



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 NOSNÉ ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE PENZIONU

DESIGN OF THE LOAD-BEARING RC STRUCTURE OF THE GUESTHOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Barbora Kondelová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. František Girgle, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav betonových a zděných konstrukcí
Studentka: **Barbora Kondelová**
Vedoucí práce: **doc. Ing. František Girgle, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: B0732A260005 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 nosné železobetonové konstrukce penzionu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Studentka provede, na základě předaných podkladů, návrh části monolitické železobetonové nosné konstrukce objektu penzionu a to v rozsahu dle zadání vedoucího bakalářské práce. Závěrečná práce bude zpracována v souladu s metodikou BIM a to v rozsahu, který stanoví školitel odborné části po konzultaci s fakultním koordinátorem BIM. Řešení analytického modelu železobetonové části stavby bude provedeno pomocí vhodného MKP programu, případně s kontrolou výsledků pomocí výstižné zjednodušené ruční metody. Případná zjednodušení lze provádět podle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Cílem práce je návrh části monolitické železobetonové nosné konstrukce objektu penzionu a to v souladu s platnými normami a pokyny vedoucího práce. Práce bude obsahovat dimenzování vybrané části konstrukce, výkres tvaru a výztuže dimenzované části v podrobnosti realizační dokumentace. Výstupem práce bude digitální model stavby (DIMS), resp. jeho dílčí část dle profesního zaměření, předaný ve vhodném datovém formátu. Výkresy, tj. tištěná podoba dokumentace, by měla být maximální možné míře generována z digitálního modelu, stejně jako výkazy apod. Ostatní činnosti případná zjednodušení zadané konstrukce budou provedena v souladu s pokyny vedoucího bakalářské práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti dle platných směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Výkresová dokumentace (v rozsahu určeném vedoucím práce)

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

P4. Digitální model dílčí části stavby ve vhodném datovém formátu (např. IFC)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě.

Seznam doporučené literatury a podklady:

Studie řešeného objektu (zpracovaná v rámci souvisejícího zadání bakalářské práce ve specializaci pozemní stavitelství) předaná ve vhodném datovém formátu.

Platné technické předpisy a návrhové normy v aktuálním znění:

ČSN EN 1990: 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.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2023

L. S.

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

doc. Ing. František Girgler, Ph.D.
vedoucí práce

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

ABSTRAKT

Predmetom bakalárskej práce je návrh a posúdenie nosnej časti monolitickej železobetónovej konštrukcie penziónu s použitím metodiky BIM. V bakalárskej práci bol prevedený výpočet zaťaženia, statická analýza konštrukcie a optimálny návrh vystuženia. Súčasťou práce je výkresová dokumentácia riešených prvkov. Konštrukcia je prevedená podľa platných noriem ČSN EN 1992-1-1 a ČSN 73 1201.

KLÍČOVÁ SLOVA

BIM, železobetónová doska, trám, medzný stav únosnosti, digitálny 3D model, prefabrikované schodisko

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis is the design and assessment of the load-bearing part of the monolithic reinforced concrete structure of the guesthouse using the BIM methodology. In the bachelor thesis was carried out the calculation of loads, structural analysis of the structure and the optimal design of reinforcement. The thesis includes technical drawings of the designed elements. The structure is designed according to the valid standards ČSN EN 1992-1-1 and ČSN 73 1201.

KEYWORDS

BIM, reinforced concrete slab, beam, ultimate limit state, digital 3D model, prefabricated stairs

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KONDELOVÁ, Barbora. *Návrh nosné železobetonové konstrukce penzionu*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí doc. Ing. František Girgle, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Návrh nosné železobetonové konstrukce penzionu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2024

Barbora Kondelová
autor

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh nosné železobetonové konstrukce penzionu* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2024

Barbora Kondelová
autor

PODĚKOVÁNÍ

Touto formou by som chcela poďakovať vedúcemu mojej bakalárskej práce doc. Ing. Františkovi Girgemu, Ph.D, za jeho odborné vedenie, ochotu a konzultácie pri vypracovaní bakalárskej práce.

Ďalej by som chcela poďakovať mojej rodine a priateľom za podporu počas celého štúdia.

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. POPIS OBJEKTU	10
3. POPIS KONŠTRUKCIE	11
3.1. ZÁKLADOVÉ KONŠTRUKCIE	11
3.2. ZVISLÉ KONŠTRUKCIE.....	11
3.3. VODOROVNÉ KONŠTRUKCIE	11
3.4. SCHODISKO.....	12
4. ZAŤAŽENIE	13
4.1 STÁLE ZAŤAŽENIE	13
4.2 PREMENNÉ ZAŤAŽENIE	13
5. VÝPOČTOVÝ MODEL	14
6. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY.....	14
7. DIMENZOVANIE.....	15
8. ZÁVER.....	15
9. ZDROJE.....	15
9.1 NORMY	15
9.2 LITERATÚRA.....	16
9.3 PROGRAMY	16
10. ZOZNAM SKRATIEK.....	16
11. ZOZNAM PRÍLOH.....	17

1. ÚVOD

Predmetom bakalárskej práce je návrh a statické riešenie železobetónovej nosnej konštrukcie penziónu. Špecificky sa zaoberá návrhom a vystužením stropnej dosky nad prvým nadzemným podlažím. Pre výpočet vnútorných síl bol použitý program SCIA Engineer 22.1 kde bol vytvorený 2D model stropnej dosky a 3D model schodiska. Výpočetný program bol následne využitý tiež na výpočet medzného stavu použiteľnosti – priehybov stropnej dosky. V rámci práce je vypracovaný statický výpočet, výkresová dokumentácia navrhnutých železobetónových prvkov a digitálny model časti stavby. Model a výkresová dokumentácia boli spracované v programe Tekla Structures 2023. Návrh bol spracovaný v súlade s platnými normami ČSN EN 1992-1-1 a ČSN 73 1201.

Bakalárska práca bola spracovaná v spolupráci so študentmi z Ústavu pozemných stavieb, Ústavu technických zariadení budov a Ústavu kovových a dřevěných konstrukcí. Predávanie informácií prebiehalo pomocou osobných stretnutí a platformy Trimble Connect.

2. POPIS OBJEKTU

Ide o dvojpodlažný nepodpivničený objekt penziónu. Pôdorysný tvar budovy je obdĺžnik s rozmermi 29,5 x 13,5 m. Nosné steny budovy sú zhotovené z keramických tvárnic a stropná železobetónová doska je vytvorená z betónu triedy C25/30. Objekt sa nachádza na rovinnom teréne.



Model objektu penziónu z časti PST vypracovanej Šimonom Madzikom

3. POPIS KONŠTRUKCIE

3.1. ZÁKLADOVÉ KONŠTRUKCIE

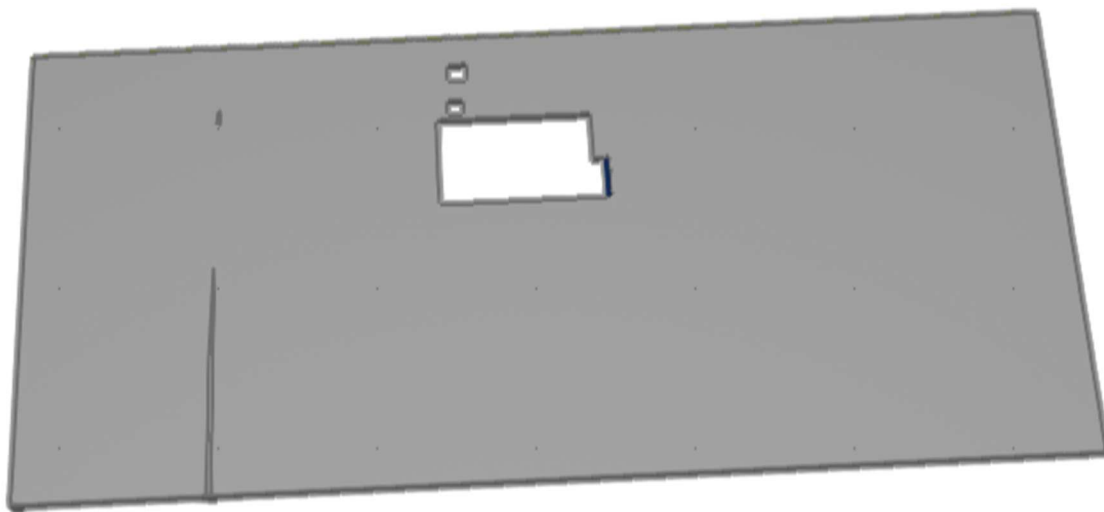
Založenie objektu je na železobetónových pásoch pod nosnými stenami konštrukcie.

3.2. ZVISLÉ KONŠTRUKCIE

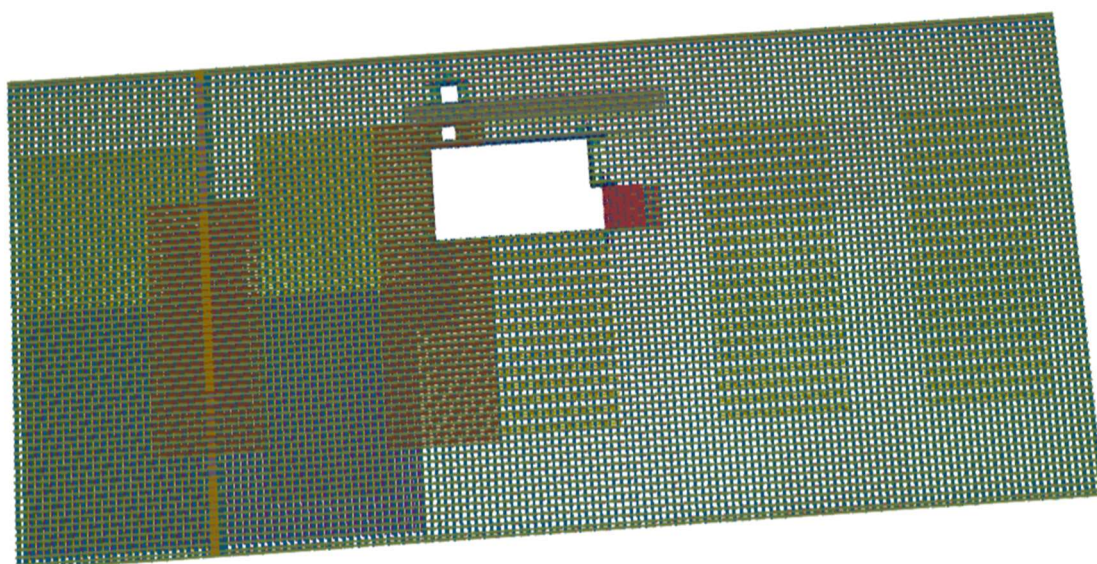
Zvislú nosnú konštrukciu objektu tvoria obvodové steny s vnútornými nosnými stenami. Steny sú navrhnuté z keramických tvárnic Porotherm 25 EKO+ Dryfix s rozmermi 248 x 250 x 249 mm.

3.3. VODOROVNÉ KONŠTRUKCIE

Stropná doska je navrhnutá ako doska vystužená v oboch smeroch. Doska je priečne rozdelená na 5 polí s rozmermi 5 x 13,5 m pre krajné polia a 6 x 13,5 m pre vnútorné polia konštrukcie. Konštantná hrúbka stropnej dosky je 200 mm. V konštrukcii sa nachádzajú 2 prestupy pre potrubia vzduchotechniky a 1 väčší otvor pre schodiskový priestor. Pri otvore schodiska je na doske vytvorený ozub pre uloženie prefabrikovaného schodiskového ramena.



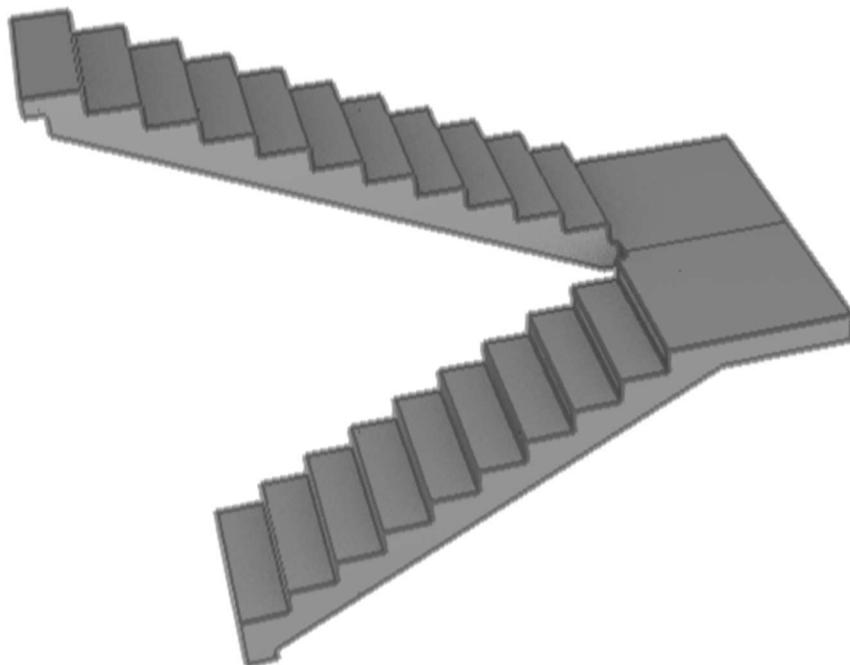
Model dosky v Tekla Structures



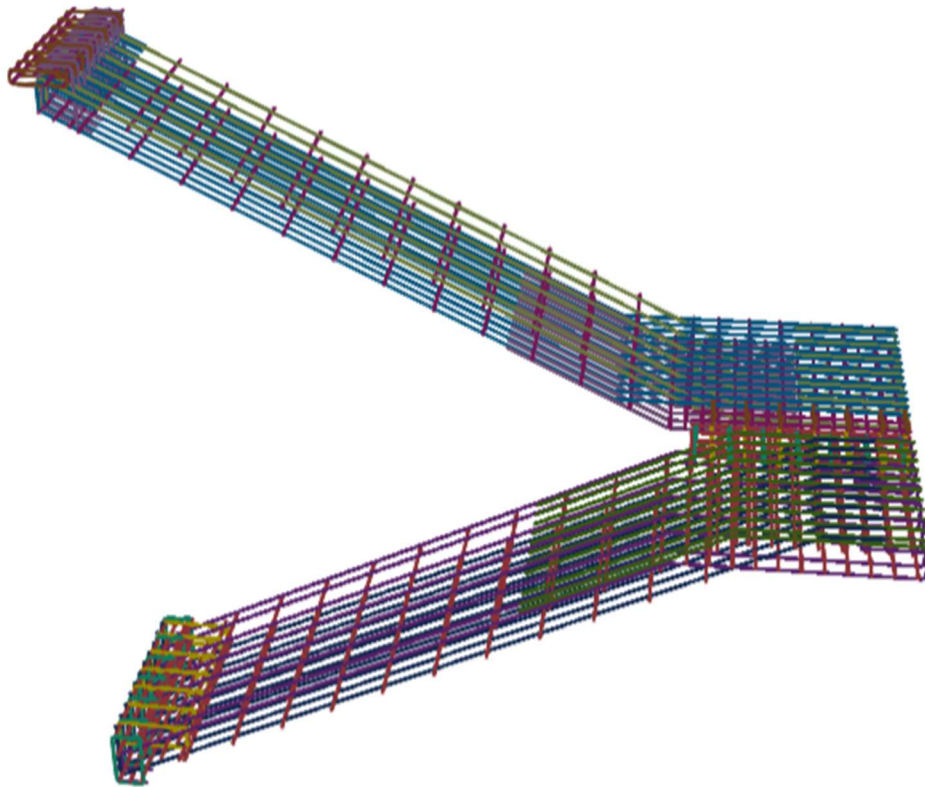
Vystuženie dosky v Tekla Structures

3.4. SCHODISKO

Konštrukciu schodiska tvoria 2 prefabrikované ramená. Uloženie nástupného a výstupného ramena je riešené pomocou systémových prvkov Schöck Tronsole® do keramických stien a na ozub stropnej dosky.



Model schodiska v Tekla Structures



Vystuženie schodiska v Tekla Structures

4. ZAŤAŽENIE

4.1 STÁLE ZAŤAŽENIE

Stále zaťaženie sa skladá z vlastnej tiaže dosky, plošného zaťaženia od skladiieb podláh a bodového zaťaženia od konštrukcie krovu a strechy.

4.2 PREMENNÉ ZAŤAŽENIE

Premenné zaťaženie je uvažované ako plošné podľa normovej hodnoty z ČSN EN 1991-1-1 pre kategóriu A – plochy pre domáce a obytné činnosti. Charakteristická hodnota je pre stropnú dosku na základe zadania investora $q_k = 2 \text{ kN/m}^2$, pre schodisko $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ a pre ľahké premiestniteľné priečky s vlastnou tiažou do 3 kN/m , $q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$. Premenné zaťaženie od klimatických vplyvov pôsobí na stropnú dosku bodovo cez stĺpky krovu.

5. VÝPOČTOVÝ MODEL

Vnútorne sily boli vygenerované vo výpočtovom programe SCIA Engineer. Doska bola modelovaná pomocou doskových prvkov. Podoprená je pružnými líniovými podporami s tuhosťou 276,67 MN/m pre murivo z keramických tvárnic. Schodisko bolo modelované ako 3D model pomocou doskových prvkov.

6. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Pre návrh stropnej dosky bol použitý betón triedy C25/30. Trieda prostredia pre dosku je XC1. Betonárska výstuž bola navrhnutá triedy B500B.

BETÓN C25/30

Charakteristická pevnosť betónu v tlaku	$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
Návrhová pevnosť betónu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$
Pevnosť betónu v ťahu	$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$
Pevnosť betónu v ťahu (dolný kvantil)	$f_{ctm,0,05} = 1,8 \text{ MPa}$
Pevnosť betónu v ťahu (horný kvantil)	$f_{ctm,0,95} = 3,3 \text{ MPa}$
Medzné pretvorenie v betóne	$\varepsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
Modul pružnosti betónu	$E_{cm} = 31 \text{ GPa}$

OCEĽ B500B

Charakteristická medz klzu	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
Návrhová pevnosť ocele	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ocele	$E_s = 200 \text{ GPa}$
Minimálne pretvorenie ocele	$\varepsilon_s = 2,174 \text{ ‰}$

Pre návrh schodiska bol použitý betón triedy C30/37. Trieda prostredia pre schodisko je XC1. Betonárska výstuž bola navrhnutá triedy B500B.

BETÓN C30/37

Charakteristická pevnosť betónu v tlaku	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
Návrhová pevnosť betónu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$
Pevnosť betónu v ťahu	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
Pevnosť betónu v ťahu (dolný kvantil)	$f_{ctm,0,05} = 2 \text{ MPa}$
Pevnosť betónu v ťahu (horný kvantil)	$f_{ctm,0,95} = 3,8 \text{ MPa}$
Medzné pretvorenie v betóne	$\varepsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
Modul pružnosti betónu	$E_{cm} = 32 \text{ GPa}$

OCEĽ B500B

Charakteristická medz klzu	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
Návrhová pevnosť ocele	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ocele	$E_s = 200 \text{ GPa}$
Minimálne pretvorenie ocele	$\varepsilon_s = 2,174 \text{ ‰}$

7. DIMENZOVANIE

Stropná doska je navrhnutá na hrúbku 200 mm. Výstuž dosky je navrhnutá na návrhové kladné aj záporné ohybové momenty získané z modelu v programe SCIA Engineer. Doska je vystužená základným rastrom \emptyset 8/200 mm v oboch smeroch a následne doložená výstužou s priermi 8 a 12 mm v miestach vyšších ohybových momentov. V mieste vynechanej podpory je navrhnuté rebro, s pozdĺžnou výstužou s priemerom 20 mm a strmeňmi s priemerom 8 mm.

Prefabrikované schodisko bolo vystužené prútmi s priemerom 8 mm. Manipulačné úchyty sú navrhnuté pre dva stavy manipulácie – vyťahovanie z formy a osadenie schodiska na stavbe.

8. ZÁVER

Predmetom bakalárskej práce bolo navrhnuť a posúdiť nosnú konštrukciu objektu penziónu v súlade s aktuálne platnými normami. V rámci posúdenia bola vytvorená výkresová dokumentácia. S využitím BIM bol vytvorený digitálny model časti stavby s kompletnou výstužou. Navrhnuté konštrukčné prvky vyhovujú na medzný stav únosnosti a medzný stav použiteľnosti.

9. ZDROJE

9.1 NORMY

- [1] ČSN EN 206+A2. Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2021.
- [2] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Ed.2. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2021.
- [3] 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.
- [4] ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Ed.2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022.
- [5] ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007.

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

9.2 LITERATÚRA

- [8] ŠTĚPÁNEK, Petr, Ivailo TERZIJSKI, Ivana LÁNÍKOVÁ, Josef PANÁČEK a Petr ŠIMŮNEK. Prvky betonových konstrukcí BL001 Výukové texty, příklady a pomůcky. Brno, 2019.

9.3 PROGRAMY

SCIA Engineer 22.1
 Tekla Structures 2023
 Trimble Connect
 AutoCAD 2020
 Archicad 27
 Microsoft Office Word
 Microsoft Office Excel

10.ZOZNAM SKRATIEK

BIM	Building Information Management
BZK	Ústav betonových a zděných konstrukcí
KDK	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí
TZB	Ústav technických zařízení budov
PST	Ústav pozemního stavitelství
BEP	Plán realizace BIM
A	prierezová plocha
A_c	prierezová plocha betónu
A_s	prierezová plocha betonárskej výstuže
$A_{s,max}$	maximálna prierezová plocha betonárskej výstuže
$A_{s,min}$	minimálna prierezová plocha betonárskej výstuže
A_{sw}	prierezová plocha šmykovej výstuže
E_{cm}	sečnový modul pružnosti betonu
E_s	návrhová hodnota modulu pružnosti betonárskej ocele
f_d	návrhová hodnota zaťaženia
f_k	charakteristická hodnota zaťaženia
g_k	charakteristická hodnota stálého zaťaženia
L	dĺžka

M_{Ed}	návrhová hodnota pôsobiaceho vnútorného ohybového momentu
M_{Rd}	moment na medzi únosnosti
N_{Ed}	návrhová hodnota pôsobiacej normálovej sily
V_{Ed}	návrhová hodnota posúvajúcej sily
V_{Rds}	návrhová šmyková únosnosť strmeňov
v_{min}	minimálne šmykové napätie v betóne
b	šírka prierezu
\emptyset	priemer prútu
H	výška prierezu
d	účinná výška prierezu
x	vzdálenosť neutrálnej osi od tlačeneho okraja
f_{cd}	návrhová pevnosť betónu v tlaku
f_{ck}	charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku v 28 dňoch
f_{cm}	priemerná hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku
f_{ctk}	charakteristická pevnosť betónu v dostrednom ťahu
f_{ctm}	priemerná hodnota pevnosti betónu v dostrednom ťahu
f_{yd}	návrhová medz klzu betonárskej výstuže
f_{yk}	charakteristická medz klzu betonárskej výstuže
z	rameno vnútorných síl
c	krytie
c_{nom}	nominálna krycia vrstva
c_{min}	minimálna krycia vrstva
Δc_{dev}	prídavok k minimálnej krycej vrstve zohľadňujúci možné odchýlky
γ	objemová tiaž
γ_c	súčiniteľ spoľahlivosti materiálu pre betón
γ_s	súčiniteľ spoľahlivosti materiálu pre oceľ
l_{bd}	kotviaca dĺžka výstuže
$l_{bd,min}$	minimálna kotviaca dĺžka výstuže
$l_{bd,rqd}$	základná kotviaca dĺžka výstuže
α_1	vplyv tvaru prútu za predpokladu odpovedajúcej krycej vrstvy betónu
α_2	vplyv minimálnej betónovej krycej vrstvy
α_3	vplyv ovinutia priečnou neprivarenou výstužou
α_4	vplyv ovinutia priečnou privarenou výstužou
α_5	vplyv účinku ovinutia priečnym tlakom
α_5	vplyv tlaku kolmo na plochu betónu pozdĺž návrhovej kotviacej dĺžky
α_6	vplyv množstva stykovej výstuže

11. ZOZNAM PRÍLOH

P1 Použité podklady

P2. Výkresová dokumentácia

P2.1 Výkres tvaru

P2.2 Výkres dolnej výstuže dosky

P2.3 Výkres hornej výstuže dosky

P2.4 Výkres výstuže rebra

P2.5 Výkres tvaru a výstuže schodiska

P3. Statický výpočet

P3.1 Přílohy statického výpočtu

P.4 Digitální model číastkovej časti stavby

P.5 Plán realizácie BIM