



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

ŽELEZOBETONOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY

REINFORCED CONCRETE STRUCTURE OF OFFICE BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Juraj Lagiň

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK GIRGLE, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Juraj Lagiň
Název	Železobetonová nosná konstrukce administrativní budovy
Vedoucí práce	Ing. František Girgle, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

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

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

PODKLADY A LITERATURA

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

Platné návrhové normy 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 EN 206: Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda.

Další literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadaný objekt proveďte statický návrh vybraných částí konstrukce. Řešení proveďte pomocí vhodného MKP programu. Dále proveďte kontrolu výsledků pomocí vhodné zjednodušené ruční metody. Práce bude obsahovat dimenzování vybrané části konstrukce (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

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x)

Popisný soubor závěrečné práce (1x)

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 VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. František Girgale, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalárska práca rieši statický posudok a porovnanie dvoch variant železobetónovej stropnej dosky administratívnej budovy. Prvý variant, navrhnutý ako doska s plným prierezom, je porovnaný s variantom dosky, ktorá je prevedená ako vyľahčená doska pomocou tvaroviek U-boot. Konštrukcia je navrhnutá a posúdená na medzný stav použiteľnosti v súlade s ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Lokálne podopretá stropná doska, vyľahčená doska, U-Boot, výstuž, medzný stav únosnosti

ABSTRACT

The Bachelor thesis deals with structural solution and comparing of the two variants OF reinforced concrete slab structure of administrative building. First variant, designed like a slab with full section, is being compared with a variant of slab, which is designed like a voided slab by formwork U-boot. The structure is designed and assessed for ultimate limit state in accordance with ČSN EN 1992-1-1: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for building.

KEYWORDS

Locally supported slab, voided slab, U-Boot, armature, ultimate limit state

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Juraj Lagiň *Železobetonová nosná konstrukce administrativní budovy*. Brno, 2018. 21 s.,78 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. František Girgler, Ph.D.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že bakalársku prácu som spracoval samostatne a že som uviedol všetky použité informačné zdroje.

V Brne dňa 25.5.2018

.....
podpis autora
Juraj Lagiň

POĎAKOVANIE

Touto cestou by som rád poďakoval vedúcemu mojej bakalárskej práce pánovi Ing. Františku Girglemu, Ph.D. Ďakujem za čas, ktorý mi počas štúdia venoval, ochotu a trpezlivosť pri zodpovedaní otázok, a v neposlednom rade za predanie mnohých vedomostí a odborných skúseností. Veľká vďaka patrí taktiež mojej rodine, za ich podporu a možnosť štúdia.



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

ŽELEZOBETONOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY

REINFORCED CONCRETE STRUCTURE OF OFFICE BUILDING

A) TECHNICKÁ SPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Juraj Lagiň

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. FRANTIŠEK GIRGLE, Ph.D.

BRNO 2018

OBSAH

1.	ÚVOD	2
2.	POPIS KONŠTRUKCIE.....	2
2.1	ZVISLÉ KONŠTRUKCIE	2
2.2	VODOROVNÉ KONŠTRUKCIE.....	2
3.	POUŽITÉ MATERIÁLY	3
4.	ZAŤAŽENIE.....	4
5.	KOMBINÁCIE.....	4
6.	DIMENZOVANIE.....	5
7.	VARIANTY RIEŠENEJ KONŠTRUKCIE	6
7.1	DESKA PLNÁ.....	6
7.2	DESKA VYĽAHČENÁ.....	6
8.	POROVNANIE JEDNOTLIVÝCH VARIANT	7
8.1	MATERIÁLOVÁ NÁROČNOSŤ	7
8.1.1	PLNÁ DOSKA	7
8.1.2	VYĽAHČENÁ DOSKA	7
8.1.3	POROVNANIE SPOTREBY BETÓNU	7
8.2	POROVNANIE TUHOSTÍ.....	7
8.3	LINEÁRNY PRIEHYB	8
8.3.1	PLNÁ DOSKA	8
8.3.2	VYĽAHČENÁ DOSKA	8
8.3.3	POROVNANIE LINEÁRNEHO PRIEHYBU.....	8
8.4	NÁVRHOVÉ OHYBOVÉ MOMENTY.....	9
8.4.1	POROVNANIE NÁVRHOVÝCH OHYBOVÝCH MOMENTOV	9
9.	ZÁVER.....	10
10.	LITERATÚRA.....	11

1. ÚVOD

Cieľom bakalárskej práce bol návrh a posúdenie nosnej konštrukcie administratívnej budovy z hľadiska medzného stavu únosnosti v 7. nadzemnom podlaží. Stropná doska bola spracovaná v dvoch variantoch. Prvý variant je plná železobetónová doska, pre ktorú bol spracovaný návrh ohybovej výstuže a posúdenie z hľadiska dlhodobého priehybu. Druhý variant je železobetónová doska s použitím vyľahčovacích tvaroviek U-Boot od spoločnosti Daliform. Pre vyľahčený variant bola rovnako navrhnutá ohybová výstuž a výstuž na pretlačenie. Tento variant bol spracovaný aj do výkresovej dokumentácie, ktorá obsahuje výkres tvaru, výkres hornej a spodnej výstuže a výkres výstuže na pretlačenie.

2. POPIS KONŠTRUKCIE

Zadaný objekt je umiestnený v lokalite Brno. Je navrhnutý ako administratívna budova s dvoma suterénymi podlažiami a trinástimi nadzemnými podlažiami. Maximálne pôdorysné rozmery sú 58,6 x 43,4m so svetlou výškou 3,00m v nadzemných podlažiach. V riešenom podlaží sú uvažované kancelárske priestory s jednoduchými sadrokartónovými priečkami. V suterénnych podlažiach sú navrhnuté parkovacie miesta.

2.1 ZVISLÉ KONŠTRUKCIE

Nosné prvky konštrukcie tvoria železobetónové monolitické stĺpy so štvorcovými rozmermi o veľkosti 550 x 550mm. V centre konštrukcie je stužujúce jadro o rozmeroch 16,5x9,8m, tvorené železobetónovými nosnými stenami o hrúbke 300mm. Výšky stĺpov a stien sú 3,45m medzi jednotlivými stropnými konštrukciami podlaží.

Obvodový plášť je riešený pomocou nosných hliníkových profilov, dodatočne kotvených do jednotlivých podlaží.

2.2 VODOROVNÉ KONŠTRUKCIE

Stropná doska bola navrhnutá a posúdená v dvoch variantoch. Prvým variantom je plná železobetónová doska o hrúbke 300mm. Druhý variant je doska vyľahčená tvarovkami U-Boot s rovnakou hrúbkou.

Medzi vodorovné konštrukcie zaťažujúce konštrukciu patrí podlaha, ktorá v kancelárskych priestoroch bola prevedená pomocou linolea. K stropnej doske patrí aj zariadenie ZTI systému, ktorý je na doske zavesený a krytý sadrokartónovým podhl'adom.

3. POUŽITÉ MATERIÁLY

Podľa ČSN EN 1990 [1] a ČSN EN 206+A1 [14].

BETÓN C30/37

Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
Návrhová pevnosť betónu v tlaku	$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$
Súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_c = 1,5$
Charakteristická pevnosť betónu v ťahu (5% kvantil)	$f_{ctk;0,05} = 2,0 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnosť betónu v ťahu	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
Modul pružnosti betónu	$E_{cm} = 32 \text{ GPa}$
Medzné pomerné pretvorenie betónu	$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
Poissonovo číslo	$\mu = 0,2$

BETÓN C45/55

Charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku	$f_{ck} = 45 \text{ MPa}$
Návrhová pevnosť betónu v tlaku	$f_{cd} = 30 \text{ MPa}$
Súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_c = 1,5$
Charakteristická pevnosť betónu v ťahu (5% kvantil)	$f_{ctk;0,05} = 2,7 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnosť betónu v ťahu	$f_{ctm} = 3,8 \text{ MPa}$
Modul pružnosti betónu	$E_{cm} = 35 \text{ GPa}$
Medzné pomerné pretvorenie betónu	$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$

ŠPECIFIKÁCIA ZMESY

Trieda prostredia
Konzistencia
Kamenivo
Vodný súčiniteľ
Trieda prevedenia

PLNÁ/VYLAHČENÁ

XC1
S3 / S4
$D_{max} = 8/16 / 4/8$
$w = 0,55$
2

BETONÁRSKÁ VÝSTUŽ B500B

Charakteristická medza klzu	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
Návrhová medza klzu	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$
Súčiniteľ spoľahlivosti materiálu	$\gamma_s = 1,15$
Modul pružnosti oceli	$E_s = 200 \text{ GPa}$

4. ZAŤAŽENIE

Zaťaženie, ktoré musí konštrukcia prenášať, je zaťaženie stále a zaťaženie premenné. Medzi zaťaženie stále sa radí vlastná tiaž konštrukcie, zaťaženie od opláštenia objektu, tiaž podlahy a v podhľade systém ZTI v spojení so sadrokartónovým podhľadom. Premenné zaťaženie pôsobiace na objekt je zaťaženie snehom, vetrom a užitné zaťaženie. Premenné zaťaženie bolo navrhnuté podľa ČSN EN 1991-1-1, tab. 6.9 kde užitné zaťaženie sa pre administratívne budovy uvažuje podľa kategórie B. Objekt umiestnený v meste Brno spadá do kategórie budov s charakteristickým zaťažením snehom I [3]. Okolie žiadnym spôsobom neovplyvňuje a nekryje objekt, teda je zaradený do otvoreného typu krajiny. Z hľadiska zaťaženia vetrom [4] je uvažovaná veterná oblasť II s parametrom drsnosti terénu III.

Zaťaženie vetrom vzhľadom na výšku objektu vyvodzuje značné zaťaženia. Vzhľadom na nepomer tuhosti vo vodorovnom smere stužujúceho jadra a stĺpov, je možné prisúdiť zaťaženie vetrom výlučne stužujúcemu jadru konštrukcie, vďaka čomu je možné vyšetřovať samostatne jedno podlažie.

Pre výpočet boli vytvorené zaťažovacie stavy:

ZS1 Vlastná tiaž

ZS2 Ostatné stále zaťaženia

ZS3 Líniové stále zaťaženia

ZS4 Užitné plné

ZS5 Užitné Šach 1

ZS6 Užitné Šach 2

ZS7 Užitné Pásky - smer X 1

ZS8 Užitné Pásky - smer X 2

ZS9 Užitné Pásky – smer Y 1

ZS10 Užitné Pásky – smer Y 2

5. KOMBINÁCIE

Kombinácie MSÚ (STR) podľa ČSN EN 1990 [1]

Rovnice:

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

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

Pre nasimulovanie zaťažovacích stavov, ktoré môžu v konštrukciách nastať, boli vytvorené kombinácie zaťaženia pomocou softwaru SCIA Engineer. Pre stále zaťažovacie stavy platí, že pôsobia na konštrukciu za každých podmienok. Užitné zaťaženia boli pridané do samostatnej výberovej skupiny, pričom software vždy vyberá ich kombináciu tak, aby vyvodzovali maximálne vnútorné sily v konštrukciách.

Kombinácie MSP (STR) podľa ČSN EN 1990 [1].

Pre MSP bola kombinácia uvažovaná ako charakteristická a kvazistála. Charakteristická zohľadňuje okamžitý prieťah konštrukcie, teda bez uvažovania dotvarovania a zmršťovania materiálu. Kvazistála kombinácia sa uvažuje pre výpočet dlhodobého prieťbu konštrukcie, ktorá zahŕňa aj zmršťovanie a dotvarovanie konštrukcie s ohľadom na navrhovanú dĺžku životnosti konštrukcie.

Rovnice:

Charakteristická:

$$(6.15a): \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + "Q_{k,1} " + " \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kvazistála:

$$(6.12b): \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + " \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Súčinitele spoľahlivosti:

- Stále zaťaženie $\gamma_{Gj}=1,35$
- Premenné zaťaženie $\gamma_{Qj}=1,50$

Kombinačné súčinitele Ψ pre užitné zaťaženia kategórie B – administratívne budovy:

$$\begin{aligned} \Psi_0 &= 0,7 \\ \Psi_1 &= 0,7 \\ \Psi_2 &= 0,6 \end{aligned}$$

6. DIMENZOVANIE

Konštrukcia je navrhnutá a posúdená na medzný stav únosnosti (namáhanie šmykom a ohybom) a medzný stav použiteľnosti (prieťah) podľa ČSN EN 1992 – 1 – 1: Navrhování betonových konstrukcí- Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby [5] a zároveň posúdená na medzný stav únosnosti (namáhanie šmykom a ohybom) a medzný stav použiteľnosti (prieťah) v súlade s ČSN EN 1990 ed.2. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. [1]. Podrobný návrh a posúdenie konštrukcie viz. príloha – P2 -Statický výpočet.

7. VARIANTY RIEŠENEJ KONŠTRUKCIE

7.1 DESKA PLNÁ

Prvým spracovaným variantom je variant plnej dosky o hrúbke 300mm. Pre dosku bol vo vybraných oblastiach prevedený ručný návrh ohybovej výstuže a pomocou SCIA Engineer. Pre tento variant bol tiež prevedený výpočet dlhodobého priehybu pomocou softwaru, ktorý bol porovnaný s ručným výpočtom.

7.2 DESKA VYĽAHČENÁ

Druhým variantom je prevedenie dosky pomocou vyľahčovacích tvaroviek U-Boot od firmy Daliform. Pre lepšie porovnanie bola ponechaná hrúbka 300mm. V konštrukcii boli použité tvarovky o výške 160mm s pôdorysným rozmerom 520x520mm. Tvarovky sú ukladané na nožičky o výške 70mm, ktoré sa volia podľa požiadaviek na hrúbku spodnej dosky. Vzájomná vzdialenosť tvaroviek je zaisťovaná distančnými lištami. Medzi tvarovkami tak vznikajú rebrá, ktoré sú rozhodujúce pre prenos vnútorných síl. Pre návrh boli zvolené rebrá o šírke 160mm.

Výstavba konštrukcie začína prevedením debnenia, uložením dolnej výstuže, tvaroviek a následne hornej a šmykovej výstuže. Doska je betónovaná v dvoch fázach. V prvej fáze sú tvarovky zaliate do 1/3 svojej výšky z dôvodu zamedzenia vyplávania. V čase, keď je betón ešte v polotekutom je doska dobetónovaná do svojej plnej hrúbky. Týmto stavom sa rozumie stav, keď už skončilo tuhnutie, no ešte neprebehlo tvrdnutie betónu, Tento čas odpovedá približne jednému dňu.

Vyľahčovacie prvky sú v doske umiestňované do oblastí, kde konštrukcia nie je náchylná na pretlačenie, teda do polí. Pre zvýšenie tuhosti konštrukcie boli medzi jednotlivými podporami navrhnuté oblasti plného prierezu.

Vzhľadom k tomu, že sa prierez vyľahčenej dosky v jednotlivých miestach líši, doska spadá medzi ortotropné konštrukcie. Ortotropiou sa tiež rozumie pravouhlá anizotropia, ktorá vyjadruje závislosť vlastností veličiny na smere. Ortotropia sa delí na fyzikálnu a tvarovú.

Fyzikálna ortotropia je daná vlastnosťami materiálu, ktoré môžu byť v rôznych smeroch odlišné. Medzi tieto sa radí napríklad drevo.

Tvarovou ortotropiou, do ktorej spadá aj vyšetovaná doska, rozumieme zmenu vlastností vzhľadom na meniaci sa prierez.

Pre výpočet konštrukcie boli spočítané jednotlivé matice tuhosti podľa [9], kde D_{11} a D_{22} udávajú ohybovú tuhosť, D_{12} kontrakčnú tuhosť, D_{33} torznú tuhosť a D_{44} a D_{55} tuhosť v krútení. Oblasti plného prierezu boli zadefinované ako podoblasti, ktorým odpovedá tuhosť dosky s plným prierezom. Výpočet jednotlivých hodnôt je uvedený v statickom výpočte.

Vzhľadom k vyľahčeniu konštrukcie dochádza aj k zmene vlastnej tiaže konštrukcie. Zaťažovací stav od vlastnej tiaže konštrukcie bol zadefinovaný ručne.

8. POROVNANIE JEDNOTLIVÝCH VARIANT

8.1 MATERIÁLOVÁ NÁROČNOSŤ

8.1.1 PLNÁ DOSKA

Plocha dosky: $S = 2103,6 \text{ m}^2$

Objemová hmotnosť železobetónu: $\gamma_c = 2500 \text{ kg/m}^3$

Objem betónu v doske: $V_{plná} = 618,09 \text{ m}^3$

Hmotnosť dosky $m_{plná} = 1545,2 \text{ t}$

8.1.2 VYĽAHČENÁ DOSKA

Plocha dosky: $S = 2103,6 \text{ m}^2$

Objemová hmotnosť železobetónu: $\gamma_c = 2500 \text{ kg/m}^3$

Počet tvaroviek: 2268 ks

Objem tvaroviek $V_{tvarovky} = 90,72 \text{ m}^3$

Objem betónu v doske: $V_{plná} = 527,37 \text{ m}^3$

Hmotnosť dosky $m_{plná} = 1318,4 \text{ t}$

8.1.3 POROVNANIE SPOTREBY BETÓNU

VARIANT	PLNÁ	VYĽAHČENÁ	[%]
SPOTREBA [m^3]	618,09	527,37	-14,7
HMOTNOSŤ [t]	1545,2	1318,4	-14,7

Tab. 1: Porovnanie spotreby betónu

8.2 POROVNANIE TUHOSTÍ

D_{11}, D_{22} - ohybová tuhosť

D_{12} - kontrakčná tuhosť

D_{33} - torzná tuhosť

D_{44}, D_{55} - šmyková tuhosť

MATICE	PLNÁ [MNm]	VYĽAHČENÁ [MNm]	[%]
D_{11}	76,87	66,67	-13,3
D_{22}	76,87	66,67	-13,3
D_{12}	15,37	13,33	-13,3
D_{33}	30,75	7,35	-76,1
D_{44}	3416,7	570,8	-83,3
D_{55}	3416,7	570,8	-83,3

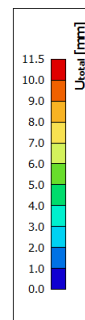
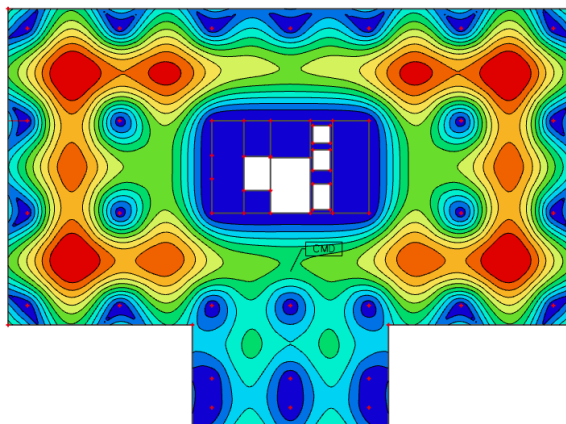
Tab. 2: Porovnanie matíc tuhosti

8.3 LINEÁRNY PRIEHYB

8.3.1 PLNÁ DOSKA

2D premiestnenie

Hodnoty: U_{total}
Lineárny výpočet
Kombinácia: CO2 - MSP - char.
Výber: Všetko
Poloha: V uzloch, priem. na prvku.
Systém: LSS prvku siete
Extrém: Globálny

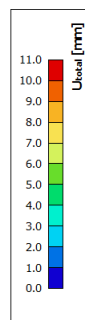
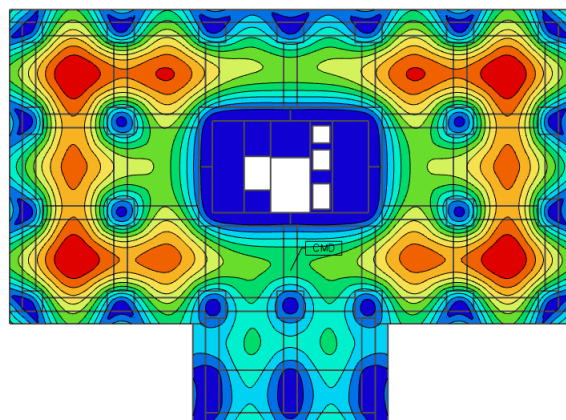


Obr. 1: Lineárny priehyb - plná doska

8.3.2 VYLAHČENÁ DOSKA

2D premiestnenie

Hodnoty: U_{total}
Lineárny výpočet
Kombinácia: CO2 - MSP - char.
Výber: Všetko
Poloha: V uzloch, priem. na prvku.
Systém: LSS prvku siete
Extrém: Globálny



Obr. 2: Lineárny priehyb - vylahčená doska

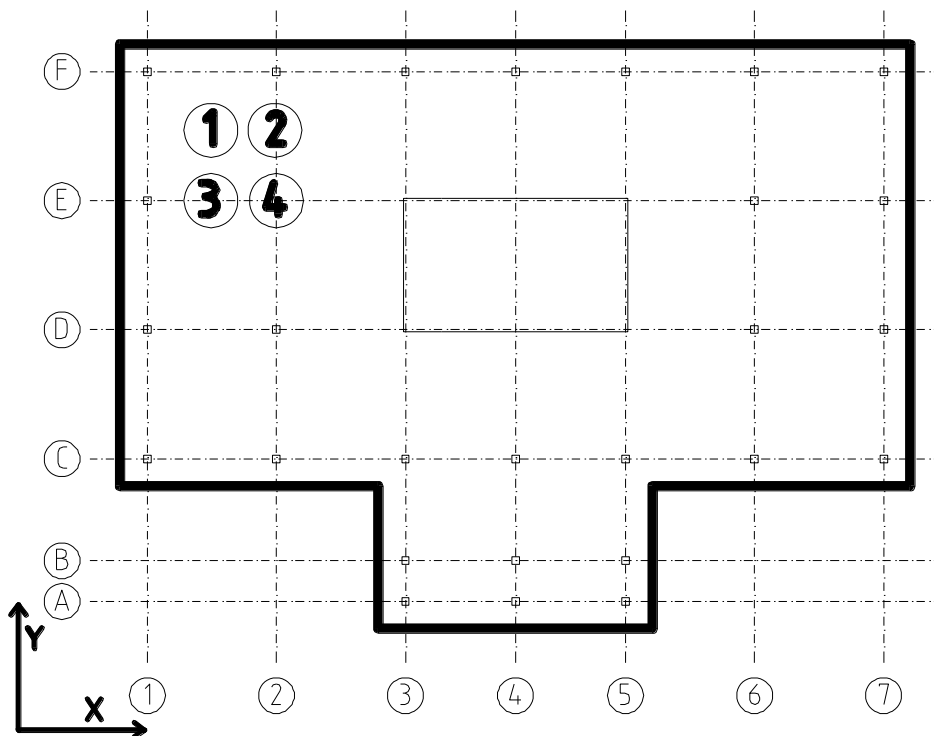
8.3.3 POROVNANIE LINEÁRNEHO PRIEHYBU

1	PLNÁ [mm]	VYLAHČENÁ [mm]	[%]
PRIEHYB	11,5	11	-4,3

Tab. 3: Porovnanie lineárnych priehybov

8.4 NÁVRHOVÉ OHYBOVÉ MOMENTY

Pre porovnanie ohybových momentov, boli na konštrukcii vybrané 4 miesta, na ktorých boli ohybové momenty odčítané a následne porovnané.



Obr. 3: Porovnávané miesta na konštrukcii

8.4.1 POROVNANIE NÁVRHOVÝCH OHYBOVÝCH MOMENTOV

1	PLNÁ [kNm/m]	VYĽAHČENÁ [kNm/m]	[%]
Mx-	64,31	46,12	-28,3
My-	71,44	52,91	-25,9

2	PLNÁ [kNm/m]	VYĽAHČENÁ [kNm/m]	[%]
Mx+	27,11	12,26	-54,8
My-	96,04	103,98	8,3

3	PLNÁ [kNm/m]	VYĽAHČENÁ [kNm/m]	[%]
My+	24,09	15,64	-35,1
Mx-	89,15	97,33	9,2

4	PLNÁ [kNm/m]	VYĽAHČENÁ [kNm/m]	[%]
Mx+	331,21	320,88	-3,1
My+	336,07	320,88	-4,5

Tab. 4: Porovnanie ohybových momentov vo vybraných miestach

9. ZÁVER

Pri použití tvaroviek U-Boot dochádza k poklesu tuhosti konštrukcie. V prípade ohybových tuhosti D_{11} a D_{22} , ktoré sú rozhodujúce pre prenos ohybových momentov, až o 13,3%.

Z hľadiska spotreby materiálu a hmotnosti konštrukcie jasne vyhráva variant s použitím U-Boot tvaroviek, pričom dochádza k šetreniu až 14,7% betónu. Tento fakt sa na prvý pohľad javí ako šetrenie finančných prostriedkov, je však nutné zvážiť ďalšie skutočnosti. Cena jednotlivých tvaroviek a taktiež pracnosť a požiadavky pre návrh navyšujú rozpočet. Je teda možné tvrdiť, že finančná náročnosť oboch variant je približne rovnaká.

Zníženie hmotnosti konštrukcie však zjednodušuje požiadavky pre zakladanie. Odľahčením konštrukcie je možné objekty zakladať v horších podmienkach, prípadne navrhovať menej masívne základy.

Odľahčením konštrukcie došlo v mieste poľa k poklesu ohybových momentov, približne až o 26%. V miestach s označením 2 a 4 vo vyľahčenom variante sú vytvorené stužujúce pásy s plným prierezom. Konštrukcia sústreďuje vnútorné sily do tuhších miest, z čoho vyplýva ich nárast pri spodnom povrchu.

Konštrukcia s použitím tvaroviek U-Boot sa javí ako mäkkšia, no znížením hmotnosti dochádza k poklesu okamžitého priehybu, približne o 4,3%. S poklesom okamžitého priehybu je možné predpokladať, že dochádza aj k poklesu dlhodobého priehybu. Nakoľko v prípade plnej dosky sme limitovaný práve maximálnym dlhodobým priehybom, a nie je možné zvoliť tenšiu dosku, zníženie priehybu v prípade vyľahčenej dosky dáva možnosť zvoliť tenšiu dosku, čo by v konečnom dôsledku viedlo k ďalšiemu šetreniu materiálu a zníženiu hmotnosti konštrukcie.

Výhody vyľahčených dosiek sa teda prejaví najmä u konštrukcií s veľkými rozpätiami, mnohými podlažiami a v miestach so zložitými podmienkami zakladania.

10. LITERATÚRA

- [1] ČSN EN 1990 ed.2. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2015
- [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. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013
- [4] ČSN EN 1991-1-4 ed.2. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013
- [5] 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
- [6] ČSN 73 1201. *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010
- [7] ČSN EN 1992-1-1 ed.2 Změna 1: *Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- [8] DALIFORM, *Disposable formwork for two-way voided slabs in reinforced concrete cast on site*. [online] <https://www.daliform.com/flipbook/inglese/uboot-en/mobile/index.html#p=1U-BOOT>
- [9] KOLÁŘ, Vladimír. *Fyzikálně a tvarově ortotropní desky*. Brno: FEM Consulting s.r.o., ©1993
- [10] ŠTEPÁNEK Petr, Zmek Bohuslav. *Prvky betonových konstrukcí. Modul M03, [BL01-M03]: Navrhování dle ULS- Kombinace ohyb – síla, místní namáhání, prostý beton. Navrhování dle SLS*.
- [11] BAŽANT, Zdeněk. *Betonové konstrukce I. Modul CS3 [BL05-CS3]: Betonové konstrukce plošné -část 1*. Brno: Vysoké učení technické, 2005
- [12] BAŽANT, Zdeněk. *Betonové konstrukce I. Modul CS4 [BL05-CS4]: Betonové konstrukce plošné -část 2*. Brno: Vysoké učení technické, 2004
- [13] PROCHÁZKA Jaroslav, Šmejkal Jiří, Vítek L. Jan, Vašková Jitka. *Navrhování betonových konstrukcí příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. Praha 2010, ISBN 978-80-87438-03-9.
- [14] ČSN EN 206+A1: *Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV:

g_k	charakteristická hodnota stáleho zaťaženia
q_k	charakteristická hodnota užitného zaťaženia
g_d	návrhová hodnota stáleho zaťaženia
q_d	návrhová hodnota užitného zaťaženia
h	hrúbka dosky
l	osové rozpätie
V_{Ed}	posúvajúca sila
f_{yk}	charakteristická hodnota medze klzu
f_{yd}	návrhová hodnota medze klzu
$f_{ywd,eff}$	návrhová hodnota medze klzu šmykovej výstuže
f_{ck}	charakteristická hodnota pevnosti betónu v tlaku
f_{cd}	návrhová hodnota pevnosti betónu v tlaku
f_{ctm}	stredná hodnota pevnosti betónu v dostrednom ťahu
ε_{cu}	mezdné pomerné pretvorenie betónu v tlaku
ε_s	pomerné pretvorenie betonárskej výstuže
E	modul pružnosti daného materiálu
k	ohybová tuhosť prvku
c_{nom}	nominálne krytie výstuže vrstvou betónu
A_s	navrhnutá plocha výstuže
$A_{s,min}$	minimálna plocha výstuže
$A_{s,max}$	maximálna plocha výstuže
$A_{s,req}$	nutná plocha výstuže
b	šírka prierezu
d	účinná výška prierezu
x	poloha neutrálnej osy
z	rameno vnútorných síl
M_{Rd}	moment na medzi únosnosti
V_{Ed}	maximálne šmykové napätie
$V_{Rd,c}$	šmyková únosnosť prvku bez šmykovej výstuže
$V_{Rd,cs}$	šmyková únosnosť prvku so šmykovou výstužou
ρ	stupeň vystuženia
γ_c	súčiniteľ spoľahlivosti betónu
γ_s	súčiniteľ spoľahlivosti výstuže

ZOZNAM PRÍLOH:

P1 - POUŽITÉ PODKLADY

- | | |
|-----------------|-------|
| 1) PÔDORYS 7.NP | 1:100 |
| 2) POZDĹŽNY REZ | 1:100 |

P2 - STATICKÝ VÝPOČET

- P2.1) STATICKÝ VÝPOČET
- P2.2) DIMENZOVANIE VÝSTUŽE
- P2.3) VÝPOČET PRETLAČENIA
- P2.4) DLHODOBÝ PRIEHYB PLNEJ DOSKY
- P2.5) TEORETICKÁ ČASŤ

P3 - VÝKRESOVÁ ČASŤ

- | | |
|--|-------|
| 1) VÝKRES TVARU – PLNÁ DOSKA | 1:100 |
| 2) VÝKRES TVARU – VYĽAHČENÁ DOSKA | 1:100 |
| 3) VÝKRES VÝSTUŽE – DOLNÝ POVRCH + VÝSTUŽ NA REŤAZOVÉ ZRÚTENIE | 1:100 |
| 4) VÝKRES VÝSTUŽE – HORNÝ POVRCH | 1:100 |
| 5) DETAILS PRETLAČENIA | 1:20 |