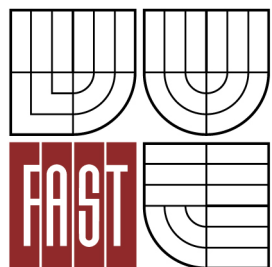




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

ŽELEZOBETONOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE OBJEKTU BYTOVÉ VÝSTAVBY

LOAD BEARING REINFORCED CONCRETE STRUCTURE OF FLAT BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUKÁŠ RUBER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK GIRGLE, Ph.D.



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	Lukáš Ruber
Název	Železobetonová nosná konstrukce objektu bytové výstavby
Vedoucí bakalářské práce	Ing. František Girgle, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2015
Datum odevzdání bakalářské práce	27. 5. 2016
V Brně dne 30. 11. 2015	

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

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

Podklady a literatura

Základní stavební výkresy zpracovávaného objektu: půdorysy jednotlivých podlaží, řezy, geotechnické poměry, apod.

Platné návrhové normy a technické předpisy:

ČSN EN 1990 včetně změn A1: Zásady navrhování konstrukcí;

ČSN EN 1991-1-1 až 4: Zatížení stavebních konstrukcí;

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

ČSN EN 206: Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda.

Další literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Zásady pro vypracování

Pro zadaný objekt proveďte statický návrh vybraných částí konstrukce. Řešení proveďte pomocí dostupného MKP programu. Dále proveďte kontrolu výsledků pomocí vhodné zjednodušené ruční metody. Práce bude obsahovat dimenzování vybrané části konstrukce (dle zadání vedoucího), výkres tvaru a výztuže dimenzované části. Ostatní činnosti a případná zjednodušení zadané konstrukce provádějte v souladu s pokyny vedoucího bakalářské práce. Práce bude zpracována v rozsahu vědomostí, které odpovídají znalostem posluchače bakalářského studijního programu.

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 a pro ÚBZK 1x na CD.

Struktura bakalářské/diplomové 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).

.....

Ing. František Girgle, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Cílem bakalářské práce bylo nadimenzovat a posoudit železobetonovou stropní desku typického podlaží objektu bytové výstavby, kde bylo konkrétně vybráno 2. NP. Stropní deska je lokálně podepřená železobetonovými sloupy bez hlavic. Na kratších stranách je navíc vetknuta do železobetonových stěn. Tyto stěny slouží zároveň jako ztužující. K výpočtu vnitřních sil bylo využito výpočetního software RFEM 5. Dále byl proveden kontrolní výpočet metodou součtových momentů s následným porovnáním výsledků. Stropní deska byla vyztužena výztuží na ohyb a nad sloupy byla umístěna výztuž proti protlačení sloupem. Součástí této práce je také výkresová dokumentace navrženého řešení.

Klíčová slova

Monolitická lokálně podepřená železobetonová stropní deska, beton, ocel, metoda součtových momentů, smyková výztuž, ohybová výztuž, protlačení stropní desky, zatížení.

Abstract

The aim of bachelor thesis was to design and assess reinforced concrete floor slab on a typical floor of flat building, which has been specifically selected second floor. Slab is locally supported by restraint concrete columns without columns head. On the short sides is also reinforced concrete walls. These walls also serves as reinforcing. To calculate the internal forces were used calculation software RFEM 5. It was controlled by method of summary moments with subsequent comparison of results. The Slab was reinforced by flexural longitudinal load-bearing reinforcement and around columns is placed shear reinforcement against slab extrusion by column. Part of this work is also drawing documentation of proposed solution.

Keywords

Monolithic locally supported reinforced concrete slab, concrete, steel, method of summary moments, shear reinforcement, flexural reinforcement, extrusion of floor slab, load.

Bibliografická citace VŠKP

Lukáš Ruber *Železobetonová nosná konstrukce objektu bytové výstavby*. Brno, 2016. 20 s., 112 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. František Girgle, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 26.5.2016

.....
podpis autora
Lukáš Ruber

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Františku Girglemu, Ph.D. za jeho čas, který mi věnoval, za odborné rady, vedení a pomoc, díky kterým jsem mohl zpracovat bakalářskou práci.

OBSAH

1. ÚVOD.....	9
2. TECHNICKÁ ZPRÁVA.....	10
2.1. Stručný popis objektu.....	10
2.2. Konstrukční systém.....	10
2.2.1. Materiál.....	11
2.3. Základové podmínky.....	11
2.3.1. Založení objektu.....	11
2.4. Vodorovné konstrukce.....	12
2.4.1. Stropní konstrukce 2. NP.....	12
2.4.2. Balkonová deska.....	13
2.5. Svislé konstrukce.....	13
2.5.1. Sloupy.....	13
2.5.2. Ztužující stěny.....	13
2.6. Schodiště.....	14
2.7. Zatížení.....	14
2.7.1. Stálé zatížení.....	14
2.7.2. Proměnné zatížení.....	14
2.8. Technologické podmínky.....	15
2.8.1. Bednění a odbedňování.....	15
2.8.2. Betonáž.....	15
3. VÝPOČTOVÝ MODEL.....	15
3.1. Výpočtový 3D model.....	15
3.2. Metoda součtových momentů.....	16
3.3. Porovnání výsledků.....	16
4. ZÁVĚR.....	17
5. SEZAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	19
6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	20
7. SEZNAM PŘÍLOH.....	20

1. ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a posouzením stropní desky objektu bytové výstavby. Hlavní nosná konstrukce toho objektu je tvořena železobetonovým monolitickým skeletem. Stropní deska je podepřena sloupy bez hřibových hlavic. Konstrukce je ztužena železobetonovými stěnami, do kterých je vetknuta deska na svých kratších stranách. Tato budova má sedm nadzemních podlaží a dvě podlaží podzemní, které slouží jako garáže. Dále je budova uprostřed podélné osy rozdělena do dvou dilatačních celků.

Pro účel bakalářské práce byla vybrána deska 2. nadzemního podlaží 1. dilatačního celku, která je po obvodu různě členitá, má převislé konce a její součástí jsou také prefabrikované balkony, které jsou rovněž součástí této práce.

Vnitřní síly na desce, přilehlých balkonech a podporových sloupech byly zjištěny z 3D modelu, který byl vytvořen ve výpočetním software RFEM 5. Tyto výsledky byly porovnány s ručním výpočtem pomocí metody součtových momentů. Na následný návrh výztuže a dimenzí byly použity už jen vnitřní síly vypočtené programem metodou konečných prvků. Na tyto síly byla navržena hlavní nosná výztuž desky na ohyb a také smyková výztuž. Smyková výztuž je navržena v podobě systémových smykových trnů. Dále je navržena výztuž na řetězové zřícení, která je tvořena 3. a 4. řadou dolní výztuže. Tato výztuž prochází přes sloupy. Při delším okraji desky, kde je ztužující průvlak, přebírá její funkci výztuž průvlaku, která je k tomu uzpůsobená. Umístění a počet jednotlivých vložek je v příložené výkresové dokumentaci.

2. TECHNICKÁ ZPRÁVA

Tato technická zpráva se zabývá popisem základních konstrukcí řešeného objektu, je zde také stručně popsána technologie provádění a důležité detaily.

2.1. Stručný popis objektu

Jedná se o novostavbu bytového domu ve městě Olomouc. Navrhovaná budova má 7 nadzemních a dvě podzemní podlaží, které slouží jako garáže. Celková výška objektu je 21,15m nad úroveň +/- 0,0. Půdorysný tvar objektu je dán obdélníkem, řešené 2. NP a ostatní nadzemní podlaží mají půdorysný rozměr 17,2x36,4m, s výjimkou posledního podlaží, které je ustupující. Objekt je zastřešen plochou střechou, která je tvořena železobetonovou stropní deskou 7. nadzemního podlaží. Půdorysně je uprostřed podélné osy objekt rozdělen na dva rozměrově stejné dilatační celky.

2.2. Konstruktivní systém

Jde o železobetonovou monolitickou skeletovou konstrukci, jejíž vodorovné konstrukce jsou tvořeny železobetonovými stropy tloušťky 250mm. Dále ji tvoří železobetonové obdélníkové sloupy 300x650mm. Mezi krajními sloupy je v podélném směru ztužující průvlak, který byl navržen hlavně kvůli omezení průhybu desky. Průvlak má rozměr 300x600mm. Do stropní desky a průvlaků jsou vetknuty prefabrikované balkony. Také jsou navrženy ztužující železobetonové stěny, které zajišťují tuhost objektu v příčném směru. Návrh těchto stěn není součástí bakalářské práce. Konstruktivní výška podlaží je 2,95m. Základní podélný modul objektu je 7,5m, který je místně snížen na 5,0m. Příčné moduly skeletu jsou 5,93m, 5,115m a 5,51m. Základová deska je železobetonová monolitická a je založena na pilotách, založení ale není předmětem této bakalářské práce.

2.2.1. Materiál

Pro konstrukci stropní desky je použit beton C 30/37 třídy XC1, konzistence S3. Na balkony je použit beton C 30/37 třídy XC4, XF3 konzistence S2 a betonářská ocel B500B. Na konstrukci sloupů je použit beton C 50/60 a betonářská ocel B500B

Charakteristická pevnost betonu v tlaku	f_{ck} [MPa]	30,0
Návrhová pevnost betonu v tlaku	f_{cd} [MPa]	20,0
Střední hodnota pevnosti v tahu za ohybu	f_{ctm} [MPa]	2,9
Modul pružnosti	E_{cm} [GPa]	32,0

Charakteristická pevnost betonu v tlaku	f_{ck} [MPa]	50,0
Návrhová pevnost betonu v tlaku	f_{cd} [MPa]	33,3
Střední hodnota pevnosti v tahu za ohybu	f_{ctm} [MPa]	4,1
Modul pružnosti	E_{cm} [GPa]	32,0

Charakteristická hodnota meze kluzu	f_{yk} [MPa]	500,00
Návrhová hodnota meze kluzu	f_{yd} [MPa]	434,78
Modul pružnosti	E_s [GPa]	200,00

2.3. Základové podmínky

Místo stavby se nachází v Olomouci – Řepčíně. V území byl proveden inženýrsko-geologický průzkum. Suterén leží pod hladinou podzemní vody, která v době zvýšených srážek dosahuje až povrchu. S ohledem na charakter a náročnost konstrukce bylo doporučeno založení na pilotách.

2.3.1. Založení objektu

Objekt je založen na základové desce, která spolupůsobí s hlubinným založením stavby - pilotami. Dimenzování a posouzení založení není předmětem této práce a statického výpočtu. Vzhledem k charakteru založení předpokládám rovnoměrné sedání konstrukcí, které by jinak mohlo ovlivnit vnitřní síly na navrhované stropní desce typického podlaží.

2.4. Vodorovné konstrukce

2.4.1. Stropní konstrukce 2. NP

Stropní deska je navržena jako spojitá křížem vyztužená deska jednotné tloušťky 250mm. Tato deska je bodově podporována vnitřními železobetonovými sloupy, po obvodě navíc vyztužena průvlakem. Kratší strany desky jsou podporovány ztužujícími železobetonovými stěnami. Stropní konstrukce je na spodním okraji hladká, žebro je navrženo mezi krajní řadou sloupů, které slouží jako nosný prvek desky. Půdorysné rozměry desky jsou 17,2m x 36,4m. Rozměry jednotlivých polí jsou proměnné v obou směrech. Podélně je deska tvořena z pěti polí, příčně ze tří.

Třída betonu byla zvolena C30/37, která vycházela ze stupně prostředí, životnosti a geometrie konstrukce. Použitá ocel je pevnostní třídy B500B. Výztuž je provedena v pravoúhlém systému dle výkresové dokumentace. Při dolním povrchu je navržen základní rastr profilů R8 po 150mm, který je v poli doplněn dalším profilem R8 po 300mm, respektive 150mm. Lokálně (v okolí schodišťového prostoru) je výztuž doplněna profilem R10 po 150mm. Výztuž u horního povrchu vykřívá především relativně vysoké nadpodporové momenty. Základní rastr profilů R8 po 150mm je v místě podpor doplněn profilem R18 po 300, respektive po 150mm. Základní rastr (R8 po 150mm) je navržen v celé ploše desky při obou površích, jako minimální procento vyztužení, kde v místech nulových momentů zachycuje síly od smršťování a dotvarování. Stykování přesahem je provedeno podle statického výpočtu a pro základní rastr je minimálně 600mm pro plné využití výztuže. Minimální krytí výztuže bylo stanoveno na 25mm u dolní výztuže, respektive 30mm u výztuže horní. V místech instalačních prostupů deskou, je přerušená výztuž nahrazena odpovídající plochou výztuže po obvodu otvoru a v příslušných rozích je ještě doplněna o výztuž bránící vzniku trhlin. Kotevní délka této výztuže je minimálně na 750mm.

Výztuž proti protlačení u sloupů byla navržena ze systémových trnů od firmy Halfen [9], dle [8]. Trny profilu R12 a R18 jsou rozmístěny na systémových lištách. Počet lišt a rozmístění smykové výztuže je na příslušném výkresu. Předmětem této bakalářské práce bylo navrhnout smykovou výztuž na nejvíce namáhaný vnitřní a vybraný krajní sloup.

Výztuž proti řetězovému zřícení byla navržena z profilů R16, která je navržena jak 3. a 4. řada výztuže při spodním povrchu. Výztuž je vedena vždy mezi sloupy. U krajních sloupů (v podélném směru) její funkci přebírá výztuž průvlaku, která je k tomu uzpůsobená. Stykování je vždy provedeno alespoň v 1/3 délky pole a to v minimální délce 800mm. Konkrétní uspořádání je ve výkresové dokumentaci.

2.4.2. Balkonová deska

Balkonové desky jsou navrženy jako prefabrikované s předem osazenými systémovými prvky na přerušení tepelného mostu. Desky jsou hladké a mají jednotnou výšku 200mm, u vnějšího okraje jsou opatřeny okapovýmnosem. Předmětem této práce bylo navrhnout jednu typickou balkonovou desku, byla vybrána deska B4. Balkonová deska je z betonu C30/37, XC5, XF3 a je vyztužena základním rastrem výztuže profilů R8 po 200mm, který je v místě většího namáhání doplněn profily R8 po 200mm, respektive R14 po 200mm. Ve výrobě budou tyto desky osazeny systémovými prvky pro přerušení tepelných mostů – FRANK Egccobox [9], s tloušťkou izolace 80mm.

Prefabrikované balkony budou osazeny do finální polohy (viz výkres tvaru) před vázáním horní vrstvy výztuže, poté budou betonáři zmonolitněny se stropní konstrukcí. Rozmístění výztuže a osazení systémových prvků je součástí výkresové dokumentace.

2.5. Svislé konstrukce

2.5.1. Sloupy

Sloupy jsou navrženy obdélníkového průřezu o rozměrech 300mm x 650mm. Jsou navrženy z betonu C50/60 a vyztuženy výztuží B500B. Jako součást této práce byl navržen a posouzen charakteristický vnitřní sloup. Hlavní nosnou výztuž profilu R25, doplňují čtyřstřížné třmeny R8 po 300mm. Jejich vzdálenost je v oblasti styků, nad a pod deskou zmenšena na 180mm.

2.5.2. Ztužující stěny

Stěny navrženy po obvodu desky na kratších stranách. Stěna v průčelí budovy má tloušťku 250mm a je přes celou šířku prostředního pole. Stěna na styku dilatačních celků má tloušťku 200mm a podporuje celý kratší okraj desky. Stěny jsou navrženy z betonu C30/37 a vyztuženy výztuží B500B. Tyto stěny svojí podélnou tuhostí přebírají příčné zatížení, především zatížení větrem a plní tak ztužující funkci. Návrh a posouzení stěn nejsou předmětem této práce.

2.6. Schodiště

V dilatačním celku je navrženo dvojramenné prefabrikované schodiště, jednotlivá ramena jsou uložena na ozuby monolitické stropní desky. Stropní deska je na zatížení těchto ramen navržena, samotné řešení schodiště a prefabrikovaných částí není součástí této práce.

2.7. Zatížení

Stálé zatížení od vlastní tíhy konstrukce a zatížení od skladeb podlah je uvažováno jako spojitě rovnoměrné po celé ploše.

Zatížení od obvodových stěn a vnitřních příček je uvažováno jako liniové. Zatížení od schodiště je bráno zjednodušeně jako součet stálého a nahodilého zatížení, které působí liniově v místě uložení na ozub monolitické stropní desky.

Ostatní stálé zatížení od vyšších podlaží je zahrnuto jako bodové síly ve sloupech a liniové zatížení ve stěnách. Toto zatížení, ale nemá na návrh desky zásadní vliv.

Proměnné zatížení je na celém půdoryse stejné, je uvažována kategorie A pro obytné plochy. Na schodišti a balkonech je uvažována rovněž kategorie A, ale liší se hodnota zatížení.

Pomocí software RFEM 5 byla nalezena nejnepríznivější kombinace zatížení a z ní následně zjišťovány vnitřní síly na konstrukci.

2.7.1 Stálé zatížení

Zatížení charakteristickým podlažím	$g_{k1}=7,69\text{kN/m}^2$
Zatížení obvodovou stěnou	$g_{k5}=7,70\text{kN/m}$
Zatížení vnitřní stěnou	$g_{k6}=6,89\text{kN/m}$

2.7.2. Proměnné zatížení

Kategorie A – stropní konstrukce	$q_{k1}=1,50\text{kN/m}^2$
Kategorie A – balkony	$q_{k2}=3,00\text{kN/m}^2$
Kategorie A – schodiště	$q_{k3}=3,00\text{kN/m}^2$

Výpočet jednotlivých zatížení a ostatní zatížení (zatížení ostatních podlaží, zatížení střechou, zatížení balkonů, ...) je podrobně rozepsáno ve statickém výpočtu.

2.8. Technologické podmínky

2.8.1. Bednění a odbedňování

Bednění musí zajistit konstrukci požadovaný tvar, zároveň musí být dostatečně tuhé, tak aby vyhovovalo na maximální povolené odchylky i po betonáži. Odbedňování u stěn a sloupů je možné po nabytí požadované pevnosti po 28 dnech. U stropních desek je možné odbedňovat rovněž po nabytí požadované pevnosti po 28 dnech, ale je nutné konstrukci odbedňovat od posledního podlaží. K odbednění spodních podlaží je nutné provést statický výpočet, který není součástí této práce.

2.8.2. Betonáž

Před samotnou betonáží je nutné provést kontrolu uložené výztuže, betonová směs bude na stavbu dopravena pomocí autodomíchávačů a do bednění se dopraví pomocí čerpadel. Ukládání betonu do bednění musí probíhat tak, aby nedošlo k rozmísení jednotlivých frakcí kameniva a kvalita betonu tak byla stejná v celé konstrukci. Po uložení je nutné betonovou směs ztuhnout a zbavit jí tak vzduchových pórů. Poté je nutná kontrola krytí a následné dostatečné ošetřování čerstvého betonu. Především je nutné zajistit dostatečnou vlhkost povrchu kropením, nebo překrytím igelitovou fólií. Toto ošetřování je nutné po dobu minimálně 7 dnů. Betonáž nesmí být prováděna, pokud teplota klesne pod 5°C.

3. VÝPOČTOVÝ MODEL

3.1. Výpočtový 3D model

Vnitřní síly byly zjištěny pomocí výpočetního software RFEM 5 od společnosti Dlubal [13], který pracuje na principu metody konečných prvků. V programu byl vytvořen 3D model konstrukce (deska charakteristického podlaží a k ní přilehlé stěny a sloupy). Sloupy i stěny pod rovinou desky byly uvažovány jako vetknuté bez možnosti pootočení a pohybu. Sloupy a stěny nad rovinou stropní desky byly rovněž uvažovány jako vetknuté, ale kvůli předpokládané deformaci konstrukce, především svislých částí, jim byl umožněn pohyb ve svislém směru (z). Do samotné vyšetřované stropní desky byly stěny i sloupy vetknuty. Prefabrikované balkony se stropní deskou mohou

spolupůsobit – systémové prvky jsou navrženy pro přenos momentů i posouvajících sil. Proto jsou v modelu uvažovány jako spojené s monolitickou stropní deskou. Je vytvořeno celkem 27 zatěžovacích stavů, kterými je model zatížen. Program RFEM 5 sám najde nejnepríznivější kombinaci těchto zatěžovacích stavů. Tuto kombinaci provádí program pro trvalé a dočasné stavy podle rovnice 6.10 [2]

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

Pro mezní stav STR a GEO program využívá méně příznivou kombinaci z rovnic:

$$\left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad (6.10a)$$

$$\left. \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right\} \quad (6.10b)$$

Pro mezní stav použitelnosti program uvažuje kombinační pravidlo podle rovnice:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Po provedení výpočtu bylo ještě nutné redukovat momentové špičky, které vznikají nad oblastí podepření sloupem. Tyto momenty se průměrují na oblasti 2d od líce sloupu, kde d je účinná výška desky.

3.2. Metoda součtových momentů

Předmětem této bakalářské práce bylo také ověření vnitřních sil pomocí ruční metody. Byla vybrána metoda součtových momentů [7], která je podrobněji rozvedena ve statickém výpočtu. Byly vybrány dvě přilehlé pole s největším rozpětím, na kterých byly následně vypočteny momenty ve směru y.

3.3. Porovnání výsledků

Výsledné hodnoty na sloupových a středních pružích se ve většině posuzovaných oblastí liší v řádu jednotek, v průměru je to o +/- 20%. V poli ve sloupových pružích většinou vycházejí větší momenty z metody součtových momentů, naopak je tomu u pruhů středních kde momenty vycházejí v průměru menší u metody součtových momentů oproti výsledkům z programu. Tyhle obecné rozdíly jsou především způsobeny tuhostí desky, která v programu více spolupůsobí jako

celek. Metoda součtových momentů přisuzuje větší podíl přenosu zatížení právě sloupovým pruhům. V poli prostředním jsou rozdíly větší než v polích krajních, toto je způsobeno především tím, že metoda součtových momentů není schopna vystihnout skutečný charakter zatížení konstrukce. Jedná se především o liniové zatížení stěn, které jsou ve středním poli dvě blízko poloviny rozpětí. V metodě součtových momentů bylo nutné toto zatížení rozdělit na plošné a to pochopitelně zmenšuje momenty v poli. Absolutní hodnota momentů nad podporami vychází zpravidla větší z programu, to je způsobeno především momentovou špičkou nad podporou, která je teoreticky nepřímou úměrná velikosti sítě konečných prvků. Největší procentuální rozdíly jsou nad krajními podporami ve středních pruzích. To je způsobeno nulovou hodnotou momentů z metody součtových momentů, která opět přisuzuje větší podíl přenosu zatížení sloupovým pruhům.

Pro účel porovnání výsledků z programu využívajícího metodu konečných prvků a ruční metody součtových momentů dle ČSN 73 1201 jsou rozdíly přijatelné. Pro dimenzování byly dále využity výsledky vnitřních sil z programu RFEM 5, pro návrh a posouzení byly použity návrhové vnitřní síly z nejméně příznivé kombinace zatížení.

4. ZÁVĚR

Předmětem bakalářské práce bylo nadimenzovat a posoudit lokálně podepřenou železobetonovou monolitickou stropní desku v charakteristickém podlaží objektu bytové výstavby. Vnitřní síly byly získány pomocí software RFEM 5 využívajícího metodu konečných prvků. V tomto programu byl vytvořen 3D model charakteristického podlaží včetně přilehlých svislých nosných konstrukcí, kterým byly přisouzeny podmínky nejvíce vystihující skutečné chování v konstrukci. Skutečné vnitřní síly na reálné konstrukci se od výpočetních liší v závislosti na nastavení sítě konečných prvků, okrajových podmínkách (rozdílném uložení), tvaru konstrukce i technologii provádění. Vnitřní síly byly ověřeny ručním výpočtem metodou součtových momentů. Rozdíly byly přijatelné a jejich pravděpodobné příčiny jsou popsány v kapitole 3.3. Porovnání výsledků. V reálném návrhu by bylo nutné zohlednit i další faktory jako je skutečné, případně nerovnoměrné, sedání stavby, postupná výstavba dilatačních celků a další.

Při návrhu výztuže byla snaha najít řešení mezi složitým způsobem vyztužení a maximální úsporou oceli. Ve stropní desce byl při obou površích navrhnout základní rastr, který se v místech zvýšeného namáhání dokládá další výztuží. V některých oblastech, především ve střední části

konstrukce kde je velké množství nepravidelných instalačních otvorů, je konstrukce mírně převyztužená. Složité vyztužování velkým množstvím vložek by bylo časově náročné a také by mohlo vést k lidské chybě. Úspora materiálu by vzhledem k pracnosti a riziku chyby nebyla výhodná.

5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN EN 206-1: Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda;
- [2] ČSN EN 1991-1-1 (73 0035) Zatížení konstrukci - Část 1-1: Obecná zatížení;
- [3] ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
- [4] ČSN EN 1991-1-3 (73 0035) Zatížení konstrukci - Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem;
- [5] ČSN EN 1991-1-4 (73 0035) Zatížení konstrukci - Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem;
- [6] ČSN EN 1992-1-1 (73 1201) Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby;
- [7] ČSN EN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb;
- [8] Evropské technické schválení ETA-46-0521
- [9] Firemní podklady firmy Frank, Halfen a C FIX
- [10] Microsoft Office Word 2010
- [11] Microsoft Office Excel 2010
- [12] AutoCAD 2014
- [13] Dlubal RFEM 5

6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

NP	nadzemní podlaží
A_c	průřezová plocha betonu
A_s	průřezová plocha betonářské výztuže
$A_{s,prov}$	navržená plocha výztuže v extrémně namáhaném průřezu
$A_{s,req}$	průřezová plocha výztuže potřebná k přenesení extrémního momentu
A_{sw}	průřezová plocha smykové výztuže
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
E_s	návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli
f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní
f_{ctm}	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tlaku
f_{yd}	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
f_{yk}	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
f_{ywd}	návrhová mez kluzu betonářské smykové výztuže
L	účinné rozpětí
M_{Ed}	návrhová hodnota působícího vnitřního ohybového momentu
N_{Ed}	návrhová hodnota působící normálové síly
γ_C	dílčí součinitel spolehlivosti betonu
γ_G	dílčí součinitel stálého zatížení
γ_Q	dílčí součinitel proměnného zatížení
γ_s	dílčí součinitel spolehlivosti betonářské oceli
ε_{cu}	mezní poměrné stlačení betonu
ε_{yd}	mezní poměrné protažení oceli

7. SEZNAM PŘÍLOH

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