
Obr. 4.4 Deska – ZS2

– **ZS 3 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ – ŠACH. 1**



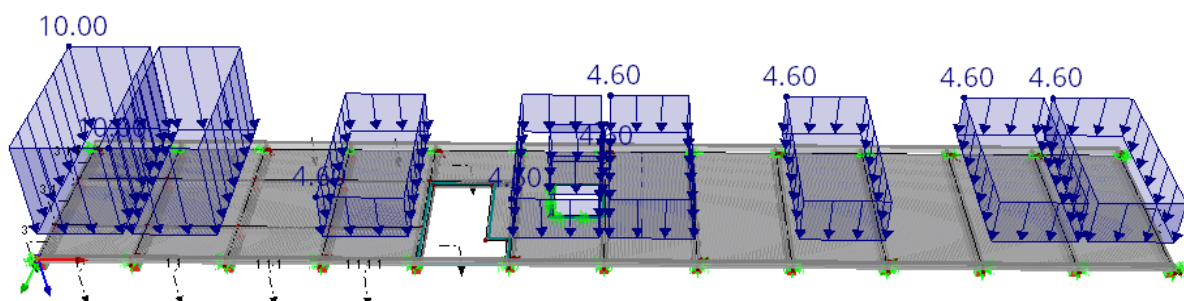
Obr. 4.5 Deska – ZS3

– **ZS 4 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ – ŠACH. 2**



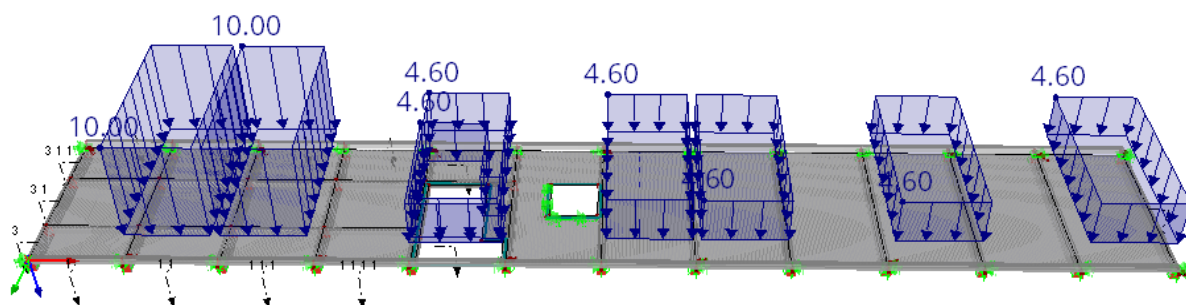
Obr. 4.6 Deska – ZS4

– **ZS 5 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ – ŠACH. 3**



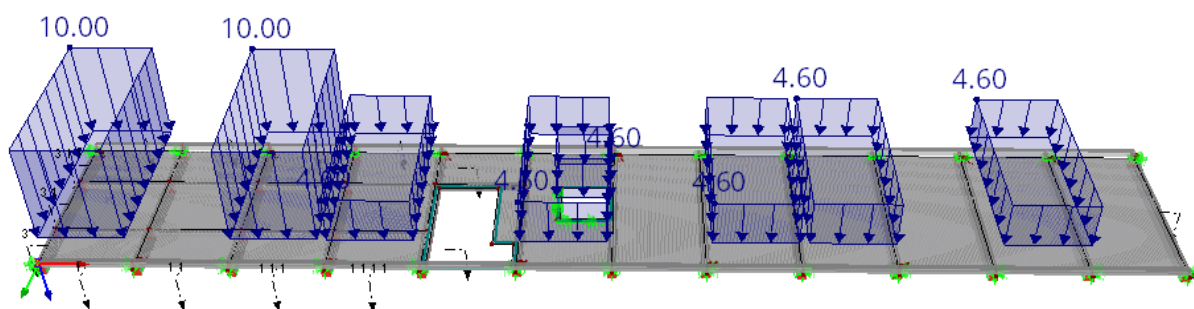
Obr. 4.7 Deska – ZS5

– **ZS 6 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ – ŠACH. 4**



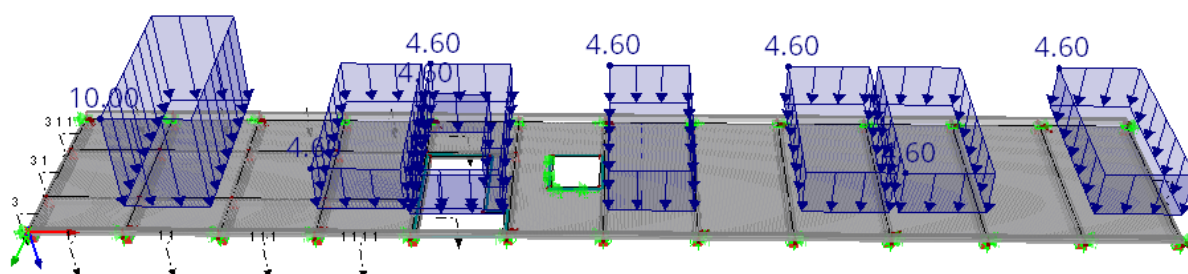
Obr. 4.8 Deska – ZS6

– **ZS 7 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ – ŠACH. 5**



Obr. 4.9 Deska – ZS7

– **ZS 8 – UŽITNÉ ZATÍŽENÍ – ŠACH. 6**



Obr. 4.10 Deska – ZS8

4.4 KOMBINACE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

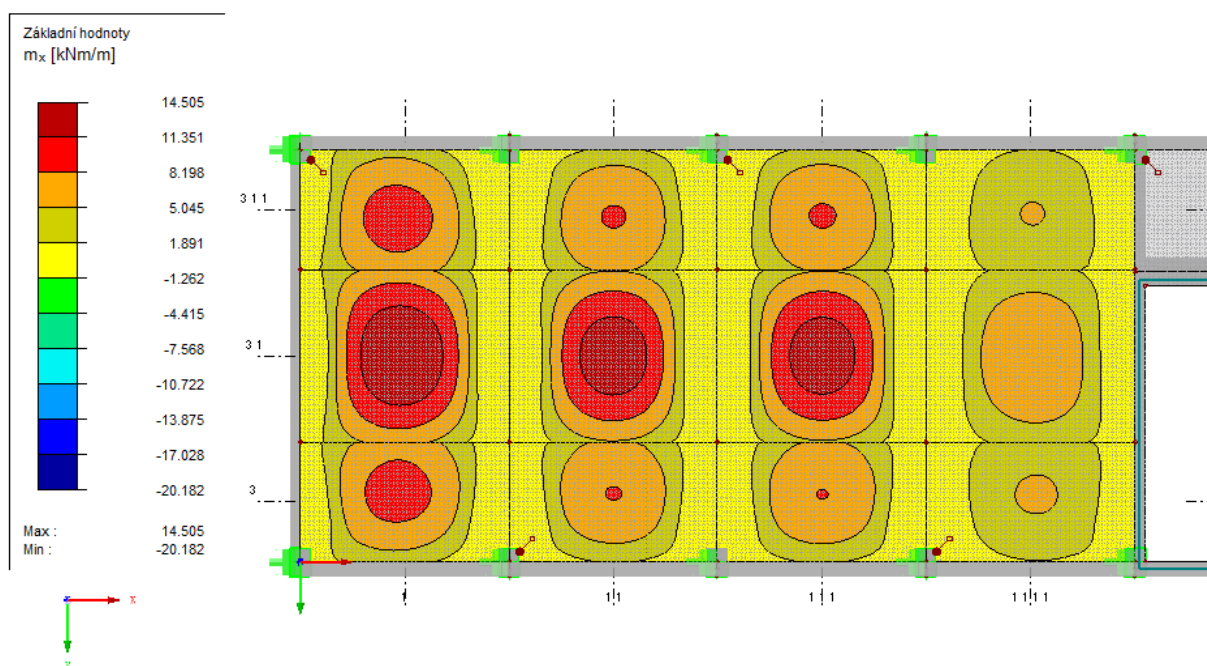
Pro posouzení mezního stavu únosnosti pro trvalé a dočasné návrhové situace je použito dvojice vztahů 6.10a a 6.10b. dle ČSN EN 1990 [5]. Kombinace jsou voleny tak, aby v polích desky a nad rámovými příčlemi vyvodilo zatížení pokud možno nejnepříznivější účinek.

	Zatěžovací stavy							
	Stálé	Proměnné - užitné						
		ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7
CO1	×	×						
CO2	×			×				
CO3	×				×			
CO4	×					×		
CO5	×						×	
CO6	×							×
CO7	×							×

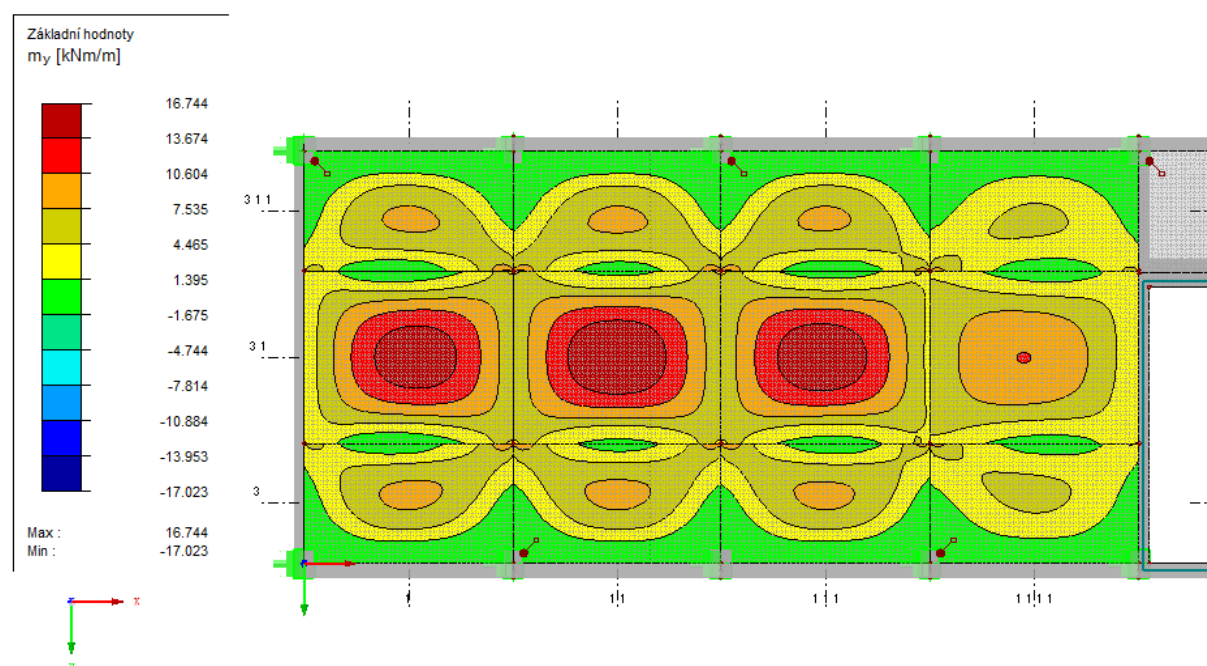
Tab. 4.1 Kombinace zatěžovacích stavů – Deska

4.5 VNITŘNÍ SÍLY

Následující obrázky jsou generovány programem Dlubal RFEM, který byl použit pro výpočet vnitřních sil metodou konečných prvků. Zobrazené základní vnitřní síly (ohybové momenty) slouží pouze pro řádovou představu momentových zatížení na desku. Později pro dimenzování bude využito hodnot návrhových vnitřních sil (ohybových momentů), které zahrnují i vliv kroutících momentů.



Obr. 4.11 Základní momenty ve směru X



Obr. 4.12 Základní momenty ve směru Y

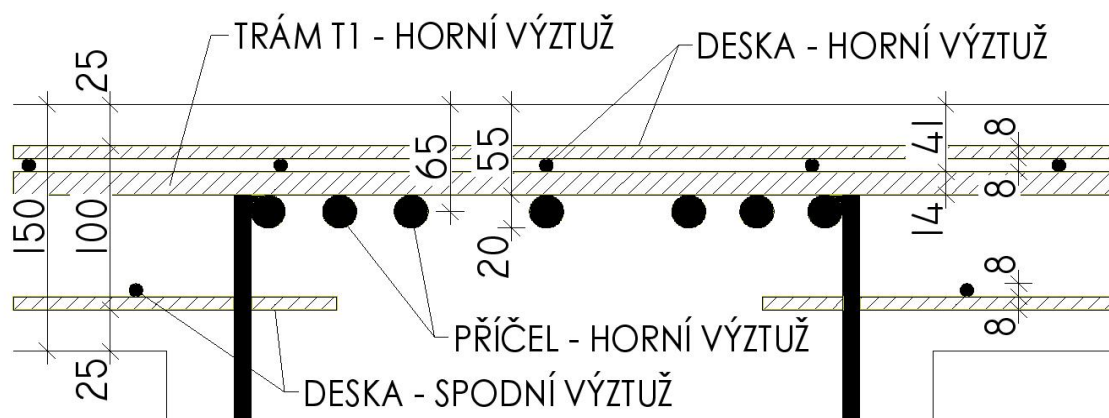
5 DIMENZOVÁNÍ

Dimenzování výztuže vybraných prvků je věnována příloha P3. *Statický výpočet*. Návrh výztuže je proveden na mezní stav únosnosti dle ČSN EN 1992-1-1 [6].

Návrh výztuže stropní desky D1 je proveden na základě návrhových vnitřních sil z výpočetního programu Dlubal RFEM. Je navržena základní síť při spodním a horním povrchu desky, která je v místech vyššího namáhání doplněna o příložky. Jak základní síť, tak příložky jsou navrženy z ocelových prutů průměru 8mm.

Vnitřní síly pro návrh trámů T1 a T2 jsou taktéž získány z modelu desky. Deska je podpírána dvěma trámy T1 a dvěma trámy T2. Nicméně návrh výztuže je vždy proveden pouze pro jeden z nich. U trámů T1 jsou výsledné vnitřní síly v podstatě totožné. U trámů T2 je vybrán ten, který je zatížen po celé délce výplňovým zdivem na celou výšku podlaží. U tohoto trámu jsou výsledné ohybové a kroutící momenty podstatně vyšší a je tedy využit pro dimenzování výztuže. Díky zatížení kroutícím momentem se posuzuje i únosnost prvku na kroucení.

Návrh výztuže rámové příčle je proveden na závěr. Klade se důraz na rozmístění a kotvení výztuže tak, aby byla konstrukce proveditelná a výztuž mohla být na staveništi bez obtíží vyvázána.



Obr. 5.1 Příklad uspořádání výztuže

6 POROVNÁNÍ VNITŘNÍCH SIL NA PŘÍČLI

Problematicke porovnání výsledných vnitřních sil na rámové příčli je věnována příloha *P4. Rámová příčel P1 – vnitřní síly*.

Cílem této části práce je vyzkoušení si modelování 3D konstrukce ve výpočetním programu. Dále pak je získána představa o tom, jak se průběhy vnitřních sil na jednom prvku konstrukce mohou lišit v závislosti na idealizaci do konkrétního modelu. Nakonec jsou výsledky porovnány a kriticky zhodnoceny.

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce byla statická analýza železobetonové stropní konstrukce, výpočet vnitřních sil a dimenzování výztuže vybraných prvků.

S ohledem na zadání práce nezbývá než konstatovat, že úsilí vynaložené na splnění veškerých požadavků nebylo zbytečné a práce byla zdárně dokončena. Konstrukce byla řešena pomocí výpočetního programu, výsledky následně využity pro dimenzování. Za výstup této práce považuji přiloženou výkresovou dokumentaci.

Celkově mi čas strávený na řešení této konkrétní problematiky nepřinesl pouze splnění zadání. Poprvé jsem se skutečně věnoval práci s programem na výpočet konstrukcí metodou konečných prvků a řešil komplexní projekt. Výsledné zpracování v textovém editoru bylo také zcela novou zkušeností.

Z výše uvedených důvodů hodnotím práci jako úspěšnou a vím, že tímto závěrem má budoucí práce a zájem o železobetonové konstrukce teprve začíná.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

ODBORNÁ LITERATURA

- [1] ZICH, Miloš. Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů. Praha: Dashöfer Holding, Ltd., 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [2] PROCHÁZKA, Jaroslav. Navrhování betonových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. Technická knižnice (ČKAIT). ISBN 978-808-7438-039.
- [3] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. Deformačka.pdf [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/pdf/BL05/deformačka.pdf>
- [4] ŠTĚPÁNEK, CSC., Prof. RNDr. Ing. Petr, Prof. Ing. Ivailo TERZIJSKI, CSC., Ing. Ivana LÁNÍKOVÁ, Ph.D., Ing. Josef PANÁČEK a Ing. Petr ŠIMŮNEK, Ph.D. BL 001 – Prvky betonových konstrukcí: Výukové texty, příklady a pomůcky [online]. Brno, 2017 [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/BZK/studenti/BL001/BL001_skripta.pdf

PŘEDPISY

- [5] ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [6] 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.
- [7] ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [8] ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [9] 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.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1 Model rámu – perspektivní pohled.....	12
Obr. 3.2 Výpis kombinací zatěžovacích stavů z programu Dlubal RFEM.....	14
Obr. 3.3 Označení momentů.....	16
Obr. 4.1 Model desky – perspektivní pohled na vybranou část shora.....	17
Obr. 4.2 Model desky – perspektivní pohled na vybranou část zdola.....	17
Obr. 4.3 Deska – ZS1.....	18
Obr. 4.4 Deska – ZS2.....	18
Obr. 4.5 Deska – ZS3.....	19
Obr. 4.6 Deska – ZS4.....	19
Obr. 4.7 Deska – ZS5.....	19
Obr. 4.8 Deska – ZS6.....	19
Obr. 4.9 Deska – ZS7.....	20
Obr. 4.10 Deska – ZS8.....	20
Obr. 4.11 Základní momenty ve směru X.....	21
Obr. 4.12 Základní momenty ve směru Y.....	21

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Rám – zatěžovací stavy.....	13
Tab. 3.2 Rám – výsledky.....	15
Tab. 3.3 Porovnání ohybových momentů z ručního výpočtu a výpočetního programu....	16
Tab. 4.1 Kombinace zatěžovacích stavů – Deska.....	20

SEZNAM ZKRATEK

A	průřezová plocha krouceného prvku
A_c	průřezová plocha
A_{cc}	plocha tlačného betonu
A_k	plocha dutého průřezu
A_s	plocha výztuže
$A_{s,0}$	plocha výztuže základní sítě
$A_{s,0,req}$	minimální plocha výztuže základní sítě
$A_{s,1}$	plocha dodatečné výztuže základní sítě
$A_{s,max}$	maximální plocha výztuže
$A_{s,min}$	minimální plocha výztuže
$A_{s,req}$	minimální plocha výztuže
A_{sf}	plocha výztuže na podélný smyk
A_{sw}	plocha smykové výztuže
b	šířka průřezu prvku
b_{eff}	spolupůsobící šířka
b_k	šířka střednice dutého průřezu
b_w	nejmenší šířka průřezu v tažené oblasti
c	krytí výztuže betonovou vrstvou
$c_{nom,sl}$	jmenovitá hodnota betonové krycí vrstvy výztuže
$c_{nom,st}$	jmenovitá hodnota betonové krycí vrstvy třmínku
CO	kombinace zatížení
c_t	šířka oblasti přídavných třmínků pro nepřímé uložení
d	účinná výška průřezu
D1	stropní deska
e	excentricita působícího zatížení
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
E_s	modul pružnosti oceli
f_{bd}	mezní napětí v soudržnosti
F_{cc}	výsledná síla v tlačném betonu
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v tahu

$f_{ctk;0,05}$	5% kvantil charakteristické pevnosti v tahu
f_{ctm}	průměrná pevnost betonu v tahu
f_d	návrhová hodnota zatížení
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
$G_{k,j}$	stálé zatížení
h	výška průřezu prvku
h_f	výška přírub v místě napojení na stojinu
h_k	výška střednice dutého průřezu
h_p	výška příčle
h_s	tloušťka stropní desky
h_t	výška trámu
h_1	výška sloupu v 1.NP
h_2	výška sloupu v 2.NP
I	moment setrvačnosti
k	součinitel výšky průřezu
K_1	tuhost sloupu v 1.NP
K_2	tuhost sloupu v 2.NP
K_3	tuhost příčle
l_0	přesahová délka výztuže
$l_{0,min}$	minimální přesahová délka výztuže
l_{bd}	kotevní délka výztuže
$l_{bd,min}$	minimální kotevní délka výztuže
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka výztuže
L_x	rozteč patrových trámů
L_y	rozpětí patrových trámů
M_i	momentové zatížení rámu
M_{Ed}	návrhový moment
$M_{Ed,i}$	návrhový moment v i-tém průřezu
MKP	metoda konečných prvků

$M_{\max}$	maximální moment
M_Q	momentové zatížení rámu od proměnného zatížení
$M_{Rd,i}$	momentová únosnost i-tého průřezu
$M_{Rd,0}$	momentová únosnost základní sítě
$m_{x,D-}$	návrhová hodnota ohybových momentů – směr X – horní povrch
$m_{x,D+}$	návrhová hodnota ohybových momentů – směr X – spodní povrch
$m_{y,D-}$	návrhová hodnota ohybových momentů – směr Y – horní povrch
$m_{y,D+}$	návrhová hodnota ohybových momentů – směr Y – spodní povrch
n.o.	neutrální osa
P1	příčel
q_d	návrhová hodnota proměnného zatížení
q_k	charakteristická hodnota proměnného zatížení
Q_i	reakce na rámu od proměnného zatížení přenášeného trámem
$Q_{k,1}$	hlavní proměnné zatížení
$Q_{k,i}$	vedlejší proměnné zatížení
r_i	liniové zatížení rámové příčle
R_i	reakce na rámu od stálého zatížení přenášeného trámem
$R_{w,i}$	síly na rám od zatížení větrem
s	vdálenost podélné výztuže nebo třmínků
s_f	vzdálenost prutů výztuže na podélný smyk
$s_{\min}$	minimální světlá vzdálenost prutů výztuže
$s_{\max}$	maximální rozteč prutů výztuže
$s_{t,\max}$	maximální příčná vzdálenost větví třmínků
s_{wt}	rozteč třmínkové výztuže na kroucení
t_{ef}	tloušťka stěny dutého průřezu
T1	trám 1
T2	trám 2
$T_{Rd,c}$	únosnost betonového průřezu v kroucení
u	obvod krouceného prvku
u_k	obvod střednice dutého průřezu
V	posouvající síla
$V_{Ed,1}$	posouvající síla ve vzdálenosti d od líce podpory
$V_{Rd,c}$	smyková únosnost prvku bez smykové výztuže

$V_{Rd,s}$	únosnost smykové výztuže
x	poloha neutrální osy
z_c	rameno vnitřních sil
ZS	zatěžovací stav
$ZŠ$	zatěžovací šířka
γ	objemová (plošná) tíha
γ_c	součinitel spolehlivosti materiálu pro beton
$\gamma_{Gk,j}$	dílčí součinitel pro stálé zatížení
$\gamma_{Qk,j}$	dílčí součinitel pro proměnné zatížení
γ_s	součinitel spolehlivosti materiálu pro ocel
Δf_d	změna normálové síly v přírubě na délce Δx
Δx	polovina vzdálenosti mezi průřezem s nulovým a maximálním M
ϵ_{cu3}	mezní poměrné přetvoření betonu
ϵ_s	poměrné přetvoření výztuže
ϵ_{yd}	poměrné přetvoření výztuže na mezi využití
φ	pootočení
λ	redukční součinitel pro beton
v_{min}	minimální smykové napětí
v_{Ed}	smykové napětí
ξ	redukční součinitel
ρ_l	stupeň vyztužení podélnou výztuží
ρ_w	stupeň vyztužení smykovou výztuží
$\rho_{w,min}$	minimální stupeň vyztužení smykovou výztuží
σ_{sd}	návrhové namáhání prutu v místě, odkud se uvažuje kotvení
$\emptyset$	průměr betonářské výztuže
$\psi_{0,i}$	kombinační součinitel zatížení

SEZNAM PŘÍLOH

P1. POUŽITÉ PODKLADY

P1.01	PŮDORYS 1NP	M 1:50
P1.02	PŮDORYS 2NP	M 1:50
P1.03	ŘEZ A-A´	M 1:50
P1.04	POHLED JIŽNÍ	M 1:50
P1.05	POHLED SEVERNÍ	M 1:50
P1.06	POHLED ZÁPADNÍ A VÝCHODNÍ	M 1:50

P2. VÝKRESY TVARU A VÝZTUŽE

P2.01	VÝKRES TVARU STROPNÍ KCE. NAD 1.NP	M 1:100
P2.02	VÝZTUŽ DESKY D1 – SPODNÍ POVRCH	M 1:50
P2.03	VÝZTUŽ DESKY D1 – HORNÍ POVRCH	M 1:50
P2.04	VÝZTUŽ TRÁMU T1	M 1:20
P2.05	VÝZTUŽ TRÁMU T2	M 1:20
P2.06	VÝZTUŽ PŘÍČLE P1	M 1:20

P3. STATICKÝ VÝPOČET

P4. RÁMOVÁ PŘÍČEL P1 – VNITŘNÍ SÍLY