



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

NÁVRH ŽELEZOBETONOVÉ STROPNÍ KONSTRUKCE

DESIGN OF REINFORCED CONCRETE FLOOR STRUCTURE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Velič

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Vojtěch Kostiha, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav betonových a zděných konstrukcí
Student: **Marek Velič**
Vedoucí práce: **Ing. Vojtěch Kostiha, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: Pozemní 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:

Návrh železobetonové stropní konstrukce

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Předmětem práce je návrh a posouzení železobetonové stropní konstrukce zvoleného objektu pro ubytování ve variativním řešení, definice zatížení, rozbor statického působení, návrh vyztužení a vypracování výkresové dokumentace v odpovídajícím rozsahu.

Ostatní úpravy lze provádět podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je pro zadanou stavbu zpracovat statický návrh vybrané části nosné konstrukce, včetně vypracování statického výpočtu, výkresové dokumentaci v rozsahu dle vedoucího práce.

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 vyztuže (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:

Základní stavební výkresy zpracovávaného objektu: půdorysy, řezy, apod.

Platné návrhové a technické předpisy:

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí;

ČSN EN 1991-1-1 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;

ČSN EN 206+A2: Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba s shoda.

Další literatura podle doporučení vedoucího 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

Ing. Vojtěch Kostiha, Ph.D.
vedoucí práce

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

ABSTRAKT

Bakalárska práca je zameraná na dve varianty návrhu stropnej dosky v 3.NP. Prvý návrh je tvorený z predpätých panelov typu SPIROLL. Druhý návrh pozostáva z návrhu železobetónovej spojitej dosky o dvoch poliach, trámu a stĺpu. Vnútorne sily pre návrh boli získané pomocou programu SCIA Engineer. Tieto vnútorné sily boli skontrolované ručným výpočtom za pomoci silovej metódy trojmomentových rovníc. Súčasťou práce je výkresová dokumentácia pre vyššie uvedené konštrukcie. Návrh a posúdenie konštrukcií je spracovaný podľa platných noriem.

KLÍČOVÁ SLOVA

Železobetón, metóda trojmomentových rovníc, krížom vystužená stropná doska, výstuž, medzný stav použiteľnosti, predpäté stropné panely

ABSTRACT

The bachelor thesis focuses on two construction designs on the 3rd floor. The first design is made of pre-stressed panels of SPIROLL type. The second design consists of a reinforced concrete continuous slab design with two bays, a beam, and a column. The internal forces for the design were obtained using SCIA Engineer. These internal forces were checked by hand calculation using the method of three-moment equations. Drawings for the above structures are included in the thesis. The design and assessment of the structures have been carried out as per the applicable standards.

KEYWORDS

Reinforced concrete, three-moment equation method, reinforcement, serviceability limit state, prestressed concrete slabs

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VELIČ, Marek. *Návrh železobetonové stropní konstrukce*. Brno, 2023. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí Ing. Vojtěch Kostiha, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh železobetonové stropní konstrukce* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 20. 5. 2023

Marek Velič
autor

POĎAKOVANIE

Predovšetkým by som chcel poďakovať vedúcemu mojej bakalárskej práce Ing. Vojtěch Kostih, Ph.D, za prejavenu ochoty, profesionalitu, trpezlivosť a veľa cenných odborných rád pri konzultáciách.

Ďalej by som chcel poďakovať rodine a priateľom, ktorý ma počas celého vypracovania práce podporovali.

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. POPIS KONŠTRUKCIE	9
2.1 STROPNÁ DOSKA Z PANELOV SPIROLL	9
2.2 MONOLITICKÁ ŽELEZOBETÓNOVÁ STROPNÁ DOSKA.....	9
2.3 RÁMOVÁ KONŠTRUKCIA	9
3. POUŽITÉ MATERIÁLY	10
4. ZAŤAŽENIE.....	10
4.1 STÁLE ZAŤAŽENIE.....	10
4.2 PREMENNÉ ZAŤAŽENIE	10
5. KOMBINÁCIE	10
6. STATICKÝ MODEL.....	11
7. DIMENZOVANIE.....	11
7.1 ŽELEZOBETÓNOVÁ DOSKA.....	11
7.2 TRÁM	12
7.3 STÍP.....	12
8. MEDZNÝ STAV POUŽITELNOSTI	12
9. ZÁVER	12
10. POUŽITÉ ZDROJE	13
11. POUŽITÝ SOFTWARE	13
12. ZOZNAM PRÍLOH.....	13

1. ÚVOD

Predmetom bakalárskej práce je návrh a posúdenie dvoch návrhov stropnej dosky nad 3.NP štvorpodlažného objektu, ktorý slúži ako prevádzka penziónu.

Cieľom práce je urobiť dva návrhy stropnej dosky. Prvý návrh je stropná doska tvorená z prefabrikovaných stropných panelov typu SPIROLL. Druhým návrhom je monolitická železobetónová doska.

Vybrané časti pre posúdenie v rámci druhého návrhu sú : stropná doska 3.NP, trám na ktorom leží stropná doska, vnútorný stĺp pod trámom.

Statický model ako aj vnútorné sily som získal pomocou programu SCIA Engineer 22.0. Správnosť 3D modelu som overil pomocou silovej metódy, presnejšie metódy trojmomentových rovníc.

2. POPIS KONŠTRUKCIE

Jedná sa o štvorpodlažný podpivničený objekt s kombinovaným nosným systémom, pôdorysné rozmery objektu sú 19,11m x 26,16m. Zastrešenie objektu je riešené pomocou oblúkovej strechy. Objekt slúži ako prevádzka rodinného penziónu, ktorý sa nachádza v meste Považská Bystrica. Objekt bol rekonštruovaný v rokoch 2006-2007. Nosný systém je tvorený obvodovým nosným murivom založeným na základových pásoch. Pri rekonštrukcii bol systém doplnený o dva nosné železobetónové rámy tvorené trámom a stĺpmi, ktoré sú založené na pilótach. Stúženie celej konštrukcie voči vetru je zaistené pomocou dvoch stužujúcich jadier, v ktorých sa nachádzajú schodiská a výťah.

Do výpočtu uvažujem so skladbou a zaťažením od podlahy, čo najbližšie skutočnému stavu.

2.1 STROPNÁ DOSKA Z PANELOV SPIROLL

Riešená stropná doska je v súčasnosti tvorená stropnými panelmi SPIROLL, avšak majiteľ objektu nedohľadal výkresovú dokumentáciu, urobil som nový návrh stropnej dosky. Pre veľké rozpätie dosky sú predpäté vyťahčené panely typu SPIROLL optimálnou voľbou. Stropná doska bola navrhnutá z podkladov od výrobcu PREFA Brno a.s.

2.2 MONOLITICKÁ ŽELEZOBETÓNOVÁ STROPNÁ DOSKA

Druhý návrh stropnej dosky je železobetónová doska o dvoch poliach, tvar dosky kopíruje pôdorysný návrh skutočného stavu. Riešená spojitá stropná doska je v konštantnej výške 300mm z betónu C30/37. Vnútornú podporu dosky tvorí rám, tvorený trámom a stĺpmi.

Stropná doska bola posúdená a navrhnutá na medzný stav únosnosti a medzný stav použiteľnosti.

2.3 RÁMOVÁ KONŠTRUKCIA

Posudzovaný trám sa nachádza v strede objektu, je založený na 6 stĺpoch, ktoré sú osovo vzdialené 5160mm. Celkové rozmery trámu sú : dĺžka 26200mm, výška 550mm, šírka 450mm. Rozmery stĺpu sú : výška 3150mm, štvorcový prierez 400x400mm.

3. POUŽITÉ MATERIÁLY

Betón C30/37 - vplyv prostredia XC1

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

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{CD} = 20,0 \text{ MPa}$$

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

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

$$E_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

Oceľ B500B -

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

$$\gamma_c = 1,15$$

$$f_{CD} = 434,78 \text{ MPa}$$

$$E_s = 210 \text{ GPa}$$

$$\epsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰}$$

4. ZAŤAŽENIE

4.1 STÁLE ZAŤAŽENIE

Ako stále zaťaženie dosky je uvažovaná vlastná tiaž dosky, ktorú výpočtový program počíta sám. V ručnom výpočte je vlastná tiaž počítaná ako plošné zaťaženie. Rovnako ako aj jednotlivé zaťaženia od konštrukčných vrstiev podlahy a omietky. Vlastná tiaž schodiska bola prepočítaná na líniové zaťaženie na hrane dosky. Jednotlivé zaťaženia sú uvažované v zaťažovacích stavoch nachádzajúcich sa v prílohe P3.

4.2 PREMENNÉ ZAŤAŽENIE

Úžitkové zaťaženie je podľa kategórie budovy A – plochy pre domáce a obytné činnosti, stanovené na $2,0 \text{ kN/m}^2$. Úžitkové zaťaženie na schodisku pre kategóriu budovy A - je stanovené na $3,0 \text{ kN/m}^2$.

Nakoľko sa jedná o stropnú konštrukciu nad 3.NP, nad ktorou sa nenachádza strecha, nebudú účinky od snehu v tejto práci uvažované.

V práci je ďalej uvažované s predpokladom, že účinkom od vetra je zamedzené pomocou stužujúcich jadriev vo vnútri objektu, ktoré zároveň slúžia ako nosná konštrukcia schodiska.

5. KOMBINÁCIE

Pre stanovenie maximálneho možného zaťaženia konštrukcie od zaťažovacích stavov boli použité kombinačné rovnice 6.10a a 6.10b podľa ČSN EN 1990. Na jednotlivé kombinácie boli dimenzované jednotlivé konštrukcie v práci. V práci bola taktiež použitá aj 6.16 kvázistála kombinácia a 6.14 charakteristická kombinácia.

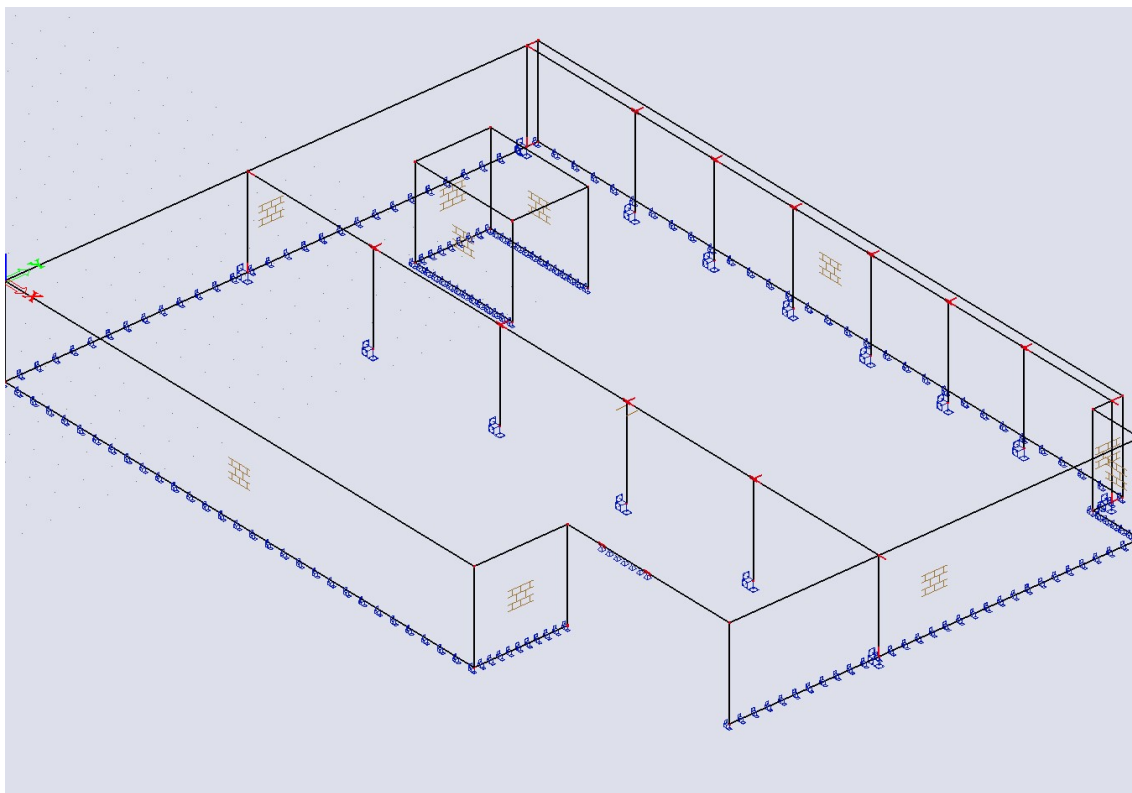
Pre posúdenie na krátkodobý priebeh po vybudovaní konštrukcie som si vytvoril novú kombináciu, v ktorej je uvažované len s vlastnou tiažou nosných konštrukcií a schodiska.

Pre návrh a dimenzovanie vystuženia jednotlivých konštrukcií boli použité softwarom automaticky generované kombinácie zaťaženia, ktoré boli overené pomocou ručného výpočtu silovou metódou.

6. STATICKÝ MODEL

Statický model bola vymodelovaný v programe SCIA Engineer 22.0. Pre lepšie zohľadnenie podopretia bol model urobený ako 3D. Doska bola modelovaná podľa výkresu tvaru s ohľadom na otvory pre schodisko. Model bol tvorený ako spojité doska po obvode kĺbovo podopretá k obvodovému nosnému murivu. Ďalej boli vložené trámy, ktoré boli vložené ako rebro dosky so spolupôsobiacou šírkou dosky, podopreté na stĺpoch. Stĺpy boli modelované ako prúťový prvok votknutý v hlave aj päte.

Sieť konečných prvkov bola stanovená na 0,300m čo odpovedá výške dosky.



7. DIMENZOVANIE

Vnútorne sily pre dimenzovanie jednotlivých nosných konštrukcií boli prevzaté z programu SCIA Engineer.

7.1 ŽELEZOBETÓNOVÁ DOSKA

Doska bola dimenzovaná ako krížom vystužená doska, vzhľadom na prevažujúce momenty v Y smere dosky bola výstuž pre tento smer dimenzovaná bližšie k povrchu. Ako prvá bola navrhnutá základná sieť pre oba povrchy dosky, táto sieť bola dimenzovaná na hodnotu minimálnej plochy ťahanej výstuže. Krytie výstuže bolo vo výpočte uvažované 25mm. Základný raster výstuže je tvorený $\varnothing 12$ po 240 mm v oboch smeroch. V miestach kde ohybové momenty prevyšujú únosnosť navrhnutého základného rastra, bude doplnená prúťová výstuž. Pri spodnom povrchu dosky bude základný raster doplnený o prúty $\varnothing 10$ po 240 mm. Pri hornom boli brané špičky momentov na hrane trámy, na ktoré bol následne dimenzovaná doplňujúca výstuž $\varnothing 12$ po 240 mm, resp. $\varnothing 14$ po 80 mm vložený medzi základný raster $\varnothing 12$ po 240 mm. Voľné okraje dosky budú lemované za pomoci prepojenia základného rastra výstuže pri hornom a spodnom povrchu, horná výstuž bude pre tento účel dlhšie o dvojnásobok výšky dosky.

7.2 TRÁM

Dimenzovaný trám bol modelovaný ako nesymetrické rebro dosky, spolupôsobiaci šírka bola vypočítaná na základe približného výpočtu. Vnútorne sily pre dimenzovanie trámu boli prevzaté z modelu. Následne bola na účinky ohybových momentov navrhnutá horná a spodná nosná výstuž, kladné ohybové momenty sa brali ako maximum v poli, zatiaľ čo jeho záporné momenty boli idealizované zo špičky na hranu jednotlivých stĺpov. Následným výpočtom kotevných dĺžok nosnej výstuže boli stanovené dĺžky jednotlivých prútov pomocou rozdelenia materiálu. Vplyvom vysokých posúvajúcich síl bolo nutné navrhnuť šmykovú výstuž v celej dĺžke trámu.

7.3 STĹP

Vnútorne sily boli prevzaté z programu. Na základe vnútorných síl bola stanovená limitná štihlosť, ktorá vyhovela kritériu štihlosti. Nebolo preto potrebné uvažovať účinky druhého rádu. Následne boli stanovené vnútorné sily v hlave a päte pre oba smery, kolmo aj rovnobežne s rámom. Bola navrhnutá nosná výstuž stĺpu a vypočítané jednotlivé body interakčného diagramu. Následným grafickým výstupom bola preukázaná dostatočná únosnosť navrhnutého stĺpu. Pre nízke posúvajúce sily bola šmyková výstuž v stĺpe navrhnutá iba konštrukčne.

8. MEDZNÝ STAV POUŽITELNOSTI

Pre posúdenie dosky na prieťah bol ako prvý vypočítaný zjednodušený posudok pomocou ohybovej štihlosti, ktorý vyhovel. Následne bol urobený posudok na obmedzenie deformácií podľa ČSN EN 1992-1-1. Jednotlivé deformácie boli spočítané pomocou programu SCIA Engineer, použitím kvázistálej kombinácie pre dlhodobý prieťah a mnou vytvorenej kombinácie pre okamžitý prieťah po zabudovaní do konštrukcie. Doska bola posúdená na okamžitý prieťah po zabudovaní konštrukcie ktorý musí byť nižší ako hodnota $l/500$. Celkový prieťah s dotvarovaním nesmie prekročiť hodnotu $l/250\text{mm}$. V oboch prieťahoch doska neprekročila medzné hodnoty.

9. ZÁVER

Cieľom práce bolo navrhnuť dva návrhy stropnej dosky a posúdiť jednotlivé prvky monolitckej stropnej konštrukcie na medzný stav únosnosti a medzný stav použiteľnosti. Zo statických výpočtov bol následne vytvorený grafický výstup v podobe výkresu skladby stropných panelov, tvaru stropnej dosky a výstuže jednotlivých prvkov.

10. POUŽITÉ ZDROJE

[1] 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. Třídící znak 73 0035

[2] ČSN EN 1990 ed. 2. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. Třídící znak 73 0002.

[3] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. Třídící znak 73 1201.

[4] Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D., Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/>

11. POUŽITÝ SOFTWARE

SCIA Engineer v22.0.
Autodesk AutoCAD 2023
Microsoft Office Word 365
Microsoft Office Excel 365

12. ZOZNAM PRÍLOH

- P.1. Použité podklady
- P.2. Výkresová dokumentácia
- P.3. Statický výpočet