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

NOSNÁ KONSTRUKCE VÍCEPODLAŽNÍ BUDOVY

STRUCTURE OF MULTI-STOREY BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. Jana Achillesová
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. JAN PERLA
SUPERVISOR

BRNO 2021

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jana Achillesová
Název	Nosná konstrukce vícepodlažní budovy
Vedoucí práce	Ing. Jan Perla
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Situace, stavební půdorysy a řezy, IGP
Základní normy (včetně všech změn a doplňků):
ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení 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:
podle doporučení vedoucího diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Navrhněte přechodovou železobetonovou stropní desku vícepodlažního administrativního objektu. Statickou analýzu proveďte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí se zohledněním interakce s podložím.
Vypracujte podrobné výkresy tvaru železobetonové konstrukce předmětného podlaží
a podrobné výkresy výztuže (konstrukční řešení ostatních podlaží dokumentujte schématickými výkresy tvaru).
Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.
Požadované výstupy:
Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic).
Přílohy textové části:
P1. Použité podklady
P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)
P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)
Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1× na CD.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:
1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Jan Perla
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT:

Diplomová práce se zabývá návrhem nosné konstrukce železobetonové vícepodlažní budovy. Vybrané části k posouzení jsou lokálně podepřená stropní deska nad 1.PP, vnitřní sloup, obvodová a vnitřní stěna v 1.PP. Analýza byla provedena pomocí metody konečných prvků v programu Dlubal RFEM 5.23. Součástí práce je také návrh dimenzí základových konstrukcí, které jsou s ohledem na inženýrskogeologický průzkum řešeny jako hlubinné.

KLÍČOVÁ SLOVA

Železobeton, lokálně podepřená deska, stěna, sloup, ohybový moment, normálová síla, smyk, protlačení, průhyb, sedání, metoda konečných prvků, vnitřní síly, dilatační trny

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the project of the structure of ferroconcrete multi-storey building. Selected parts for assessment are point-supported slab over the 1st floor, inside column, external and internal wall in the 1st floor. Finite Element Method in software Dlubal RFEM 5.23 was selected for the analysis. Another part of the thesis is the project of dimensions of foundations that are dealt with as deep foundations in accordance with engineering-geological survey.

KEYWORDS

reinforced concrete, point-supported slab, wall, column, bending moment, axial force, shear, punching, deflection, settlement, Finite Element Method, internal forces, expansion thorn

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Jana Achillesová *Nosná konstrukce vícepodlažní budovy*. Brno, 2020. 22 s., 837 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Jana Achillesová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Jana Achillesová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce panu inženýru Janu Perlovi za ochotu a čas věnovaný mé práci a za předání cenných rad, připomínek a zkušeností.

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

NOSNÁ KONSTRUKCE VÍCEPODLAŽNÍ BUDOVY

STRUCTURE OF MULTI-STOREY BUILDING

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. Jana Achillesová
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. JAN PERLA
SUPERVISOR

BRNO 2021

Obsah

1. ÚVOD ... 3
2. POPIS OBJEKTU ... 3
   2.1 ZÁKLADNÍ POPIS ... 3
   2.2 ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE ... 4
   2.3 SLOUPY ... 4
   2.4 VNITŘNÍ STĚNY ... 4
   2.5 OBVODOVÉ STĚNY ... 4
   2.6 PILÍŘE ... 4
   2.7 STROPNÍ DESKY ... 5
3. GEOLOGICKÉ POMĚRY ... 5
4. MATERIÁL ... 5
   4.1 BETON PRO SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE V 1.PP ... 5
   4.2 BETON PRO SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE (1. – 6.NP) ... 5
   4.3 BETON PRO VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE (1. – 6.NP) ... 5
   4.4 OCEL ... 6
   4.5 PRACOVNÍ DIAGRAMY ... 6
5. VÝPOČETNÍ MODEL ... 6
6. ZATÍŽENÍ ... 6
   6.1 STÁLÉ ... 6
   6.2 PROMĚNNÉ ... 7
   6.2.1 UŽITNÉ ... 7
   6.2.2 TZB ... 7
   6.2.3 PŘEMÍSTITELNÉ PŘÍČKY. ... 7
   6.2.4 ZEMNÍ TLAK. ... 7
   6.2.5 SNÍH ... 7
   6.2.6 VÍTR ... 8
   6.3 MIMOŘÁDNÉ ZATÍŽENÍ ... 9
7. KOMBINACE ... 9
   7.1 POROVNÁNÍ HODNOT VNITŘNÍCH SIL ... 10
8. VYZTUŽENÍ OBJEKTU ... 10
   8.1 STROPNÍ DESKA ... 10
   8.2 SLOUP ... 11
   8.3 OBVODOVÁ STĚNA ... 11
   8.4 VNITŘNÍ STĚNA ... 11
9. ZÁVĚR ... 12
10. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ ... 12
   10.1 NORMY A LITERATURA ... 12
   10.2 TECHNICKÉ LISTY A WEBY ... 13
   10.3 POUŽITÝ SOFTWARE ... 13
11. SEZNAM PŘÍLOH ... 14

1. ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem železobetonové konstrukce vícepodlažní budovy. Řešenou částí konstrukce je první podzemní podlaží. Cílem této práce je analýza vybraných nosných železobetonových konstrukcí pomocí metody konečných prvků, která zároveň zohledňuje interakci objektu s podložím. Mezi posuzované části objektu patří lokálně podepřená stropní deska konstantní tloušťky, obvodová stěna, vnitřní nosná stěna a nejvíce namáhaný sloup. Stropní deska je navržena a posouzena na dva mezní stavy, a to na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti, který zahrnuje výpočet průhybu. Jelikož se posuzované svislé konstrukce nachází v prostorách garáže, bylo nutno tyto prvky posoudit kromě trvalé návrhové situace také na mimořádnou návrhovou situaci, a to s požadavkem na náraz vozidla. Vybrané prvky jsou posouzeny tabulkovou metodou na účinek požáru. Práce se zabývá také návrhem založení s pomocí přídavného modulu RF-SOILIN a GEO5, kde na základě geologického profilu bylo navrženo optimální založení stavby. Z důvodu atypického půdorysu je objekt posouzen v simulačním větrném tunelu v programu RFEM RWIND Simulation. Hodnoty jsou poté porovnány s ručním výpočtem dle příslušné normy a je nalezeno optimální řešení pro takový tvar objektu. Výsledkem práce je návrh a posouzení svislých a vodorovných nosných železobetonových konstrukcí prvního podzemního podlaží a odpovídající výkresová dokumentace.

2. POPIS OBJEKTU

2.1 ZÁKLADNÍ POPIS

Posuzovaným objektem jsou novostavby dvou administrativních budov s podzemními garážemi, nacházející se v městské části průmyslového komplexu Brno - Slatina. Navrhované budovy jsou situovány v jihozápadní části areálu v ulici Tuřanka (Obr.2.1.1).

Obr.2.1.1 Průmyslový komplex Brno – Slatina

Navrhovaný objekt se skládá ze dvou totožných administrativních budov půdorysného tvaru písmene H. Budovy jsou šestipodlažní se společnou stropní deskou nad podzemními garážemi o rozměru 113,755 x 44,40 m.

Na jihozápadní straně objektu se nachází dva vjezdy do podzemních garáží. Vjezdy jsou situovány každý pod jednu samostatnou budovu. V garážích jsou navrženy parkovací plochy pro osobní automobily s celkovou kapacitou 123 parkovacích míst, z toho 7 pro ZTP. V úrovni 1.NP je mezi objekty navrženo „atrium", které je řešeno jako pochozí střecha nad garážemi. V pěti nadzemních podlažích jsou navrženy kancelářské plochy. Poslední 6.NP bude sloužit jako technické podlaží, kde bude umístěna technologie pro vzduchotechniku. Zastřešení objektů je řešeno vegetační střechou.

Konstrukční systém je navržen jako kombinace železobetonových monolitických stěn a sloupů. Stropní desky jsou řešeny jako lokálně podepřené s konstantní tloušťkou.

2.2 ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

Základové konstrukce jsou navrženy jako kombinace převázek s pilotami. Piloty jsou navrženy na základě inženýrskogeologického průzkumu pomocí programu GEO5 2020 - pilota. Navržená délka pilot vychází z požadavku na rovnoměrné sednutí stavby 11 mm. Zvolený průměr pilot je 1200 mm a výška převázek 650 mm.

2.3 SLOUPY

V objektu se vyskytují sloupy čtvercového půdorysu dle požadované projektované výšky. Navržené sloupy jsou o rozměrech 500x500 mm v 1.PP a 1.NP. V dalších podlažích jsou pak 400x400 mm. Pro návrh a posouzení byl vybrán jeden nejvíce namáhaný sloup. Jelikož se navrhované sloupy nachází v hromadných garážích, je vypracován posudek jak na trvalou návrhovou situaci, tak na mimořádnou návrhovou situaci, a to náraz vozidla.

2.4 VNITŘNÍ STĚNY

Vnitřní stěny jsou navrženy jako monolitické železobetonové s tloušťkou 200 mm. Uvnitř každé budovy se nachází také ztužující jádro stejné tloušťky. Výška stěn je dle projektované výšky. Posudek je vypracován pro jednu konkrétní stěnu, která je posouzena na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti – šířka trhlin.

2.5 OBVODOVÉ STĚNY

Obvodové stěny jsou navrženy jako monolitické železobetonové s tloušťkou 250 mm po celé výšce objektu. Fasáda je navržena jako kontaktní zateplení, kdy jsou použity ocelové úhelníky zakotveny do železobetonových stěn, na které jsou montovány lícovky v tl. 150 mm. Posudek je vypracován pro jednu konkrétní stěnu, která je posouzena na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti – šířka trhlin.

2.6 PILÍŘE

Pilíře se nachází v obvodovém plášti s šířkou 550 mm a vyplňují tak prostor mezi okenními otvory tloušťky 800 mm. Meziokenní pilíře mají stejnou tloušťku jako obvodové stěny, a to 250 mm a nachází se v 1.NP – 5.NP. V 1.PP se nachází pouze z jihozápadní strany.

2.7 STROPNÍ DESKY

Stropní deska nad podzemními garážemi je navržena jako železobetonová monolitická lokálně podepřená s konstantní tloušťkou 300 mm. V ostatních podlažích je tl. stropní konstrukce 250 mm a nad technickým podlažím 200 mm. Tyto desky však nejsou předmětem řešení diplomové práce. Řešená stropní deska je navržena a posouzena na mezní stav únosnosti a použitelnosti, konkrétně na mezní průhyb.

3. GEOLOGICKÉ POMĚRY

V místě posuzovaného objektu je provedeno 6 průzkumných sond. Pro účely práce byl zvolen jeden geologický profil. Dle provedeného průzkumu se stavba svou náročností a základovými poměry řadí do 3. geotechnické kategorie. Geologickým profilem byla zastižena hladina podzemní vody 3,0 m pod povrchem původního terénu.

4. MATERIÁL

4.1 BETON PRO SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE V 1.PP

C 30/37 XC3,XF2 (CZ, F.1) – Cl 0,40 – Dmax 16 – S3

Pevnostní třída	C30/37	
Charakteristická válcová pevnost v tlaku	f_{ck}	= 30 MPa
Návrhová pevnost betonu v tlaku	f_{cd}	= 20 MPa
Charakteristická pevnost betonu v tahu	f_{ctm}	= 2,9 MPa
Modul pružnosti betonu	E_{cm}	= 33 GPa
Mezní poměrné přetvoření	ϵ_{cu3}	= 3,5 ‰
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu při trvalé/dočasné situaci	γ_c	= 1,5
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu při mimořádné situaci	γ_c	= 1,2

4.2 BETON PRO SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE (1. – 6.NP)

C 30/37 XC1 (CZ, F.1) – Cl 0,40 – Dmax 16 – S3

Pevnostní třída	C30/37	
Charakteristická válcová pevnost v tlaku	f_{ck}	= 30 MPa
Návrhová pevnost betonu v tlaku	f_{cd}	= 20 MPa
Charakteristická pevnost betonu v tahu	f_{ctm}	= 2,9 MPa
Modul pružnosti betonu	E_{cm}	= 33 GPa
Mezní poměrné přetvoření	ϵ_{cu3}	= 3,5 ‰
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu při trvalé/dočasné situaci	γ_c	= 1,5
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu při mimořádné situaci	γ_c	= 1,2

4.3 BETON PRO VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE (1. – 6.NP)

C 30/37 XC1 (CZ, F.1) – Cl 0,40 – Dmax 16 – S3

Pevnostní třída	C30/37	
Charakteristická válcová pevnost v tlaku	f_{ck}	= 30 MPa
Návrhová pevnost betonu v tlaku	f_{cd}	= 20 MPa
Charakteristická pevnost betonu v tahu	f_{ctm}	= 2,9 MPa
Modul pružnosti betonu	E_{cm}	= 33 GPa
Mezní poměrné přetvoření	ϵ_{cu3}	= 3,5 ‰
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu při trvalé/dočasné situaci	γ_c	= 1,5
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu při mimořádné situaci	γ_c	= 1,2

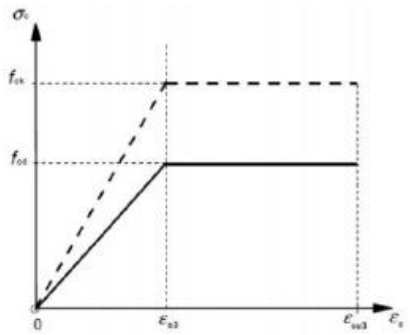
4.4 OCEL

Výztuž	B500B	
Charakteristická mez kluzu oceli	f_{yk}	= 500 MPa
Návrhová mez kluzu oceli	f_{yd}	= 434,78 MPa
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu při trvalé/dočasné situaci	γ_s	= 1,15
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu při mimořádné situaci	γ_s	= 1,0

4.5 PRACOVNÍ DIAGRAMY

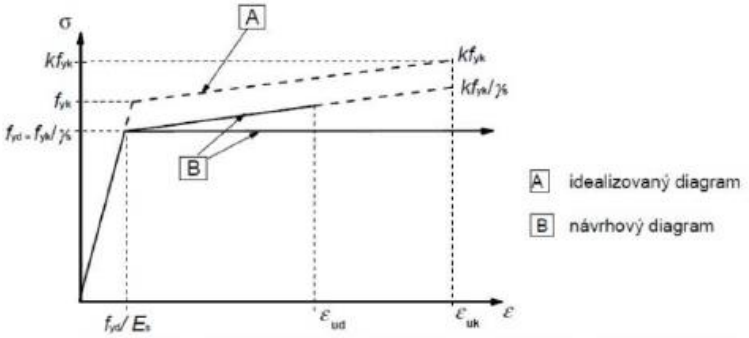
Byly uvažovány pracovní diagramy dle ČSN EN 1992-1-1

Beton



[obr. 3.4, ČSN EN 1992-1-1]

Ocel



[obr. 3.8, ČSN EN 1992-1-1]

5. VÝPOČETNÍ MODEL

Objekt byl vymodelován v programu RFEM 5.23 jako prostorový model. Posuzovaná stropní deska nad hromadnými garážemi je rozdělena dilatační spárou ve směru osy Y. Dilatační spára byla namodelována jako liniová kloubová podpora s reakcí v ose Z. Podloží bylo namodelováno v přídavném modulu RF – SOILIN, které je uvažováno pouze na desce pod výtahovou šachtou a schodištěm. S ohledem na rovnoměrné sedání byly stanoveny dimenze pilot v programu GEO5. Následně se dopočítala tuhost jednotlivých pilot a ta byla zadána do programu jako uzlová podpora s lineární tuhostí v ose Z.

6. ZATÍŽENÍ

6.1 STÁLÉ

Do stálého zatížení jsou zařazeny vodorovné a svislé železobetonové konstrukce. Dále pak plošné zatížení od skladby podlah v 1.PP – 6.NP. Skladby střech nad 5.NP a 6.NP a skladby teras nad 1.NP. Ve stálém zatížení je také uvažováno se zavěšeným opláštěním fasády. Jako vnitřní výplňové zdivo jsou uvažovány keramické příčky PTH 11,5 a PTH 14. Dále pak vlastní tíha železobetonového prefabrikovaného schodiště.

6.2 PROMĚNNÉ

6.2.1 UŽITNÉ

Užitné zatížení v jednotlivých podlažích je klasifikováno dle ČSN EN 1991-1-1.
V 1.PP, kde se nachází hromadné garáže je uvažováno parkování pouze pro osobní automobily, a proto byla zvolena kategorie F. V 1.NP až 5.NP jsou uvažovány kancelářské plochy – kategorie B. Na terasách v 1.NP je uvažováno s pravděpodobností výskytu většího množství lidí a z toho důvodu jsou tyto terasy klasifikovány a zařazeny do kategorie C - C3. 6.NP je klasifikováno a zařazeno do kategorie E se stanovením zatížení individuálně. Střecha byla navržena jako nepřístupná pro veřejnost odpovídající kategorii H. Pro schodiště byla uvažována hodnota užitného zatížení qk = 3,0 KN/m^2.

Zatížení bylo modelováno jako užitné plné v celé ploše desky, dále pak šach 1, šach 2, pás sudý, pás lichý, a to ve směrech x a y pro všechny druhy kategorií.

PODLAŽÍ	ÚČEL	KATEGORIE	qk [KN/m^2]
STŘECHA	NEPŘÍSTUPNÉ STŘECHY S VYJÍMKOU BĚŽNÉ ÚDRŽBY, OPRAV	H	0,75
6.NP	PLOCHY PRO PRŮMYSLOVÉ VYUŽITÍ INDIVIDUÁLNĚ	E - E2	5
1.-5.NP	KANCELÁŘSKÉ PLOCHY	B	2,5
1.NP	PŘÍSTUPOVÉ PLOCHY VE VEŘEJNÝCH A ADMINISRATIVNÍCH BUDOVÁCH	C - C3	4
1.PP	DOPRAVNÍ A PARKOVACÍ PLOCHY PRO LEHKÁ VOZIDLA	F	2,5

Tabulka 6.2.1.1: Kategorie a hodnoty užitných zatížení

6.2.2 TZB

Do této kategorie zatížení spadá vzduchotechnická jednotka nacházející se v 6.NP.

6.2.3 PŘEMÍSTITELNÉ PŘÍČKY

V 1.NP až 5.NP jsou uvažovány SDK příčky ≤1,0 KN/m s hodnotou qk= 0,5 KN/m^2.

6.2.4 ZEMNÍ TLAK

Zatížení zemním tlakem od násypu působí na 3 suterénní stěny, dále pak na stěny výtahové šachty. Je uvažováno také přitížení horní konstrukcí na stěny výtahové šachty.

6.2.5 SNÍH

Dle ČSN EN 1991-1-3 se posuzovaný objekt nachází ve II. sněhové oblasti. Charakteristická hodnota zatížení v této oblasti je stanovena na 1,0 kN/m^2.

6.2.6 VÍTR

Dle ČSN EN 1991-1-4 se posuzovaný objekt nachází ve II. větrné oblasti, kde je stanovena základní rychlost větru na $v_{b,0}$ = 25 m/s. Vzhledem k atypickému tvaru půdorysu, který norma nezohledňuje, je objekt posouzen ve větrném tunelu v programu RFEM RWIND Simulation. Zatížení větrem na objekt uvažuje vždy tři základní směry (0°, 45°, 90°). Pro úhel 45° byla použita literatura - Zatížení stavebních konstrukcí, jelikož norma tento typ úhlu nezohledňuje. Samotný výpočet byl proveden jak v programu, tak ručním výpočtem a jako výstupní hodnoty zatížení větrem byly použity vždy ty, které vyšly nepříznivěji, a to hodnoty ručním výpočtem. V tabulkách lze najít porovnání těchto dvou metod. Porovnání je vždy spočteno pro oblast D ve všech třech směrech.

Směr větru – 0°
Spočteno pro oblast D – tlak větru

PODLAŽÍ	RWIND		RUČNÍ VÝPOČET		SROVNÁNÍ [%]
	Vmz [m/s]	w_D [KN/m2]	Vmz [m/s]	w_D [KN/m2]	w_D
TERÉN	0	0	0	0	0,000
1.NP	15,1	0,27	15,15	0,3493	22,703
2.NP	16,659	0,29	16,748	0,399	27,318
3.NP	18,889	0,325	19	0,4711	31,013
4.NP	20,48	0,37	20,588	0,5257	29,618
5.NP	21,928	0,39	22,03	0,57561	32,246
6.NP	22,766	-0,06	22,89	0,69328	X

Tabulka 6.2.6.1: Srovnání metod výpočtu – úhel 0°

Směr větru – 45°
Spočteno pro oblast D – tlak větru

PODLAŽÍ	RWIND		RUČNÍ VÝPOČET		SROVNÁNÍ [%]
	Vmz [m/s]	w_D [KN/m2]	Vmz [m/s]	w_D [KN/m2]	w_D
TERÉN	0	0	0	0	0,000
1.NP	15,1	0,29	15,15	0,1996	31,172
2.NP	16,659	0,3	16,748	0,228	24,000
3.NP	18,889	0,34	19	0,2692	20,824
4.NP	20,48	0,37	20,588	0,3004	18,811
5.NP	21,928	0,4	22,03	0,32892	17,770
6.NP	22,766	0,08	22,89	0,34664	76,921

Tabulka 6.2.6.2: Srovnání metod výpočtu – úhel 45°

Směr větru – 90°
Spočteno pro oblast D – tlak větru

PODLAŽÍ	RWIND		RUČNÍ VÝPOČET		SROVNÁNÍ [%]
	Vmz [m/s]	w_D [KN/m2]	Vmz [m/s]	w_D [KN/m2]	w_D
TERÉN	0	0	0	0	0,000
1.NP	15,1	0,3	15,15	0,359929	16,650
2.NP	16,659	0,33	16,748	0,411141	19,736
3.NP	18,889	0,41	19	0,485435	15,540
4.NP	20,48	0,5	20,588	0,541696	7,697
5.NP	21,928	0,54	22,03	0,593125	8,957
6.NP	22,766	0,3	22,89	0,69328	56,727

Tabulka 6.2.6.3: Srovnání metod výpočtu – úhel 90°

6.3 MIMOŘÁDNÉ ZATÍŽENÍ

V této kategorii je uvažováno zatížení nárazem vozidla do svislých nosných konstrukcí v 1.PP. Hodnota zatížení je stanovena na 75 KN.

7. KOMBINACE

Pro ověření výsledků byly vytvořeny ručně kombinace zatížení pro model MKP dle rovnic 6.10a a 6.10b s příslušnými zatěžovacími stavy viz protokol. Následně byla z těchto dvou kombinací vytvořena obálka vnitřních sil a porovnána s kombinační hodnotou generovanou z modelu MKP.

Pro MKP model byly vytvořeny kombinační pravidla, která zahrnují současnost (pro stálé zatížení) a střídavost (pro proměnné zatížení) zatěžovacích stavů a zamezení současného působení užitného zatížení kategorie H a sněhu. Následně byla vytvořena kombinace účinků a kombinace výsledků pro mezní stav únosnosti dle rovnic 6.10a a 6.10b z nichž je vytvořena obálka vnitřních sil. Pro mezní stav použitelnosti byly použity rovnice charakteristická 6.14b, častá 6.15b a kvazistálá 6.16b.

Pro mimořádnou návrhovou situaci byla použita rovnice 6.11b.

Kombinační rovnice dle ČSN EN 1990
Rovnice pro MSÚ:

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

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

Rovnice pro MSP:

$$6.14b \quad \sum_{j\geq 1} G_{k,j}" + "P" + "Q_{k,1}" + "\sum_{i>1} \psi_{0,i}\, Q_{k,i}$$

$$6.15b \quad \sum_{j\geq 1} G_{k,j}" + "P" + "\psi_{1,1} Q_{k,1}" + "\sum_{i>1} \psi_{2,i}\, Q_{k,i}$$

$$6.16b \quad \sum_{j\geq 1} G_{k,j}\,"+"P"+"\sum_{i>1} \psi_{2,i}\, Q_{k,i}$$

Rovnice pro MSÚ – mimořádná:

$$6.11b \quad \sum_{j\geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1}\ nebo\ \psi_{2,1}) Q_{k,1}\,"+"\sum_{i>1} \psi_{2,i}\, Q_{k,i}$$

Při výpočtu byly použity kombinační součinitele dle ČSN EN 1990:

Dílčí součinitele spolehlivosti pro výpočet návrhového zatížení

Stálé zatížení – nepříznivé účinky	γG,sup = 1,35
Stálé zatížení – příznivé účinky	γG,inf = 1,00
Proměnné zatížení – nepříznivé účinky	γQ,sup = 1,50
Proměnné zatížení – příznivé účinky	γQ,inf = 0,00
Redukční součinitel stálých nepříznivých účinků	ξ = 0,85

Kombinační součinitele pro pozemní stavby:

Užitné – kategorie B	ψ0 = 0,7	ψ1 = 0,5	ψ2 = 0,3
Užitné – kategorie C	ψ0 = 0,7	ψ1 = 0,7	ψ2 = 0,6
Užitné – kategorie F	ψ0 = 0,7	ψ1 = 0,7	ψ2 = 0,6
Užitné – kategorie H	ψ0 = 0,0	ψ1 = 0,0	ψ2 = 0,0
Sníh	ψ0 = 0,5	ψ1 = 0,2	ψ2 = 0,0
Vítr	ψ0 = 0,6	ψ1 = 0,2	ψ2 = 0,0

7.1 POROVNÁNÍ HODNOT VNITŘNÍCH SIL

Hodnoty pro srovnání výsledků byly vytvořeny v místě maximálních vnitřních sil

SMĚR	ŘEZ	NÁVRHOVÝ MOMENT [KN/m/m]		ROZDÍL [%]
		MKP RUČNÍ	MKP GENEROVANÉ	
X	PODPORA	-286,001	-312,41	7,813
	POLE	98,207	105,671	7,239
Y	PODPORA	-288,786	-317,8	9,130
	POLE	67,169	79,547	8,765

Tabulka 7.1.1: Srovnání hodnot vnitřních sil

8. VYZTUŽENÍ OBJEKTU

8.1 STROPNÍ DESKA

Nejprve bylo stanoveno krytí výztuže na základě stupně prostředí a konstrukční třídy. Poté byla deska posouzena z hlediska požární odolnosti tabulkovou metodou, a to na minimální rozměry desky a osovou vzdálenost výztuže od okraje desky. Dále byl proveden návrh dilatačních trnů programem Schöck Dorn. Dimenzování výztuže bylo provedeno v polích a nad podporama, vždy s vhodnou šířkou vyhlazení vnitřních sil. Vnitřní síly byly převzaty z programu RFEM 5.23. Vyztužení základní sítí bylo provedeno na základě minimálního konstrukčního

stupně vyztužení z profilu a rastru Ø12/200 v obou směrech desky při obou površích. V místě větších vnitřních sil bylo provedeno přivyztužení příložkami při dolním povrchu, a to Ø10/400 (1 prut do každé druhé mezery v základní síti) a Ø10/200 (1 prut do každé mezery v základní síti). Při horním povrchu nad podporama bylo provedeno dovyztužení Ø12/100 (2 pruty do každé mezery v základní síti), Ø16/200 + Ø12/200 (1 prut Ø16 a jeden prut Ø12 do každé mezery v základní síti), Ø16/100 (2 pruty do každé mezery v základní síti), Ø16/100 + Ø16/200 (3 pruty do každé mezery v základní síti). Průřez byl posuzován na ohybový moment a normálovou sílu. Při návrhu výztuže byla počítána rezerva 15 % v horní i dolní výztuži. Dále byla deska vyztužena proti řetězovému zřícení profilem Ø16 (vždy 2 pruty vedené nad podporou), ke které byla připočtena výztuž základní sítě. Deska byla vyztužena také na protlačení smykovými lištami v místě sloupů, rohů stěn a konce stěn pomocí programu Schöck Bole.

8.2 SLOUP

Nejprve bylo stanoveno krytí výztuže na základě stupně prostředí a konstrukční třídy. Poté byl sloup posouzen z hlediska požární odolnosti tabulkovou metodou, a to na minimální rozměry sloupu a osovou vzdálenost hlavní výztuže od okraje sloupu. Vnitřní síly na prutu byly převzaty z programu RFEM 5.23. Byl proveden návrh a posouzení v programu FIN EC, kde byl navržen profil a počet výztuže 6 Ø16.

8.3 OBVODOVÁ STĚNA

Nejprve bylo stanoveno krytí výztuže na základě stupně prostředí a konstrukční třídy. Poté byla stěna posouzena z hlediska požární odolnosti tabulkovou metodou, a to na minimální rozměry stěny a osovou vzdálenost hlavní výztuže od okraje stěny. Vnitřní síly byly převzaty z programu RFEM 5.23. Byl proveden návrh a posouzení v programu FIN EC, kde byla navržena hlavní svislá výztuž Ø14/130 a vodorovná výztuž Ø14/120. Dále bylo provedeno posouzení na mezní trhlinu, která v místě paty stěny nevyhověla, a proto byl proveden nový návrh a posouzení, kde byla navržena vodorovná výztuž do 0,5 m od paty stěny Ø14/100.

8.4 VNITŘNÍ STĚNA

Nejprve bylo stanoveno krytí výztuže na základě stupně prostředí a konstrukční třídy. Poté byla stěna posouzena z hlediska požární odolnosti tabulkovou metodou, a to na minimální rozměry stěny a osovou vzdálenost hlavní výztuže od okraje stěny. Vnitřní síly byly převzaty z programu RFEM 5.23. Vnitřní síly byly převzaty z programu RFEM 5.23. Byl proveden návrh a posouzení v programu FIN EC, kde byla navržena hlavní svislá výztuž Ø12/130 a vodorovná výztuž Ø10/150.

9. ZÁVĚR

V rámci diplomové práce byla navržena nosná konstrukce vícepodlažní budovy. Analýza vnitřních sil byla provedena v programu Dlubal RFEM 5.23 a následně byly nadimenzovány vybrané části konstrukcí. Jelikož se jedná o atypický půdorys objektu, bylo provedeno posouzení ve větrném tunelu v programu RFEM RWIND Simulation, kde na základě porovnání výsledků byly do výpočtu zatížení brány hodnoty, které působí jako nejvíce nepříznivé. Dle porovnání je patrné, že normové výsledky jsou vyšší než výsledky z programu, a právě tyto byly uvažovány pro výpočet.

Navrženými konstrukcemi jsou lokálně podepřená stropní deska posouzena na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti, konkrétně na mezní průhyb. Dále byl navržen a posouzen nejvíce namáhaný sloup na mezní stav únosnosti při trvalé, ale i mimořádné návrhové situaci (náraz vozidla), jelikož se posuzované prvky nachází v hromadných garážích. Obvodová a vnitřní stěna byla navržena a posouzena na mezní stav únosnosti a použitelnosti, konkrétně na mezní šířku trhlin. Založení objektu je řešeno kombinací převázek s pilotami. Byly navrženy dimenze pilot na základě předpokládaného sedání 11 mm.

K vybraným posuzovaným konstrukcím byly vypracovány výkresy tvarů a podrobné výkresy výztuže.

10. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

10.1 NORMY A LITERATURA

[1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.

[2] 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.

[3] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2013.

[4] ČSN EN 1991-1-4 (730035) Aktuální vydání Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007.

[5] ČSN EN 1991-1-7 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení. Praha: Český normalizační institut, 2007.

[6] ČSN EN 1992-1-1 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1 – 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[7] ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

[8] ČSN EN 1992-1-2 (731201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1 – 2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[9] Zich, Miloš a kol. Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódu, Praha: Dashöfer,2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.

[10] MASOPUST, Jan. Vrtané piloty. Praha: Čeněk a Ježek, 1994.

[11] TICHÝ, Milík. Zatížení stavebních konstrukcí. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987. Technický průvodce (SNTL).

[12] ACHILLESOVÁ, Jana. Lokálně podepřená stropní deska. Brno, 2018. 9 s., 247 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

10.2 TECHNICKÉ LISTY A WEBY

[13] Dorn - Schöck-Wittek s.r.o.. [online]. Copyright © 2021 [cit. 10.01.2021]. Dostupné z: www.schoeck-wittek.cz/cs/dorn

[14] Typ O - Schöck-Wittek s.r.o.. [online]. Copyright © 2021 [cit. 10.01.2021]. Dostupné z: www.schoeck-wittek.cz/cs/bole-typ-o

[15] Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D. [online]. Dostupné z: www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i

10.3 POUŽITÝ SOFTWARE

Autodesk Autocad 2015
RECOC pro Autocad
Dlubal RFEM 5.23
FIN EC 2020 – Beton
SCHÖCK BOLE
SCHÖCK DORN
GEO5 2020 – Pilota
MS WORD
MS EXCEL

11. SEZNAM PŘÍLOH

P1. POUŽITÉ PODKLADY

P1.1 CELKOVÁ SITUACE STAVBY
P1.2 PŮDORYS – HROMADNÉ GARÁŽE
P1.3 PŮDORYS 1.NP
P1.4 PŮDORYS 2. – 4.NP
P1.5 PŮDORYS 5.NP
P1.6 PŮDORYS 6.NP
P1.7 PŮDORYS STŘECHY
P1.8 ŘEZ A-A'
P1.9 ŘEZ B-B'
P1.10 POHLED JIŽNÍ
P1.11 POHLED VÝCHODNÍ
P1.12 POHLED SEVERNÍ
P1.13 POHLED ZÁPADNÍ
P1.14 SKLADBY STŘECH A PODLAH
P1.15 SITUACE PRŮZKUMNÝCH SOND
P1.16 INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ ŘEZY
P1.17 INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ VRTY
P1.18 PENETRAČNÍ SONDY
P1.19 AREÁL SLATINA IG,HG PRŮZKUM

P2. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

01 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP A SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE V 1.PP - VÝKRES TVARU
02 STROPNÍ DESKA NAD 1.NP A SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE V 1.NP - VÝKRES TVARU (BUDOVA H,K)
03 STROPNÍ DESKA NAD 2.NP A SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE V 2.NP - VÝKRES TVARU (BUDOVA H,K)
04 STROPNÍ DESKA NAD 3.NP A SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE V 3.NP - VÝKRES TVARU (BUDOVA H,K)
05 STROPNÍ DESKA NAD 4.NP A SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE V 4.NP - VÝKRES TVARU (BUDOVA H,K)
06 STROPNÍ DESKA NAD 5.NP A SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE V 5.NP - VÝKRES TVARU (BUDOVA H,K)
07 STROPNÍ DESKA NAD 6.NP A SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE V 6.NP - VÝKRES TVARU (BUDOVA H,K)
08.1 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKRES DOLNÍ VÝZTUŽE
08.2 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKRES DOLNÍ VÝZTUŽE
08.3 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKRES DOLNÍ VÝZTUŽE
08.4 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKRES DOLNÍ VÝZTUŽE
08.5 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKAZ DOLNÍ VÝZTUŽE
09.1 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKRES HORNÍ VÝZTUŽE

09.2 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKRES HORNÍ VÝZTUŽE
09.3 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKRES HORNÍ VÝZTUŽE
09.4 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKRES HORNÍ VÝZTUŽE
09.5 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKAZ HORNÍ VÝZTUŽE
10.1 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKRES SMYKOVÉ VÝZTUŽE
10.2 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKRES SMYKOVÉ VÝZTUŽE
10.3 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKRES SMYKOVÉ VÝZTUŽE
10.4 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKRES SMYKOVÉ VÝZTUŽE
10.5 STROPNÍ DESKA NAD 1.PP - VÝKAZ SMYKOVÉ VÝZTUŽE
11 VÝKRES TVARU A VÝZTUŽE SLOUPU
12 VÝKRES TVARU A VÝZTUŽE STĚN W1 A W7

P3. STATICKÝ VÝPOČET
P3.1. RUČNÍ VÝPOČET
P3.2. PROTOKOLY
P3.3. SCHÉMATA