



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 PŘÍSTAVBY OBJEKTU**

DESIGN OF THE REINFORCED CONCRETE CEILING STRUCTURE OF THE BUILDING
EXTENSION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Alžbeta Teplanová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. FRANTIŠEK GIRGLE, Ph.D.

BRNO 2022



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	Alžbeta Teplanová
Název	Návrh železobetonové stropní konstrukce přístavby objektu
Vedoucí práce	doc. Ing. František Girgle, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Základní stavební výkresy zpracováváné přístavby objektu: půdorysy jednotlivých podlaží, řezy, apod.

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.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadanou přístavbu objektu 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 (v rozsahu 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

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ 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).

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

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Alžbeta Teplanová *Návrh železobetonové stropní konstrukce přístavby objektu.*
Brno, 2022. 18 s., 94 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně,
Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing.
František Girgler, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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

V Brně dne 17. 5. 2022

Alžbeta Teplanová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

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

V Brně dne 17. 5. 2022

Alžbeta Teplanová
autor práce

POĎAKOVANIE

Chcela by som sa touto cestou poďakovať môjmu vedúcemu bakalárskej práce pánovi doc. Ing. Františku Girglemu, Ph.D. Ďakujem za všetky cenné rady, veľkú trpezlivosť a ochotu zodpovedať všetky moje otázky. V neposledníom rade ďakujem aj za predanie mnohých vedomostí. Ďakujem aj svojej rodine, ktorá ma v celom štúdiu plne podporuje a tiež kamarátom a skupine krásne svetlo modrej.

Obsah

1	Úvod	8
2	Popis konštrukcie	8
2.1	Zvislé konštrukcie	8
2.2	Vodorovné konštrukcie	9
3	Použité materiály	9
3.1	Betón C30/37	9
3.2	Betonárska výstuž B500B	9
3.3	Špecifikácia zmesy	9
3.4	Zaťaženie	10
4	Kombinácie	10
5	Dimenzovanie konštrukcie	11
6	Varianty stropnej konštrukcie	11
6.1	Doska s konštantnou hrúbkou	11
6.2	Trámový strop	11
7	Porovnanie variant	12
8	Záver	13
9	Zoznam príloh	14

1. Úvod

Cieľom bakalárskej práce bol návrh a posúdenie dvoch variant stropnej konštrukcie nad 3. nadzemným podlažím prístavby objektu. Stropná doska je navrhnutá v dvoch prevedeniach. Železobetónová stropná doska s konštantnou hrúbkou a stropná doska s rebrami. Železobetónová doska bola navrhnutá na medzný stav únosnosti ako krížom vystužená doska. Návrh výstuže bol vypočítaný pomocou výsledkov vnútorných síl z modelu stropnej konštrukcie v programe SCIA Engineer a zároveň kontrolovaný zjednodušenou ručnou metódou. Pre variant s rebrami - trámový strop bol výpočet prevedený rovnakým spôsobom. Druhý variant navyše obsahuje vypracovanie výkresovej dokumentácie, ktorá pozostáva z výkresu tvaru, výkresu spodnej a hornej výstuže dosky a výkresu výstuže prútových prvkov.

2. Popis konštrukcie

Zadaný objekt je navrhnutý ako prístavba administratívnej časti k pôvodnej budove divadla. V riešenom podlaží sú navrhnuté murované priečky s hrúbkami 100 mm, 150 mm a 200 mm. Svetlé rozpätia podlažia majú dĺžky $l_x = 14,00$ m a $l_y = 10,00$ m

2.1 Zvislé konštrukcie

Konštrukcia je tvorená murovanými nosnými stenami po obvode prístavby s hrúbkou 450 mm. Výška muriva pod stropnou doskou dosahuje 2,8 m. Zvislá nosná konštrukcia je tvorená len spomenutým obvodovým murivom, uprostred sa nenachádza iný nosný prvok, ktorý by dosku podopieral.

2.2 Vodorovné konštrukcie

Stropnú dosku tvoria dve varianty. Prvá je železobetónová doska s konštantnou hrúbkou 650 mm. Druhá varianta navrhnutá ako trámový strop je uložená na obvodovom rebre s konštantnou výškou.

3. Použité materiály

ČSN EN 1990 [5], ČSN EN 1991[6], ČSN EN 1992[7][8], príručky k ČSN [1][3]

3.1 Betón C30/37

Charakteristická valcová pevnosť: $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Súčiniteľ spoľahlivosti materiálu: $\gamma_c = 1,5$

Návrhová pevnosť materiálu: $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 30/1,5 = 20 \text{ MPa}$

Charakteristická pevnosť betónu v ťahu (5% kvantil): $f_{ctk;0,05} = 2,0 \text{ MPa}$

Návrhová pevnosť betónu v ťahu: $f_{ctd} = f_{ctk;0,05}/\gamma_c = 2,0/1,5 = 1,33 \text{ MPa}$

Charakteristická pevnosť betónu v ťahu: $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$

Modul pružnosti betónu: $E_{cm} = 32 \text{ GPa}$

Medzné pomerné pretvorenie betónu: $\epsilon_{cu3} = 3,5\%$

3.2 Betonárska výstuž B500B

Charakteristická medza klzu: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Súčiniteľ spoľahlivosti materiálu: $\gamma_s = 1,15$

Návrhová medza klzu: $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500/1,15 = 434,783 \text{ MPa}$

Modul pružnosti oceli: $E_s = 200 \text{ GPa} = 200000 \text{ MPa}$

Pomerné pretvorenie oceli: $\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s = 434,783/200000 = 2,17\%$

3.3 Špecifikácia zmesy

Trieda prostredia: XC1

Konzistencia: S4

Kamenivo: $D_{max} = 16$

Vodný súčiniteľ: $w=0,55$

Trieda prevedenia: 1

3.4 Zataženie

Riešená časť konštrukcie je zatažená stálym a premenným zatažením. Ako stále zataženie pôsobí vlastná tiaž konštrukcie, ostatné stále zataženie tvorené podlahovou konštrukciou, omietkou, priečkami a obvodovým murivom podlažia nad stropnou konštrukciou. Premenné zataženie je navrhnuté podľa ČSN EN 1991-1-1 [7], tab. 6.9, podľa ktorej zaradujeme administratívne budovy do kategórie B. Zataženie vetrom a snehom nie je predmetom riešenia tejto práce.

Pre výpočet boli vytvorené zatažovacie stavy:

ZS1 Vlastná tiaž

ZS2 Ostatné stále zataženie (podlaha)

ZS3 Ostatné stále zataženie (murivo)

ZS4 premenné zataženie (užité)

4. Kombinácie

Pre zjednodušený ručný výpočet boli použité kombinácie pre medzný stav únosnosti podľa rovníc 6.10a a 6.10b. V programe SCIA Engineer bola pre účel výpočtu a porovnania vygenerovaná jedna obálka pre medzný stav únosnosti, ktorá vychádza zo spomínaných rovníc. Predmetom tejto práce bolo navrhnúť a porovnať varianty stropnej konštrukcie. Z toho dôvodu sa pre zjednodušenie v prípade trámového stropu uvažovalo užité zataženie len pre jednu kombináciu a to pôsobenie užitého zataženia na celej ploche stropnej dosky.

Kombinácie MSÚ (STR) podľa ČSN EN 1990

Kombinačné rovnice:

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

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

kde "+" symbolizuje "kombinovaný s".

Predmetom tejto práce bolo navrhnúť a porovnať varianty stropnej konštrukcie. Z toho dôvodu sa pre zjednodušenie v prípade trámového stropu uvažovalo užité zataženie len

pre jednu kombináciu a to pôsobenie užitého zaťaženia na celej ploche stropnej dosky.[2]
[4]

5. Dimenzovanie konštrukcie

Konštrukcia je navrhnutá a posúdená na stav únosnosti podľa ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1 - 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Výpočet a návrh konštrukcie viď príloha P2 - Statický výpočet.

6. Varianty stropnej konštrukcie

6.1 Doska s konštantnou hrúbkou

Prvou variantou bol návrh plnej železobetónovej dosky s konštantnou hrúbkou 350 mm (hrúbka bola určená pomocou empirických vzťahov). Ďalej bol prevedený ručný výpočet momentov m_x a m_y pre účel porovnania výsledkov z programom SCIA Engineer, kde bola doska namodelovaná. Po porovnaní sa výsledky od seba nelíšili o vysoké percento, preto boli v nasledujúcich krokoch navrhované výstuže na výsledky z programu, kde zároveň boli výsledky presnejšie než zjednodušený ručný výpočet. Návrh výstuže krížom vystuženej dosky viď. príloha P2 - Statický výpočet.

6.2 Trámový strop

Druhou variantou bola navrhnutá stropná doska s rebrami. Pre účely návrhu a porovnania s prvou variantou boli rozmery zvolené nie náhodne, ale aby sa momenty zotrvačnosti prvkov približne zhodovali. Pri návrhu trámu so zaťažovacou šírkou 2,0 m sa vypočítal moment zotrvačnosti rebra o výške $h_t = 700\text{mm}$.

Moment zotrvačnosti I-prvku z trámu:

$$I_i = \frac{1}{12} \cdot b_w \cdot h_t^3 = \frac{1}{2} \cdot 0,25 \cdot 0,7^3 = 7,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

Moment zotrvačnosti dosky s rovnakou zaťažovacou šírkou 2,0 m:

$$I_d = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h_s^3 = \frac{1}{2} \cdot 2,0 \cdot 0,35^3 = 7,15 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

Následný výpočet a návrh bol uskutočnený rovnako ako v prvej variante s využitím vý-

sledkov z programu a prípadným ručným overením - vid. príloha P2 - Statický výpočet.

7. Porovnanie variant

Vzájomne je možné porovnať spotrebu betónu resp. hmotnosť konštrukcie a lineárny prie-
hyb.

Vlastná tiaž plnej železobetónovej dosky:

$$g_{k,d} = h_s \cdot Z\check{S} \cdot \gamma_c = 0,35 \cdot 2,0 \cdot 25 = 17,5 \text{ kN/bm}$$

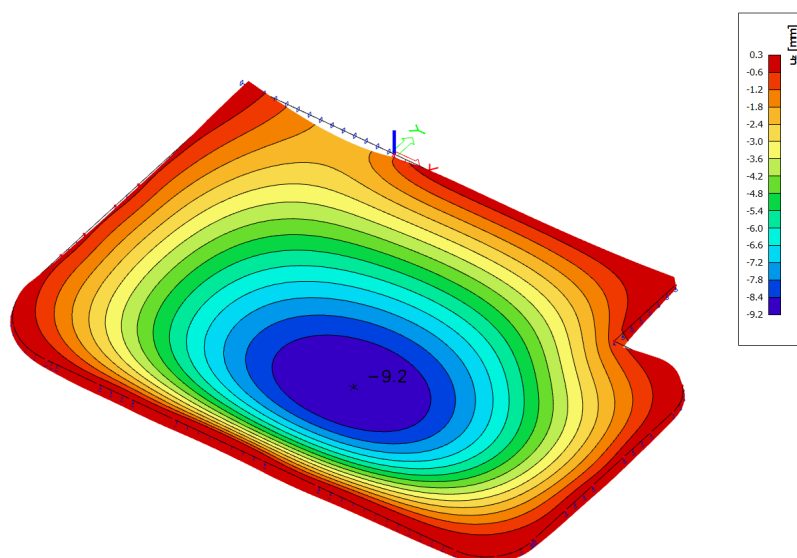
Vlastná tiaž T-prierezu:

$$g_{k,t} = (h_s \cdot Z\check{S} + b_w \cdot (h_z - h_s)) \cdot \gamma_c = (0,08 \cdot 2,0 + (0,7 - 0,08)) \cdot 25 = 7,9 \text{ kN/bm}$$

$$g_{k,d} = 17,5 \text{ kN/bm} > g_{k,t} = 7,9 \text{ kN/bm}$$

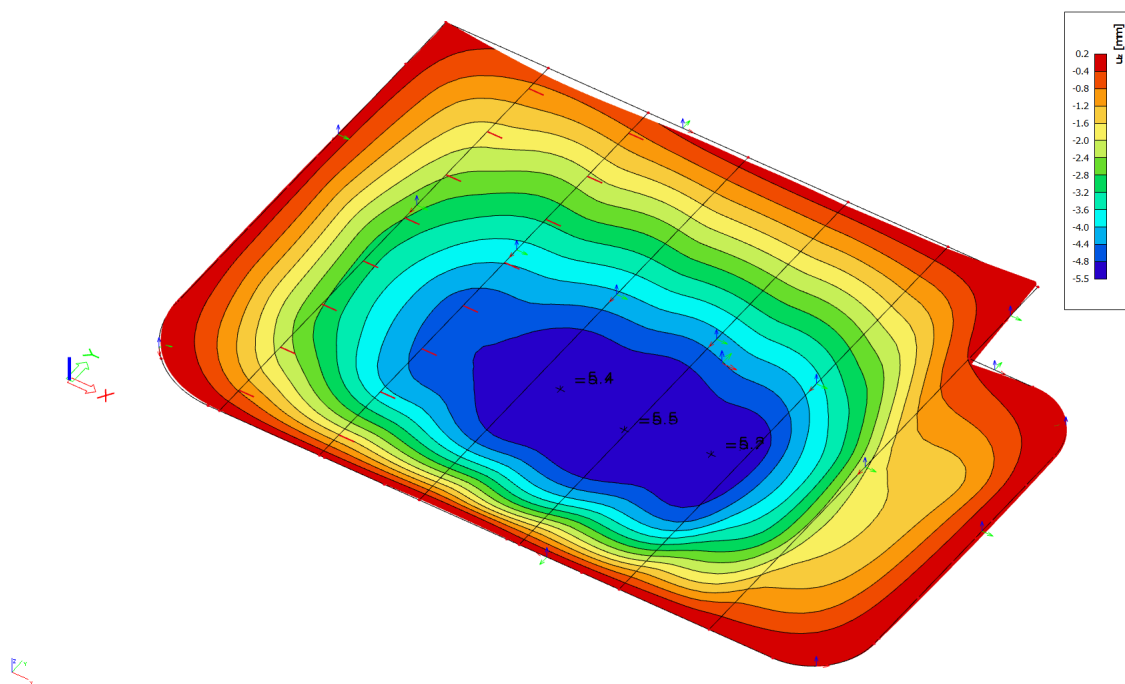
Lineárny prieťah železobetónovej dosky: $w=9,2 \text{ mm}$

3D přemístění
Hodnoty: u_z
Lineární výpočet
Kombinace: MSP-Char (auto)
Výběr: Vše
Poloha: V uzlech s průměrováním na
makro. Systém: LSS prvku síť



Obrázok 7.1: Lineárny prieťah dosky konštantnej hrúbky

Lineárny prieťahtrámového stropu: $w=5,5 \text{ mm}$



Obrázok 7.2: Lineárny priehyb stropnej dosky s rebrami

8. Záver

Obidve varianty boli navrhnuté na medzný stav únosnosti a vyhovelí návrhu. Z hľadiska spotreby betónu, vlastnej tiaže konštrukcie a priehybov je výhodnejšia varianta stropnej dosky s rebrami.

9. Zoznam príloh

P1 – Použité podklady

1. Pôdorys 4NP
2. Rez B-B

P2 – Statický výpočet

1. Statický výpočet

P3 – Výkresová časť

1. Výkres tvaru - strop nad 3NP
2. Dolná výstuž dosky - strop nad 3NP
3. Horná výstuž dosky - strop nad 3NP
4. Výstuž - pohľady

Literatúra

- [1] HOLICKÝ, M., MARKOVÁ, J. a SÝKORA, M. *Zatížení stavebních konstrukcí příručka k ČSN EN 1991*. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093-89-4.
- [2] PROCHÁZKA, J. *Betonové stropní a schodišťové konstrukce*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2018. ISBN 9788001063231.
- [3] PROCHÁZKA, J., ŠMEJKAL, J., VÍTEK, J. L. a VAŠKOVÁ, J. *Navrhování betonových konstrukcí příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87438-03-9.
- [4] ZICH, M. a BAŽANT, Z. *Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN 978-80-7204-693-5.
- [5] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. 2. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2015.
- [6] 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.
- [7] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí — Část 1-1, Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. 2. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [8] ČSN EN 1992-1-1. *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*. 2. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.