



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

**ZASTŘEŠENÍ PODZEMNÍHO PARKOVIŠTĚ
BETONOVOU DESKOU**

CONCRETE SLAB ROOF OF UNDERGROUND PARKING GARAGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Řihošek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2019



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	Jan Řihošek
Název	Zastřešení podzemního parkoviště betonovou deskou
Vedoucí práce	Ing. Jan Perla
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Půdorysy a řezy objektu.

Základní normy (včetně všech změn a doplňků):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991: Zatížení konstrukcí (část 1-1, 1-3 až 1-7)

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura:

podle doporučení vedoucího bakalářské práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Konstrukční projekt stropní desky jednopodlažního podzemního parkoviště - při návrhu bude respektována parková úprava na desce před vstupem do areálu vysoké školy a bude provedeno posouzení přetvoření betonové konstrukce. Statický výpočet bude obsahovat i ověření účinků přibližnými metodami řešení.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic).

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady.

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

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce).

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1×).

Popisný soubor závěrečné práce (1×).

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1× 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 uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Jan Perla

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá zastřešením podzemního parkoviště železobetonovou lokálně podepřenou deskou. Cílem práce je zjištění vnitřních sil na železobetonové desce ve dvou konstrukčních variantách, návrh a posouzení jedné varianty. Výpočet vnitřních sil je proveden pomocí metody náhradních rámců a MKP na 2D modelu v programu Dlubal RFEM 5.17. Práce dále obsahuje návrh a posouzení jednoho sloupu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Lokálně podepřená deska, vegetační střecha, zelená střecha, monolitická konstrukce, železobeton, sloup, výztuž, metoda náhradních rámců, metoda konečných prvků, vnitřní síly, průhyb, dilatační trny

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with the roofing of the underground parking garage with reinforced point-supported slab. The aim of the work is to find out the internal forces on reinforced slab for two of the construction variants, design and check one construction variants. The replacement frame method and Finite Element Method were used for calculation internal forces using 2D model in the Dlubal RFEM 5.17. The work also includes the design and check of one column.

KEYWORDS

Point supported slab, green roof, cast-in-place structure, reinforced concrete, column, reinforcement, replacement frame method, Finite Element Method, internal forces, deflection, expansion thorn

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jan Řihošek *Zastřešení podzemního parkoviště betonovou deskou*. Brno, 2019. 21 s., 352 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Zastřešení podzemního parkoviště betonovou deskou* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 4. 5. 2019

Jan Řihošek
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Zastřešení podzemního parkoviště betonovou deskou* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 4. 5. 2019

Jan Řihošek
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu inženýru Janu Perlovi za jeho ochotu, čas a odborné rady při konzultacích mé práce.



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

**ZASTŘEŠENÍ PODZEMNÍHO PARKOVIŠTĚ BETONOVOU
DESKOU**

PRŮVODNÍ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Řihošek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2019

Obsah

1	Úvod	3
2	Popis konstrukce.....	3
2.1	Obecně.....	3
2.2	Konstrukční systém	3
2.2.1	Vodorovné konstrukce.....	3
2.2.2	Svislé konstrukce	4
3	Materiálové charakteristiky	4
3.1	Beton	4
3.2	Ocel	4
3.3	Pracovní diagramy	5
4	Výpočtové metody	5
4.1	Metoda náhradních rámců.....	5
4.2	Metoda konečných prvků.....	5
5	Zatížení	6
5.1	Stálé.....	6
5.2	Užitné	6
5.3	Sníh a voda v drenážní vrstvě	6
5.4	Údržba	6
5.5	Mimořádné	6
6	Kombinace.....	7
7	Vyztužování.....	8
8	Porovnání výpočtových metod.....	9
8.1	Deska konstantní tloušťky.....	9
8.2	Deska s deskovým zesílením	9
9	Porovnání konstrukčních variant.....	10
10	Závěr	10
11	Zdroje.....	11
11.1	Normy a literatura	11
11.2	Technické listy a weby.....	11
11.3	Software	12
12	Seznam zkratk a symbolů	12
13	Seznam příloh	13

1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá návrhem železobetonové lokálně podepřené desky nad podzemními garážemi vysoké školy v Brně. Konstrukce byla řešena pomocí dvou výpočetních metod, a to metodou náhradních rámců a metodou konečných prvků na 2D deskovém modelu. Konstrukce zastřešení byla provedena ve dvou konstrukčních variantách. V první variantě jako deska konstantní tloušťky a ve druhé deska se zesilujícími deskami v oblasti sloupů.

Druhá varianta byla navržena a posouzena na mezní stav únosnosti a na mezní stav použitelnosti. Pro návrh byly použity hodnoty z deskového modelu z programu RFEM 5.17. Cílem bylo porovnání hodnot vnitřních sil získaných z obou výpočtových metod, dále porovnání obou konstrukčních variant. Dále byl proveden návrh a posouzení jednoho vnitřního sloupu. K výstupům patří příslušná výkresová dokumentace.

2 Popis konstrukce

2.1 Obecně

Jedná se o jednopodlažní objekt, který slouží jako zastřešená podzemní garáž pro vysokou školu. Objekt je součástí areálu Fakulty informatiky Masarykovy univerzity Brno. Skladba střechy je navržena jako zelená vegetační střecha s parkovou úpravou. V 1.PP se nachází garáž. V 1.NP se nachází vegetační střecha, která je provedena jako park.

Objekt je založen na železobetonové základové desce s piloty. Svislé nosné konstrukce jsou železobetonové sloupy a suterénní obvodové stěny tvořící spolu se základovou deskou tzv. bílou vanu. Stropní deska je od ostatních objektů dilatována a propojena dilatačními trny, velikost dilatačního celku je 29,5 m x 55,2 m. Půdorys objektu je obdélníkový, osová vzdálenost sloupů je 8,1m v příčném směru a 8,34m v podélném směru. Výškové uspořádání objektu vychází od hodnoty 0,000 m = 231,75m.n.m. B. p. v, která je v úrovni podlahy 1. NP v přilehlých objektech. Podlaha v garáži je v úrovni - 3,450 m.

2.2 Konstrukční systém

2.2.1 Vodorovné konstrukce

Řešená stropní železobetonová monolitická lokálně podepřená deska byla ve dvou konstrukčních variantách.

1) Deska s konstantní tloušťkou

Deska byla navržena tloušťky 300 mm

2) Deska se zesilujícími deskami v oblasti podpor

V ploše desky byla tloušťka navržena na 240 mm a v místech zesílení u sloupů na 450 mm, tloušťka desky byla navržena s uvažováním dilatačních trnů. Zesilující deska má čtvercový tvar o straně 3400 mm.

2.2.2 Svislé konstrukce

Podporujícími konstrukcemi jsou sloupy s rozměry 400x400 mm dle podkladů a suterénní obvodové železobetonové stěny tloušťky 300 mm stejně jako v původním projektu.

3 Materiálové charakteristiky

3.1 Beton

Čerstvý beton: C30/37 – XC3 (CZ, F.1) – Cl 0,4 – Dmax16 – S3 – dle ČSN EN 206

Pevnostní třída	C30/37
Charakteristická válcová pevnost v tlaku	$f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_c = 1,5$
Návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = 20,00 \text{ MPa}$
Charakteristická pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
Modul pružnosti	$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa}$
Mezní poměrné přetvoření	$\varepsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
Přetvoření na mezi pevnosti	$\varepsilon_{c3} = 1,75 \text{ ‰}$

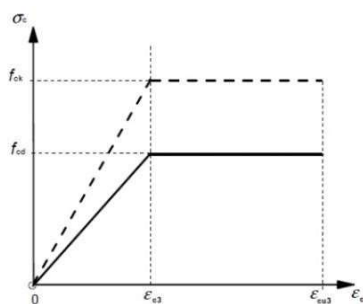
3.2 Ocel

Výztuž	B500B
Charakteristická mez kluzu oceli	$f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$
Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu	$\gamma_s = 1,15$
Návrhová mez kluzu oceli	$f_{yd} = 434,78 \text{ MPa}$
Modul pružnosti oceli	$E_s = 200,0 \text{ GPa}$
Přetvoření	$\varepsilon_{yd} = 2,17 \text{ ‰}$

3.3 Pracovní diagramy

Bylo uvažováno s pracovní diagramy dle ČSN EN 1992-1-1

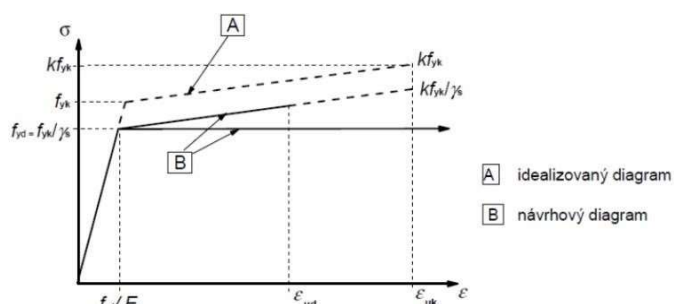
Beton



Obrázek 3.4 – Bilineární pracovní diagram

[obr. 3.4, ČSN EN 1992-1-1]

Ocel



Obrázek 3.8 – Schéma pracovních diagramů betonářské oceli (pro tah i tlak)

[obr. 3.8, ČSN EN 1992-1-1]

4 Výpočtové metody

Pro zjištění vnitřních sil byla použita metoda náhradních rámců a metoda konečných prvků v Rfemu. Zjištěné hodnoty poté byly mezi sebou porovnány.

4.1 Metoda náhradních rámců

V obou směrech byl vybrán pás deskových polí ve směru X o šířce 8,34 m a ve směru Y šířky 8,10 m. Rámy byly vymodelovány v programu RFEM 5.17. V každém směru byly vytvořeny dva řezy a to v polovině rozpětí a v místě podpory. Ve variantě se zesilující deskou byly vytvořeny náhradní deskové nosníky o odpovídající skutečné hmotnosti a ohybové tuhosti. Byly provedeny kombinace k získání maximálních momentů ve vyšetřovaných řezech. Poté byly tyto momenty přerozděleny do příčného směru pomocí rozdělovacích součinitelů ω a šířek pruhů do sloupových a středních pruhů. Součinitele ω byly pro obě konstrukční varianty stejné, protože desková zesílení v metodě náhradních rámců nezohledňují součinitel ω .

4.2 Metoda konečných prvků

Pro obě konstrukční varianty byl vytvořen 2D model v programu RFEM 5.17. Výpočet byl proveden podle Kirchhoffovy teorie desek. Sloupky byly vymodelovány jako klobové

uzlové podpory, stěny byly vymodelovány jako liniové podpory s vetknutím a dilatační trny byly vymodelovány jako kloubové liniové podpory s reakcí ve svislém směru.

5 Zatížení

5.1 Stálé

Do stálého zatížení se uvažuje vlastní tíha konstrukce a parková úprava střechy. Střechu tvoří pět typů skladeb, které byly pro metodu náhradních rámců idealizovány na 1 m^2 podle váženého průměru dle příslušných ploch. Dále se uvažuje s tíhou koryta, ve kterém jsou osazeny stromky.

5.2 Užitné

Střecha je navržena jako pochozí střecha s možností většího shromažďování osob. Dle ČSN EN 1991-1-1 se střecha klasifikuje jako kategorie I (přístupné střechy v souladu s kategorií A až G). Podle využití střechy nejvíce odpovídá kategorie C (plochy, kde dochází ke shromažďování osob). Pro dané využití střechy bylo zvoleno zatížení $3,0\text{ kN/m}^2$. Se zatížením je uvažováno v celé ploše desky a v šachu 1 a šachu 2 a v liniích ve dvou směrech.

5.3 Sníh a voda v drenážní vrstvě

Objekt se podle ČSN EN 1991-1-3 nachází ve sněhové oblasti I, charakteristická hodnota zatížení od sněhu je $0,7\text{ kN/m}^2$.

Zatížení od vody v drenážní vrstvě bylo uvažováno jako zaplnění objemu nopů v nopové folii, odpovídající zatížení je $0,12\text{ kN/m}^2$

Při výpočtu kombinací byly pro vodu a pro sníh použity stejné hodnoty součinitelů. Při sestavování kombinací bylo uvažováno že zatížení vodou a sněhem jsou střídavě působící zatížení.

5.4 Údržba

Jako další proměnné zatížení bylo uvažováno zatížení od údržby s hodnotou $2,0\text{ kN/m}^2$. Se zatížením je uvažováno v celé ploše desky a v šachu 1 a šachu 2.

5.5 Mimořádné

Pro návrh a posouzení sloupu bylo uvažováno s mimořádným zatížením od nárazu vozidla.

Dle normy ČSN EN 1991-1-7 je uvažováno s návrhovou hodnotou ekvivalentní síly $F_{dx}=50 \text{ kN}$, $F_{dy}=25 \text{ kN}$ a působí ve výšce 0,5 m od vozovky.

6 Kombinace

Pro metodu náhradních rámců byly sestaveny kombinace podle kombinačních rovnic 6.10a a 6.10b tak, aby byly vyvozeny maximální účinky, které by mohly nastat v kontrolovaných řezech a z nich byly vybrány větší z vypočtených hodnot.

Kombinace vytvořené pro metodu náhradních rámců byly vytvořeny i pro metodu konečných prvků, aby mohli být hodnoty v kontrolovaných řezech porovnány. Dále ve 2D modelu byly vytvořeny kombinace výsledků pro mezní stav únosnosti podle rovnic 6.10a a 6.10b a pro mezní stav použitelnosti byly vytvořeny kombinace z rovnic charakteristické, časté a kvazistálé dle rovnic 6.14b, 6.15b, 6.16b.

Pro posouzení sloupu byla vytvořena mimořádná návrhová kombinace dle 6.11b.

Kombinační rovnice dle ČSN EN 1990

Rovnice 6.10a – MSÚ

$$\sum_{j \geq 1} \gamma G_{j,j} G_{k,j} + \gamma_{PP} + \gamma_{Q,1} \psi_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{Q,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.10b – MSÚ

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma G_{j,j} G_{k,j} + \gamma_{PP} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{Q,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.11b – Mimořádná

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Ad + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.14b – MSP charakteristická

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.15b – MSP častá

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Rovnice 6.16b – MSP kvazistálá

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Pro výpočet byly použity kombinační součinitele dle ČSN EN 1990:

Dílčí součinitele spolehlivosti:

Stálé zatížení – nepříznivé účinky	$\gamma_{G,sup} = 1,35$
Stálé zatížení – příznivé účinky	$\gamma_{G,inf} = 1,0$
Proměnné zatížení – nepříznivé účinky	$\gamma_{Q,sup} = 1,50$
Proměnné zatížení – příznivé účinky	$\gamma_{Q,inf} = 0,0$

Kombinační součinitele:

Užitné - kategorie C3	$\psi_0 = 0,7$	$\psi_1 = 0,7$	$\psi_2 = 0,6$
Sníh, voda v drenážní vrstvě	$\psi_0 = 0,5$	$\psi_1 = 0,2$	$\psi_2 = 0,0$
Redukční součinitel stálých nepříznivých účinků	$\xi = 0,85$		

7 Vyztužování

Vyztužena byla deska se zesilujícími deskami. Hodnoty vnitřních sil byly převzaty z programu RFEM 5.17 z deskového modelu. Pro dimenzování výztuže byly vybrány řezy s extrémními hodnotami návrhových momentů. Hodnoty návrhových momentů M_{Ed} byly pro dimenzování vyhlazeny do vhodných šířek. Návrh výztuže byl proveden ručně a vycházel z předpokladu rovnováhy vnitřních sil na průřezu.

Deska byla vyztužena základní sítí s doplněním příložek v oblastech, ve kterých by základní síť nepřenesla návrhové momenty M_{Ed} . Základní síť byla navržena jako Ø14/210 při obou površích desky stejně, v místě zesílení je navržena základní síť Ø14/105. Hodnota únosnosti M_{Rd} byla pro dolní výztuž zredukována o 13 % kvůli případné redistribuci ohybových momentů. U horního líce se redistribucí neuvažuje. Hodnota M_{Rd} byla poté v programu RFEM 5.17 nastavena jako spodní hranice vykreslování izoploch dimenzačních momentů a zobrazily se tak oblasti, pro které je základní síť nedostačující a tyto oblasti byly dovyztuženy různými příložkami. Dále byl proveden návrh a posouzení výztuže na řetězové zřízení profilem Ø20 ve třetí a čtvrté vrstvě. Také byly navrženy a posouzeny smykové lišty. Pro jeden sloup byl návrh a posouzení vypočten ručně a porovnán s výstupem programu JORDAHL®EXPERT. Smykové lišty pro další sloupy byly navrženy v tomto programu. Dále byly navrženy podle technických listů a certifikací výrobce dvojité dilatační trny umožňující posun v příčném a podélném směru. Pro všechny oblasti styku desky garáže s výškovými objekty byly navrženy stejné trny JDSDQ 60 HF od firmy JORDAHL, liší se pouze rozteče uložení trnů

Výztuž sloupu byla navržena a posouzena v programu FIN EC, podélná výztuž je 4Ø20 a třmínky Ø6/250.

8 Porovnání výpočtových metod

Ve statickém výpočtu bylo provedeno porovnání obou výpočtových metod ve všech řezech. Pro směr X se jedná o řez A-A veden podporami a řez B-B vedený v polovině rozpětí pole. Pro směr Y se jedná o řez C-C veden podporami a řez D-D vedený v poli.

8.1 Deska konstantní tloušťky

Ohybové momenty [kNm/m]

ŘEZ	MNR	MKP	ODCHYLKA
A-A	-1166,72	-1126,33	-3,46 %
B-B	476,56	276,33	-40,9 %
C-C	-1046,03	-1055,75	+0,9 %
D-D	554,02	440,07	-20,57 %

Z tabulky je vidět, že hodnoty na řezech v místě podpor jsou u obou metod porovnatelné. V poli hodnoty MKP vychází výrazně nižší než z MNR. Větší odchylky jsou nejspíše způsobeny idealizací skladeb střechy pro výpočet předběžnou metodou.

S ohledem na odchylky lze konstatovat, že metoda náhradních rámců je pro výpočet dané konstrukce je málo vhodná, ale je ideálně vhodná pro kontrolu hodnot z MKP, protože hodnoty v podporovém řezu jsou si velmi blízké.

8.2 Deska s deskovým zesílením

Ohybové momenty [kNm/m]

ŘEZ	MNR	MKP	ODCHYLKA
A-A	-1431,05	-1376,53	-3,8 %
B-B	241,24	47,06	-80,5 %
C-C	-1200,95	-1120,55	-6,7 %
D-D	322,25	228,93	-29,0 %

Z tabulky je vidět, že hodnoty na řezech v místě podpor jsou u obou metod opět porovnatelné. V poli hodnoty MKP vychází velmi výrazně nižší než z MNR. Větší odchylky jsou nejspíše způsobeny idealizací skladeb střechy pro výpočet předběžnou metodou. Z průběhu vnitřních sil na modelu z MKP je vidět, že v místech deskového zesílení došlo k nárůstu záporných ohybových momentů a v poli došlo k poklesu ohybových momentů. Tento jev je způsoben vlivem změny tuhosti, který nebyl nijak zohledněn v rozdělovacích součinitelích ω , pouze pro MNR byly vymodelovány náhradní deskové nosníky.

Odchytky jsou tak velké, že metoda náhradních rámců je nevhodná pro výpočet lokálně podepřené desky s deskovým zesílením v místě podpor.

9 Porovnání konstrukčních variant

Z výše uvedených tabulek je patrné, že nadpodporové ohybové momenty v místě zesílení narostou a ve zbylých oblastech výrazně poklesnou, protože hlavice má výrazně větší tuhost než deska. Tohle má za následek úspornější návrh výztuže oproti desce konstantní tloušťky. Varianta s deskovým zesílením se také lépe dimenzuje na protlačení, u desky konstantní tloušťky nevyšlo posouzení na protlačení a musela být navržena ocelová manžetová hlavice. U desky s deskovým zesílením ve většině plochy také příznivěji vycházejí průhyby, avšak v krajních polích, kde je deska kloubově připojena dilatačními trny k výškovým objektům, průhyby vycházejí větší než u první varianty a nevyhovují na limitní normové hodnoty.

Porovnání ceny za beton desky

Varianta	Objem [m ³]	Cena betonu C30/37 [Kč/m ³]	Cena betonu C30/37 celkem [Kč]
Deska s konstantní tloušťkou	484,21	2160	1 045 894
Deska se zesilujícími deskami	480,8	2160	1 038 528

10 Závěr

Konstrukce byla analyzována pomocí dvou výpočetních metod ve dvou konstrukčních variantách. Výpočetní metody byly porovnány, kdy v první variantě vyšly malé odchylky a ve druhé variantě došlo k velkým nepřesnostem v poli. Z porovnání lze konstatovat, že předběžná metoda se hodí pro kontrolu výsledků desky konstantní tloušťky, ale není vhodná pro desku s hlavicemi.

Pro další výpočty byly použity hodnoty vnitřních sil vypočtené z deskového modelu. Konstrukční varianta desky s deskovým zesílením byla na tyto hodnoty navržena a posouzena na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti. Tato varianta desky nevyhověla na limitní normové hodnoty průhybu, bylo by nutné navrhnout větší dimenze desky, nebo navrhnout jiný konstrukční typ jako například žebrový nebo kazetový strop.

11 Zdroje

11.1 Normy a literatura

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [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 1991-1-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2: Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [4] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [5] ČSN EN 1991-1-7 (730035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení - Mimořádná zatížení. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [6] ČSN EN 1992-1-1 (731201) 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.
- [8] ZICH, Miloš a kol. Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů, Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7.

11.2 Technické listy a weby

- [9] JORDAHL & PFEIFER [online]. Dostupné z: <http://www.jpcz.cz>
- [10] Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D. [online]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/>

11.3 Software

Dlubal RFEM 5.17.

FIN EC 2019 - Beton

JORDAHL® EXPERT Výztuž proti protlačení

Autodesk AutoCAD 2019

Microsoft Office Excel

Microsoft Office Word

12 Seznam zkratek a symbolů

f_{cd}	návrhová pevnost betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{ctd}	návrhová pevnost betonu v tahu
$f_{ctk}; 0,05$	5% kvantil pevnosti betonu v tahu
f_{ctm}	průměrná pevnost betonu v tahu
f_{cm}	průměrná pevnost betonu v tlaku
f_{yd}	návrhová mez kluzu oceli
f_{yk}	charakteristická mez kluzu oceli
E	modul pružnosti
ε_{cu}	mezní poměrné přetvoření betonu v tlaku
ε_s	poměrné přetvoření betonářské výztuže
γ_c	dílčí součinitel betonu
γ_s	dílčí součinitel výztuže
G_k	charakteristická hodnota stálého zatížení
Q_k	Charakteristická hodnota proměnného zatížení
G_d	návrhová hodnota stálého zatížení
Q_d	návrhová hodnota proměnného zatížení
s	návrhové zatížení sněhem
s_k	charakteristické zatížení sněhem
$q_p(z)$	maximální dynamický tlak větru
ψ	kombinační součinitel
ξ	redukční součinitel stálých nepříznivých účinků
h	výška
b	šířka
l	rozpětí
l_n	světlé rozpětí
ϕ	průměr výztuže
c_{nom}	nominální krytí výztuže
d_g	největší jmenovitý průměr zrn kameniva
A_c	plocha betonu

A_{st}	plocha výztuže
$A_{st,min}$	minimální plocha výztuže
$A_{st,max}$	maximální plocha výztuže
l_0	návrhová přesahová délka
$l_{0,min}$	minimální přesahová délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka
l_{bd}	návrhová kotevní délka
$l_{bd,rqd}$	základní kotevní délka
η_1	součinitel podmínek betonáže
η_2	součinitel zohledňující velikost zrn kameniva
α_1	součinitel tvaru prutů
α_2	součinitel pro krycí vrstvu
α_3	součinitel ovinutí příčnou výztuží
α_4	součinitel ovinutí přivařenou příčnou výztuží
α_5	součinitel ovinutí příčným tlakem
α_6	součinitel procenta stykování výztuže
x	poloha neutrální osy
x_{lim}	limitní poloha neutrální osy
z	rameno vnitřních sil
M_{Rd}	moment na mezi únosnosti
M_{Ed}	návrhový moment
M_{crtit}	moment na mezi vzniku trhlin
v_{Ed}	maximální smykové napětí
$v_{Rd,c}$	smyková únosnost prvku bez smykové výztuže
ρ	stupeň vyztužení
f	průhyb
w	šířka dilatační spáry

13 Seznam příloh

P1. Použité podklady

P2. Výkresy tvaru a výztuže

P3. Statický výpočet