



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 PODZEMNÍHO PODLAŽÍ BYTOVÉHO DOMU V OSLAVENECH

STATIC SOLUTION OF THE UNDERGROUND FLOOR OF AN APARTMENT BUILDING IN OSLAVANY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vendula Šafránková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav betonových a zděných konstrukcí
Studentka: **Vendula Šafránková**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Statické řešení podzemního podlaží bytového domu v Oslavenech

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh nosné konstrukce zpracujte na základě předaných podkladů, tj. situace, půdorysy, řezy. Pro zadaný problém nejdříve vypracujte předběžný návrh konstrukce a jejích prvků. Provedte statickou analýzu v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou). Nadimenzujte a vykreslete výztuž pro tyto vybrané části nosné konstrukce: část stropní konstrukce, vybrané sloupy a konstrukci schodiště v rozsahu určeném vedoucím práce. Ostatní úpravy lze provádět podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Vytvoření statického výpočtu, výkresů tvaru a výztuže, technické zprávy.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní a technickou zprávu a ostatní náležitosti podle platných směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P3. Statický výpočet (podrobný statický výpočet nosné konstrukce metodou mezních stavů podle platných předpisů a norem v rozsahu určeném vedoucím práce)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě .

Seznam doporučené literatury a podklady:

1. Stavební podklady.
2. Normy pro navrhování betonových konstrukcí ČSN a EN.

3. L. Gřenčík: Betonové konstrukce II. SNTL/ALFA 1986.
4. D. Majdúch: Zásady vystužovania betónových konštrukcií. ALFA 1984.
5. Vhodné výpočetní programy (např. Nexis, SCIA, Ansys apod.).
6. Zich M., Bažant Z., Montované betonové konstrukce, CERM 2018.
7. Zich M., Bažant Z., Plošné konstrukce, nádrže a zásobníky, CERM 2010.

Další literatura doporučená vedoucím práce.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2022

L. S.

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
vedoucí ústavu

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce je návrh a statické řešení podzemní garáže, která je součástí bytového domu. Tato nová zástavba se bude nacházet v Oslavenech. Podkladem pro práci byla výkresová dokumentace objektu se základními půdorysnými a výškovými rozměry. V rámci práce je vypracován statický výpočet a výkresová dokumentace. Statický výpočet je řešen kombinací ručního výpočtu a výpočtu pomocí softwarů. Pro analýzu vnitřních sil je použit program SCIA Engineer 22.0. Návrh smykové výztuže je proveden za pomoci programu Schöck Bole. Součástí statického výpočtu je návrh a posouzení lokálně podepřené stropní desky a sloupů s hlavicemi. Konstrukce je navržena dle platných norem ČSN EN.

KLÍČOVÁ SLOVA

Podzemní garáž, stropní konstrukce, stropní deska, lokálně podepřená deska, bodově podepřená deska, kotevní délka, stykování, protlačení, smyk, šířka trhlin, průhyb, sloup, hlavice, beton, ocel, výztuž, železobeton, zatížení, vnitřní síly, dimenzování

ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis is the design and static analysis of underground carpark, which is part of an apartment building. This new development will be situated in Oslaveny. For the work was used drawings with a basic floor plan dimension and heights. The work includes a static calculation and drawing documentations. Static calculation is solved by a combination of manual calculation and software's calculation. SCIA Engineer 22.0 program is used to calculate the internal forces. The design of the shear reinforcement is performed using Schöck Bole program. The static calculation includes design and assessment point-supported slab and columns and caps. The structure is designed according to valid standards ČSN EN.

KEYWORDS

Underground carpark, floor structure, floor slab, point-supported slab, anchorage length, splicing, punching, shear, crack width, deflection, column, cap, concrete, steel, reinforcement, reinforced concrete, load, internal forces, dimensioning

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠAFRÁNKOVÁ, Vendula. *Statické řešení podzemního podlaží bytového domu v Oslavenech*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Statické řešení podzemního podlaží bytového domu v Oslavenech* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 19. 5. 2023

Vendula Šafránková
autor

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Statické řešení podzemního podlaží bytového domu v Oslavenech* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 19. 5. 2023

Vendula Šafránková
autor

PODĚKOVÁNÍ

Touto formou bych ráda vyjádřila poděkování především svému vedoucímu práce panu doc. Ing. Miloši Zichovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, poskytnuté informace a konzultace při vypracování této bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat také rodině, přátelům a spolužákům za podporu a pomoc v průběhu studia i v době zpracování této bakalářské práce.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. POPIS KONSTRUKCE.....	1
OBECNÉ INFORMACE O OBJEKTU	1
KONSTRUKČNÍ SYSTÉM	1
3. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	2
4. ZATÍŽENÍ.....	2
ZATÍŽENÍ STÁLÉ.....	2
ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ.....	3
5. DIMENZOVÁNÍ DESKY	3
OHYB	3
HLAVICE	3
ŘETĚZOVÉ ZŘÍCENÍ.....	3
PROTLAČENÍ.....	3
6. ŠÍŘKA TRHLIN.....	4
7. PRŮHYB	4
8. DIMENZOVÁNÍ SLOUPU	4
9. POROVNÁNÍ VARIANT	4
10. ZÁVĚR.....	4
11. ZDROJE.....	5
12. SEZNAM PŘÍLOH	6

1. ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a statickým řešením podzemního podlaží bytového domu. Pro práci byla použita výkresová dokumentace objektu se základními půdorysnými a výškovými rozměry. V rámci práce je vypracován statický výpočet a výkresová dokumentace. Statický výpočet je řešen kombinací ručního výpočtu a výpočtu pomocí softwarů. Pro analýzu vnitřních sil je použit program SCIA Engineer. Výpočet vodorovných nosných konstrukcí byl vytvořen ve 2D modelu a následně pro výpočet svislých nosných konstrukcí byl model převeden do 3D. Návrh smykové výztuže je proveden za pomoci programu Schöck Bole. Součástí statického výpočtu je návrh a posouzení lokálně podepřené stropní desky a sloupů s hlavicemi. Konstrukce je navržena dle platných norem ČSN EN.

2. POPIS KONSTRUKCE

OBECNÉ INFORMACE O OBJEKTU

Tento objekt se skládá ze tří samostatně stojících budov, které jsou společně propojeny podzemním podlažím. Každá budova má čtyři nadzemní a jedno podzemní podlaží. Půdorysný rozměr všech budov je 18,2 x 17 m a konstrukční výška 3,05 m. Objekt je kombinací prodejních a bytových prostorů. Pro výpočet bylo vybráno společné podzemní podlaží, ve kterém se nachází podzemní garáž o půdorysných rozměrech 61,2 m x 16,3 m s konstrukční výškou 3,1 m. Parkovací místa jsou zde stanovena pro osobní automobily. Celkem je zde 42 parkovacích míst, z toho jsou 3 určena pro osoby se zdravotním postižením.

KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Vodorovnou nosnou konstrukcí je železobetonová lokálně podepřená stropní deska tloušťky 230 mm, která je v oblastech sloupů zesílena železobetonovými hlavicemi tloušťky 170 mm, které mají půdorysný rozměr 2,7 x 3 m.

SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE

Svislými nosnými prvky jsou sloupy obdélníkového tvaru o rozměrech 600 x 300 mm a výšce 3,1 m a také stěny tloušťky 300 mm.

3. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

BETON C 30/37

Charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
Návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1.5} = 20 \text{ MPa}$
Pevnost betonu v tahu	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
Pevnost betonu v tahu (dolní kvantil)	$f_{ctk;0,05} = 2,0 \text{ MPa}$
Mezní přetvoření v betonu	$\varepsilon_{cu3} = 3,5\text{‰}$
Modul pružnosti betonu	$E_{cm} = 32 \text{ GPa}$

OCEL B500B

Charakteristická mez kluzu	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
Návrhová pevnost oceli	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$
Minimální přetvoření oceli	$\varepsilon_s = 2,17 \text{ ‰}$
Modul pružnosti oceli	$E_s = 200 \text{ GPa}$

-stupeň vlivu prostředí:

XD1: =koroze způsobená chloridy – rozmrazovací sůl
-dolní povrch desky, hlavice, stěny, sloupy

XF1 =střídavé působení mrazu a rozmrazování

XC4 =koroze vlivem karbonatce – středně mokré a suché prostředí
-horní povrch desky

-konstrukční třída: S4

4. ZATÍŽENÍ

ZATÍŽENÍ STÁLÉ

VLASTNÍ TÍHA

Vlastní tíha je vygenerovaná programem SCIA Engineer 22.0. Při ručním výpočtu vlastní tíhy vyšla hodnota $g_k = 5,75 \text{ kN/m}^2$.

OSTATNÍ STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Mezi ostatní stálé zatížení patří skladba S1 (skladba zeminy) a S2 (skladba zeminy s chodníkem). Do výpočtu byla uvažována po celé ploše desky hodnota $g_k = 6,4 \text{ kN/m}^2$ skladby S2 z důvodu pozdějšího možného rozšiřování chodníku.

ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ

Mezi proměnné zatížení je uvažováno zatížení sněhem $s_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$, zatížení od shromažďování osob (dle kategorie C) $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ a pojezd typickou požární cisternovou automobilovou stříkačkou $q_k = 29,75 \text{ kN/m}^2$.

5. DIMENZOVÁNÍ DESKY

OHYB

Výztuž desky je navržena na návrhové ohybové momenty získané z 2D modelu z programu SCIA Engineer. Nejprve byl navržen základní rastr. Základní rastr dolní výztuže ve směru x i y je $\emptyset 12/150$. Základní rastr horní výztuže ve směru x i y je $\emptyset 8/150$. Následně v místech, kde rastr nevykryje větší ohybové momenty, jsou navrženy příložky různých průměrů a délek. U dolního povrchu jsou příložky kladeny ve vzdálenosti násobku 300 mm, u horního povrchu jsou příložky kladeny ve vzdálenosti násobku 150 mm.

HLAVICE

Výztuž hlavic desky byla vypočtena ručním výpočtem a byla navržena podle konstrukčních zásad. V obou směrech je výztuž navržena $\emptyset 12/150$.

ŘETĚZOVÉ ZŘÍČENÍ

Proti řetězovému zříčení byla ve směru x navržena a ručně vypočtena výztuž $2 \times \emptyset 20$ po vzdálenosti 300 mm a se stykováním 900 mm. Ve směru y byla navržena a ručně vypočtena výztuž $2 \times \emptyset 18$ po vzdálenosti 150 mm a se stykováním 700 mm.

PROTLAČENÍ

Pro výpočet protlačení v místě uložení desky na sloup byly použity reakce sloupů zjištěné z 2D modelu z programu SCIA Engineer. Pro výpočet protlačení v místě uložení desky na konce stěn a také rohu byla ručně vypočtena reakce působící na zatěžovací plochu prvku. Pomocí programu Schöck Bole byl proveden výpočet podle EC:2014 + ETA a byly navrženy proti protlačení smykové lišty. Následně bylo protlačení ověřeno ručním výpočtem.

6. ŠÍŘKA TRHLIN

Šířka trhlin byla spočítána ručním výpočtem pro nejvíce namáhaná místa desky ohybovým momentem ve směru x i y na horním i dolním povrchu.

7. PRŮHYB

Průhyb byl vypočten pomocí programu SCIA Engineer nelineárním výpočtem. Vyztužení desky pro výpočet průhybu bylo navrženo programem.

8. DIMENZOVÁNÍ SLOUPU

Výztuž sloupu je navržena na návrhové ohybové momenty získané z 3D modelu z programu SCIA Engineer. Pro všechny sloupy byla navržena a ručně vypočtena hlavní podélná výztuž 8 x \emptyset 12 a příčná výztuž \emptyset 6. Vzdálenost třmínků v podélném směru je 180 mm.

9. POROVNÁNÍ VARIANT

Pro statickou analýzu konstrukce byly v programu SCIA Engineer vytvořeny celkem 3 varianty. První variantou je 2D model samostatné stropní desky s hlavicemi. Podpory nad obvodovými i vnitřními stěnami tvoří liniové kloubové podpory a nad sloupy bodově kloubové podpory. Druhou variantou je 3D model stropní desky s hlavicemi, vetknutými sloupy a vnitřními stěnami. Podpory nad obvodovými stěnami tvoří liniové kloubové podpory. A třetí variantou je taktéž 3D model, ale jsou zde již definovány i obvodové stěny, které jsou vetknuty.

Porovnány byly výsledky vnitřních sil na sloupech. Hodnoty nevyšly stejné, ale u většiny sloupů se zásadně nelišily.

10. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a posoudit svislou a vodorovnou nosnou konstrukci podzemního podlaží. Na základě dodaných podkladů byl vytvořen v programu SCIA Engineer 2D model pro návrh a výpočet vodorovných konstrukcí a 3D model pro návrh a výpočet svislých konstrukcí. Dimenze konstrukce byla ověřena ručním výpočtem. Navržené konstrukční prvky vyhovují na mezní stav únosnosti i použitelnosti. Všechny provedené výpočty byly provedeny dle platných norem ČSN EN. Součástí práce je i výkresová dokumentace.

11. ZDROJE

LITERATURA

- [1] ZICH, Miloš a Zdeněk BAŽANT. *Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN 978-80-7204-693-5.
- [2] ZICH, Miloš a kol.: *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů*, Praha: Verlag Dashöfer, 2010.
- [3] Štěpánek P, Terzijski I, Laníková I, Panáček J, Šimůnek P. 2013. *Prvky betonových konstrukcí: Výukové texty, příklady a pomůcky*. Brno.

NORMY

- [4] ČSN EN 1991-1-1 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Český normalizační institut, duben 2004.
- [5] ČSN EN 1992-1-1 (731201). Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Český normalizační institut, listopad 2006.
- [6] ČSN EN 1991-1-3 (Eurokód 1): Zatížení konstrukcí – Zatížení sněhem. Praha: ČNI, 2003.

WEBOVÉ STRÁNKY

- [7] Švaříčková I. Pomůcky do cvičení: Sharepoint. [accessed 2023May19]. <https://vutbr.sharepoint.com/sites/Svarickova>
- [8] BDG BRNO DEFENCE GROUP. BDG BRNO DEFENCE GROUP. [accessed 2023Apr.10]. <http://brnodg.com/tatra-vehicles/tatra-for-firefighting/6x6-fire-fighting-superstructure-carrier-t810/>

POUŽITÉ PODKLADY

- [9] K4 Architects & Engineers, zástavba lokality Oslaveny - Stará hora, 2021

PROGRAMY

SCIA Engineer 22.0
AutoCAD 2022
Schöck Bole
Microsoft Office Word
Microsoft Office Excel

12. SEZNAM PŘÍLOH

P1) Použité podklady

P2) Výkresy tvaru a výztuže

P3) Statický výpočet