



# 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

## LOKÁLNĚ PODEPŘENÁ STROPNÍ DESKA

CONCRETE FLAT SLAB SUPPORTED BY COLUMNS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Turek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

BRNO 2018



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Jan Turek
<b>Název</b>	Lokálně podepřená stropní deska
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Jan Perla
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2017
<b>Datum odevzdání</b>	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**

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**

Návrh stropní desky budovy radiodiagnostické kliniky - při návrhu bude respektováno dispoziční využití půdorysu vyššího podlaží a provedeno posouzení přetvoření stropní konstrukce s ohledem na celistvost vynášených výplňových konstrukcí. Statický výpočet bude obsahovat i ověření účinků přibližnými metodami řešení (metoda součtových momentů, metoda náhradních rámu).

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 návrhem železobetonové lokálně podepřené stropní desky nemocničního objektu. Pro návrh byla vybrána stropní deska nad 1. nadzemním podlažím. Vyšetření vnitřních sil bylo provedeno v programu RFEM a výsledky byly ověřeny pomocí dvou přibližných metod, metody součtových momentů a metody náhradních rámců. Navržená konstrukce byla ověřena z hlediska mezních stavů únosnosti a použitelnosti.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Lokálně podepřená deska, metoda součtových momentů, metoda náhradních rámců, metoda konečných prvků, mezní stav únosnosti, ohybový moment, beton, výztuž, protlačení, mezní stav použitelnosti, průhyb

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with design of concrete flat slab of hospital building. The slab above the ground floor was designed. Internal forces were analysed with RFEM software based on finite entity method. Results were proved by the Direct Design Method and Equivalent Frame Method. The structural assessment was performed according to ultimate and serviceability limit states.

## **KEYWORDS**

Flat slab, direct design method, equivalent frame method, finite entity method, ultimate limit state, bending moment, concrete, reinforcement, punching, serviceability limit state, deflection

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Jan Turek *Lokálně podepřená stropní deska*. Brno, 2018. 23 s., 147 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Perla

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 5. 2018

---

Jan Turek  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji svému vedoucímu práce panu Ing. Janu Perlovi za čas, který mi věnoval při konzultacích a za velké množství informací a poznatků, které mi díky svým bohatým zkušenostem z praxe mohl předat.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za jejich velkou podporu během celého studia.

## **OBSAH**

ÚVOD .....	9
1. POPIS KONSTRUKCE.....	10
1.1 Původní konstrukce objektu.....	10
1.2 Navržená konstrukce .....	11
2. MATERIÁLY .....	11
3. ZATÍŽENÍ.....	12
3.1 Stálé zatížení.....	12
3.2 Proměnné zatížení.....	12
4. VÝPOČET.....	12
4.1 Metoda součtových momentů.....	12
4.2 Metoda náhradních rámců .....	13
4.3 Metoda konečných prvků .....	13
4.4 Porovnání výsledků jednotlivých metod .....	13
5. NÁVRH OHYBOVÉ VÝZTUŽE.....	14
6. NÁVRH VÝZTUŽE NA ŘETĚZOVÉ ZŘÍCENÍ.....	14
7. NÁVRH VÝZTUŽE NA PROTLAČENÍ .....	15
8. POSOUZENÍ PRŮHYBU .....	15
ZÁVĚR.....	19
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	20
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	21
SEZNAM PŘÍLOH .....	23



## ÚVOD

Práce se zabývá návrhem a posouzením stropní konstrukce železobetonového monolitického skeletu. Jedná se o budovu radiodiagnostické kliniky Nemocnice Kyjov. Objekt má 3 nadzemní a jedno podzemní podlaží. Práce řeší stropní desku nad 1. nadzemním podlažím, nad kterou se nachází operační sály, příruční sklady materiálu, zázemí pro nemocniční personál a komunikační prostory.

Původní objekt není ztužen proti vodorovným zatížením, ta přenáší pouze sloupy. Stropní desky mají poměrně malou tloušťku a vzhledem k jejich nadměrným deformacím docházelo v objektu k poruchám vynášených konstrukcí.

Byl proveden nový návrh tloušťky stropní desky. Do objektu byly navrženy ztužující stěny pro přenos vodorovných zatížení.

Zatížení řešené stropní desky je spočítáno s ohledem na reálné využití a dispozici vyššího patra. Obvodové a vnitřní zděné konstrukce jsou zvoleny stejného typu jako v původním objektu.

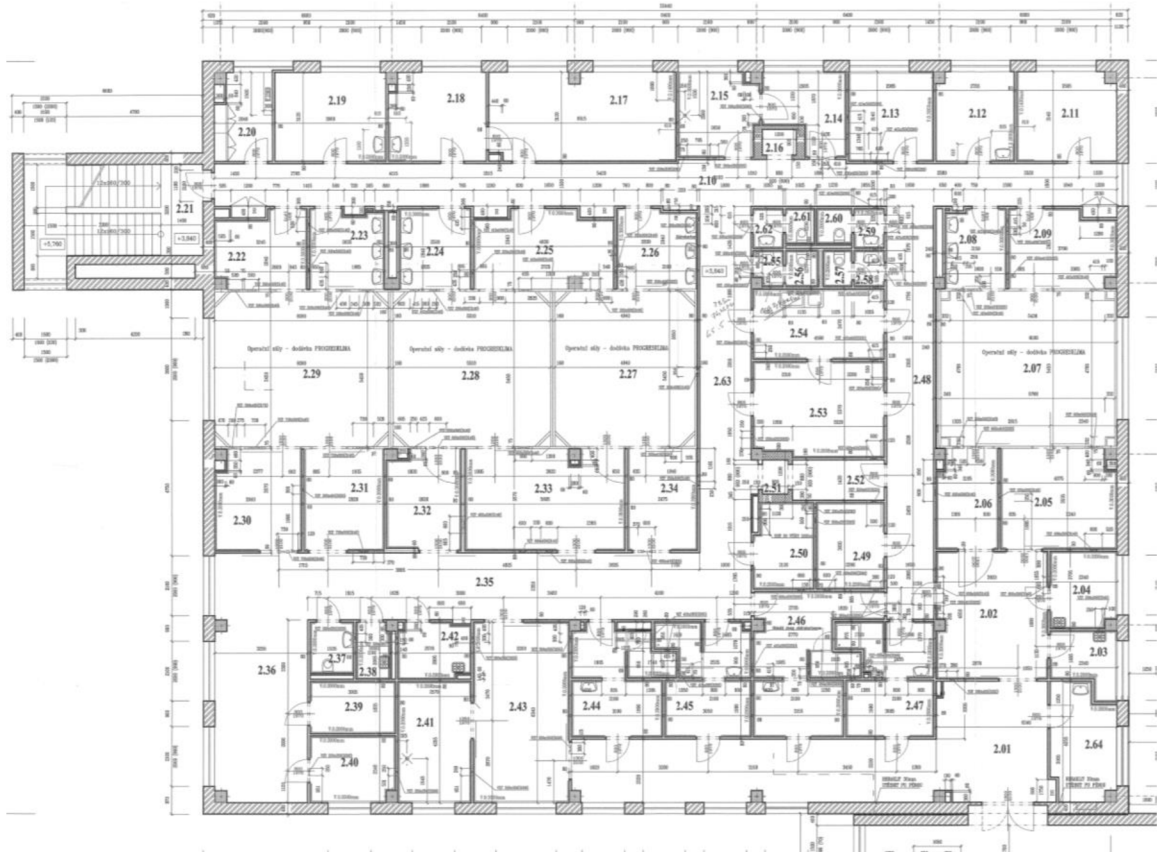
Vnitřní síly na desce jsou spočítány pomocí výpočetního MKP softwaru a ověřeny dvěma přibližnými metodami, metodou součtových momentů a metodou náhradních rámců. Na výsledku z programu RFEM je navržena ohybová výztuž, dále je navržena výztuž proti řetězovému zřícení a výztuž na protlačení.

Součástí práce je výpočet průhybu stropní desky na dvou místech pomocí přibližné metody.

# 1. POPIS KONSTRUKCE

Jedná se o železobetonový monolitický deskový skelet o vnějších rozměrech 32,44 x 26,44 m. Rozpětí deskových polí je proměnné v rozmezí 6 - 7,2 m. Budova má 1 podzemní a 3 nadzemní podlaží. Nejvyšší podlaží má menší půdorysný rozměr a jedná se o strojovnu vzduchotechniky. Objekt bezprostředně navazuje na sousední stavbu chirurgické a ortopedické kliniky se kterou je propojen chodbou.

Na severní straně je k objektu připojena vnější schodišťová přístavba, jejíž svislé nosné konstrukce jsou zděné. Toto schodiště není od objektu oddílatováno a je s ním pevně spojeno přes železobetonové věnce v úrovni stropních desek. Schodišťová ramena a podestové desky jsou montované a jsou vynášeny obvodovým zdívem schodišťové přístavby, nedochází tedy k přenosu zatížení ze schodiště na vykonzolovaný okraj stropní desky hlavního objektu.



## 1.1 Původní konstrukce objektu

Jedná se o lokálně podepřené desky tloušťky 200 mm podporované čtvercovými sloupy o rozměrech 400x400 mm. Objekt není ztužen proti účinkům větru a vodorovná zatížení tak přenáší pouze sloupy. Objekt je založen na železobetonových základových patkách. Po obvodě probíhá nad patkami železobetonový základový pas pro přenos zatížení od obvodového zdiva.

Obvodové zdivo je z tvárnic YTONG šířky 400mm. Ve střešní nástavbě je zdivo vyzděno mezi sloupy, takže tvoří ztužení této nástavby. Vnitřní příčky jsou ze

sádrových zdících prvků tloušťky 60 – 80 mm. Dále se v objektu nachází dvě zděné výtahové šachty pro transport lékařského materiálu. Stěny šachet jsou vyžděny z plných pálených cihel.

## **1.2 Navržená konstrukce**

Byla zvolena větší tloušťka desky 250 mm s ohledem na normové požadavky. Dále jsou navrženy ztužující stěny tloušťky 250 mm pro přenos vodorovných zatížení. Tyto stěny prochází celou výškou objektu a to i v místech střešní nástavby. Sloupy tedy přenáší výhradně svislá zatížení a jejich rozměr je navržen 400x400 mm. Obvodové zdivo je uvažováno z tvárnic YTONG tloušťky 300 mm s kontaktním zateplovacím systémem. Zdivo je vyžděno na vykonzolované části desky stejně jako v původním řešení. Vnitřní příčky jsou ponechány původní stejně tak zděné výtahové šachty.

V konstrukci bylo navrženo několik větších otvorů pro prostupy vzduchotechniky a několik menších otvorů pro elektro rozvody a dešťové odpadní potrubí.

## **2. MATERIÁLY**

### **Beton: C30/37 - XC1**

$$\gamma_c = 1,5$$

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

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

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

$$f_{ctk,0,05} = 2,0 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 33 \text{ GPa}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$$

### **Ocel B500B**

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 434,78 / 200 \cdot 10^3 = 2,17 \text{ ‰}$$

### **3. ZATÍŽENÍ**

#### **3.1 Stálé zatížení**

Vlastní tíha desky	6,25 kN/m <sup>2</sup>
Skladba podlahy	2,60 kN/m <sup>2</sup>
Skladba střechy	0,53 kN/m <sup>2</sup>
Obvodové zdivo	5,09 kN/m
Zdivo výtahových šachet	10,23 / 20,46 kN/m

Obvodové zdivo je uvažováno jako vynášené, každá deska nese tíhu jednoho patra zdiva. Stejně tak výtahové šachty jsou ve výpočtu uvažovány jako vynášené. Tento způsob provedení by usnadnil postup výstavby, protože by montáž skeletu nebyla závislá na vyzdívání výtahových šachet. Zdivo z CPP při běžné tloušťce malty také vykazuje větší míru dotvarování než přilehlá betonová konstrukce, proto by bylo uvažování šachet jako samonosných z tohoto důvodu problematické.

#### **3.2 Proměnné zatížení**

Užitné zatížení, kat.C	4,3 / 5,3 kN/m <sup>2</sup>
Sníh	0,8 kN/m <sup>2</sup>
Užitné na střechu, kat. H	0,75 kN/m <sup>2</sup>

Při stanovení hodnoty užitného zatížení bylo zohledněno reálné využití a dispozice patra. Nachází se zde jak prostory s menším zatížením do 300 kg/m<sup>2</sup> (soc. zařízení, místnosti lékařů, operační sály) tak prostory s větším plošným zatížením 400 kg/m<sup>2</sup>, zejména sklady. Rozmístění sádrových příček v řešeném podlaží je taktéž velmi proměnné, proto byly vypočteny hodnoty zatížení příčkami ve 4 typových polích. Následně byly sečteny hodnoty od užitného a od příček a stanoveny 2 výsledné hodnoty pro výpočet, 430 a 530 kg/m<sup>2</sup>. Zatížení větrem nebylo vzhledem k navrženým ztužujícím stěnám ve výpočtu uvažováno.

### **4. VÝPOČET**

#### **4.1 Metoda součtových momentů**

Pro výpočet pomocí MSM byly vybrány 2 deskové pole v směru X a Y šířky 6 a 6,4 m. Deska splňuje podmínky pro užití metody dle ČSN 73 1201 takže výpočet mohl být proveden. Rozdělení momentů do sloupových a středních pruhů bylo provedeno podle schématu uvedeném v ČSN 73 1201.

## 4.2 Metoda náhradních rámu

Pro výpočet byl vybrán rám ve směru Y sloupové řady C. Šířka deskové příčle je 6,4 m a výška 0,25 m. Pro výpočet vnitřních sil na rámu byl použit program RFEM 5. Pro stanovení extrémů vnitřních sil byly použity kombinace 6.10a a 6.10b.

## 4.3 Metoda konečných prvků

Pro komplexní analýzu vnitřních sil a deformací desky byl vytvořen model v programu RFEM 5. Deska byla namodelována jako 2D prvek podporovaný sloupy a ztužujícími stěnami v rovině Z. Podporující prvky byly definovány jako podloží plochy, tím se ve výpočtu zohlednil jejich reálný rozměr vliv na tuhost desky v místě podepření.

## 4.4 Porovnání výsledků jednotlivých metod

Pro porovnání výsledků byl vybrán pás desky ve směru Y mezi podporami B a C. Byly zobrazeny výsledky v pěti řezech. Hodnoty z přibližných metod byly porovnány s hodnotami z výpočtu MKP.

PRUH	ŘEZ	METODA			ROZDÍL [%]	
		MSM	MNR	MKP	MSM-MKP	MNR-MKP
Sloupový	SL. 5	-37,77	-74,29	-31,11	21%	-
	POLE 4-5	43,34	46,27	43,93	1%	5%
	SL 4-5	-72,93	-83,25	-80,74	10%	3%
	SL. 4-3	-67,72	-88,02	-80,74	16%	9%
	POLE 3-4	26,74	37	35,07	24%	6%
	SL. 3-4	-67,72	-78,17	-70,45	4%	11%
Mezisloup.	SL. 5	-1,58	-3,99	0,42	-	-
	POLE 4-5	25,49	27,22	36,99	31%	26%
	SL. 4-5	-21,45	-24,49	-21,76	1%	13%
	SL. 4-3	-19,92	-25,89	-21,76	8%	19%
	POLE 3-4	19,3	26,71	28,57	32%	7%
	SL. 3-4	-19,92	-22,99	-16,66	20%	38%

Hodnoty momentů získané pomocí výše uvedených metod jsou srovnatelné. Přesnější výsledky vychází z metody náhradních rámu, a to zejména ve sloupových pruzích. Metoda součtových momentů ve většině vyšetřovaných míst ohybové momenty podhodnocuje. Metoda součtových momentů je méně přesná, ale její výhoda spočívá ve velmi snadném a rychlém řešení bez nutnosti použít výpočtový software. Metoda náhradních rámu více odpovídá skutečnému chování desky, ale výpočet je pracnější.

Vzhledem k relativní shodě výsledků těchto metod byla deska dále dimenzována na výsledky z 2D modelu v programu RFEM.

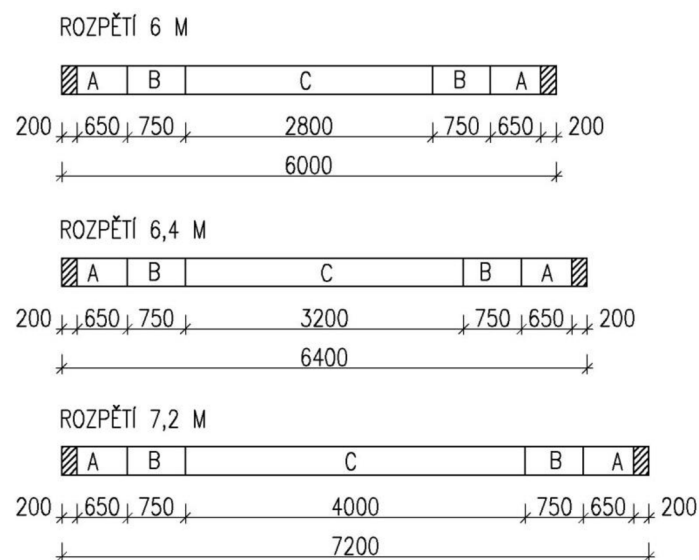
## 5. NÁVRH OHYBOVÉ VÝZTUŽE

Byl proveden návrh výztuže základní sítě u obou povrchů desky. Krajiní vrstva výztuže byla zvolena rovnoběžná se směrem Y vzhledem k velkým ohybovým momentům v horní části desky kde je největší rozpětí 7,2m a přídatné zatížení od výtahové šachty. Základní rastr byl zvolen s ohledem na minimální plochu výztuže  $\phi 12$  po 250 mm u obou povrchů.

Dále byl proveden návrh příložek z výztuže  $\phi 8$  a  $\phi 12$  v místech nutného dovyztužení. U spodní výztuže byla redukována ohybová únosnost na 85% pro vytvoření rezervy pro přerozdělení momentů v důsledku snížení tuhosti nadpodporových průřezů po vzniku trhlin.

Oblasti které bylo nutné dovyztužit byly zjištěny pomocí programu RFEM. Jako dolní hranice vykreslovaných momentů byla zadána hodnota únosnosti základní sítě. Oblasti nad touto hranicí byly doplněny příložkami. Výztuž byla zakotvena za krajní izočáru vykreslených momentů. Stejným způsobem bylo postupováno u obou povrchů.

U horního povrchu byly hodnoty návrhových momentů kolmo na vyšetřovaný směr zprůměrovány podél třech oblastí A, B a C aby došlo k vyhlazení špiček momentů v blízkosti podpor. Velikosti jednotlivých oblastí byly zvoleny s ohledem na přibližné dodržení rozdělení desky do sloupových a mezisloupových pruhů dle ČSN 73 1201.



## 6. NÁVRH VÝZTUŽE NA ŘETĚZOVÉ ZŘÍCENÍ

Výztuž na řetězové zřícení byla navržena dle ČSN 73 1201 sílu z maximální podporové reakce rozdělené do dvou směrů X a Y v poměrech rozpětí příslušných polí. Do výztuže na řetězové zřícení byla započítána i část ohybové výztuže spodního povrchu desky, 2 profily  $\phi 12$ . Aby bylo možné tuto výztuž započítat musí

být stykována ve vnitřních třetinách rozpětí polí. Výztuž na řetězové zřícení bude umístěna ve 3. a 4. Vrstvě spodní výztuže.

## 7. NÁVRH VÝZTUŽE NA PROTLAČENÍ

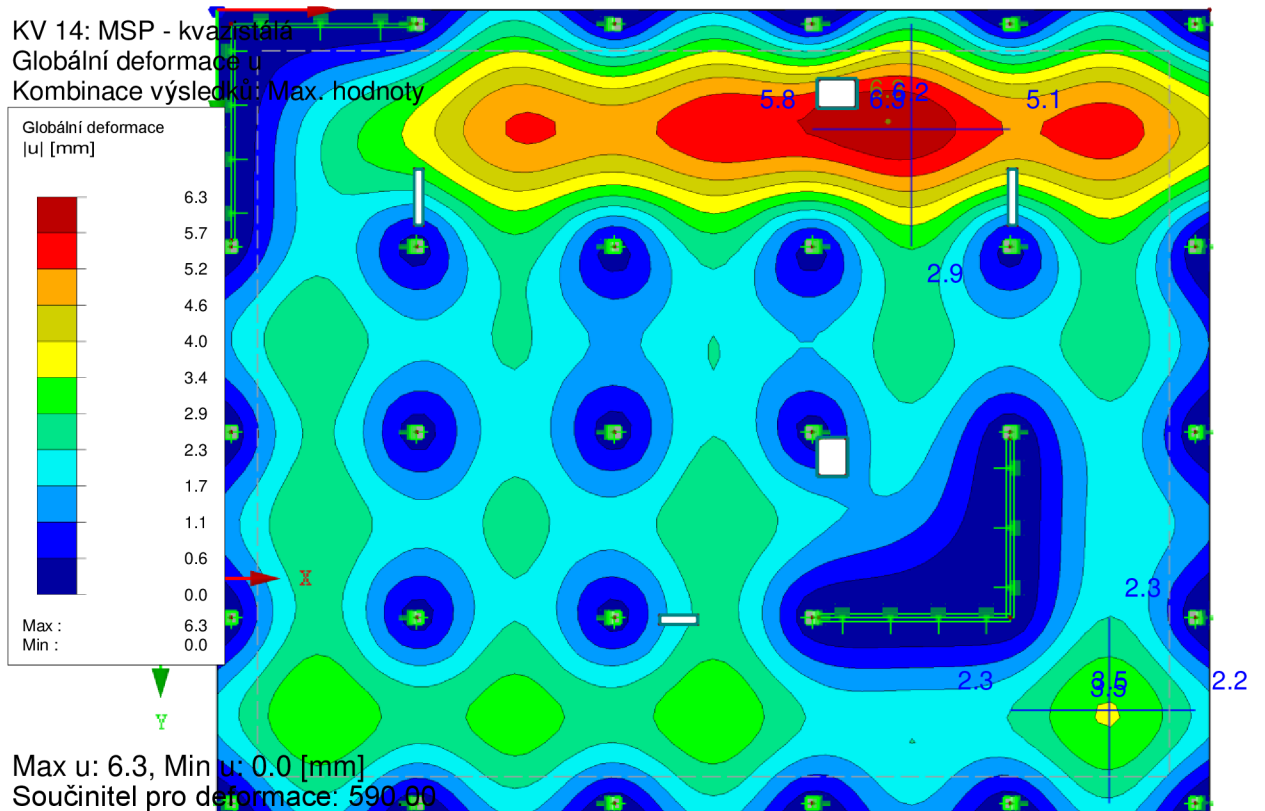
Výztuž na protlačení byla zvolena v podobě smykových lišt firmy Halfen Deha. Návrh byl proveden pomocí softwaru této firmy HDB 13.10. Ručně byly výsledky ověřeny u dvou sloupů, jeden sloup s maximální silou v protlačení a jeden sloup oslabený otvorem. Návrh smykových lišt byl proveden pro každý sloup zvlášť.

## 8. POSOUZENÍ PRŮHYBU

Mezní stav použitelnosti konstrukce byl posouzen na dvou vybraných polích. Pole s maximálním průhybem a pole s největším typickým průhybem.

Výpočet byl proveden přibližně dle ČSN 73 1201 pomocí superpozice průhybů ve středových a sloupových pruzích příslušných směrů X a Y.

Průhyb při kvazistálé kombinaci zatížení a schéma řezů vyšetřovaných polí:



Nejprve byl posouzen průhyb v nejvíce kritickém místě konstrukce. Pružný průhyb spočítaný RFEMem měl hodnotu 6,3 mm při kvazistálé kombinaci. Výsledný průhyb v době životnosti konstrukce  $t=50$  let s uvážením vlivu dotvarování a smršťování dosáhl hodnoty 35,9 mm. Limitní průhyb vypočtený jako  $1/250$  kratšího rozměru pole  $f_{lim} = 25,6$  mm.

Konstrukce tedy v tomto místě na MSP nevyhověla. Dovyztužení nejvíce namáhaného směru Y (na  $A_s = 18,1$  cm<sup>2</sup>/m;  $\phi 12/62,5$ ) u obou povrchů vedlo ke snížení průhybu na 25,5 mm. Tento průhyb splňuje limitní požadavek. Ve výpočtu však není uváženo pokles tuhosti desky v oblasti podpor což vede k navýšení průhybu v poli o dalších 10-15%. Bylo by také pravděpodobně nutné dovyztužit takovýmto způsobem téměř celý horní pás desky s rozpětím 7,2m (4 pole z 5) kde se pružný průhyb pohybuje v rozmezí 5,2 – 6,3 mm. Takové řešení není příliš efektivní je ekonomicky náročné. V rámci výkresové dokumentace tak byla řešena pouze výztuž navržená na mezní stav únosnosti.

Dále byl vypočítán průhyb v pravém dolním rohu konstrukce. Zde průhyb v době životnosti konstrukce dosáhl hodnoty 9,7mm. Limitní průhyb je pro dané rozpětí 24 mm takže konstrukce v tomto místě vyhověla. V tomto poli byl také vypočítán průhyb v čase  $t = 60$  dní, tedy v předpokládané době po zabudování sádrových příček. Konstrukce zde byla zatížena pouze vlastní tíhou, obvodovým zdívkem a vlastní tíhou příček. Průhyb po jejich montáži dosáhl hodnoty  $f = 4,2$  mm.

Nárůst průhybu od montáže příček po dobu životnosti tedy byl  $9,7 - 4,2 = 5,5$  mm. Limitní průhyb pro tento typ příček z velkoformátových zdících prvků, které jsou náchylné na přetvoření podpůrné konstrukce byl stanoven jako  $1/750$  kratšího rozpětí pole, tedy 8 mm. Lze tedy usuzovat, že v tomto místě konstrukce by tento typ příček netrpěl na poruchy celistvosti.

## Možné způsoby řešení nadměrného průhybu v horní části konstrukce:

### **1. DOVYZTUŽENÍ**

Dovyztužení čtyř nejvíce namáhaných polí by vedlo ke splnění limitního požadavku na průhyb. Nicméně by bylo pravděpodobně nutné použít jiný typ příček, například sádrokartonových, které nejsou náchylné na přetvoření nosné konstrukce.

Tato varianta řešení ovšem není příliš ekonomicky výhodná.

Stávající výztuž:

Dolní povrch:  $\Phi 12/125$  ... 8 ks/m

Horní povrch:  $\Phi 12/250$  ... 4 ks/m

Po dovyztužení:

Dolní povrch:  $\Phi 12/62,5$ ... 16 ks/m → přidáno 8ks/m



Horní povrch:  $\Phi 12/62,5 \dots 16 \text{ ks/m} \rightarrow$  přidáno  $12 \text{ ks/m}$

Celkem přidáno  $20 \text{ ks } \Phi 12/ \text{ m šířky}$

Šířka 4 polí kde by byla potřeba dovyztužit =  $3 * 6,4 + 6 = 25,2 \text{ m}$

Nutný počet kusů výztuže :  $25,2 * 20 = 504 \text{ kusů}$

Délka výztuže  $7,2 \text{ m}$  (rozpětí pole)

Cena  $1 \text{ m}$  výztuže  $\Phi 12$  bez DPH =  $24,- \text{ Kč}$

Odhad cenové náročnosti řešení:

$504 \text{ kusů} * 7,2 \text{ metrů} * 24 \text{ Kč} = \mathbf{87\ 100 \text{ Kč}}$

## 2. ZVÝŠENÍ TLOUŠŤKY DESKY

Navýšení tloušťky desky o  $3 \text{ cm}$  na  $280 \text{ mm}$  v celé ploše by mělo vést k zlepšení průhybu v kritických místech.

Při této tloušťce je hodnota průhybu v kritickém místě  $5 \text{ mm}$  (původně  $6,3 \text{ mm}$ ).

Poměr mezi  $f_{el}$  a  $f$  u původní desky:  $35,9 / 6,3 = 5,7$

Větší míra vyztužení tlustší desky by mohla poměr mezi pružným a výsledným průhybem zmenšit o cca  $15 \%$ .

Odhad výsledného průhybu:  $5,7 * 0,85 * 5 \text{ mm} = 24 \text{ mm}$

Lze očekávat že konstrukce by po zvýšení tloušťky desky na  $28 \text{ cm}$  vyhověla na MSP.

Hrubý odhad cenové náročnosti řešení:

$1 \text{ m}^3$  betonu C30/37 bez DPH =  $2600 \text{ Kč}$

Navýšení o  $3 \text{ cm}$  v celé ploše:  $26 \text{ Kč/m}^2/\text{cm} * 3 \text{ cm} * 26,1 \text{ m} * 32,1 \text{ m} = \mathbf{65\ 400 \text{ Kč}}$

Tento odhad navýšení ceny je velmi přibližný protože nárůst tloušťky desky v celé ploše by měl za následek navýšení nutné průřezové plochy výztuže u obou povrchů.

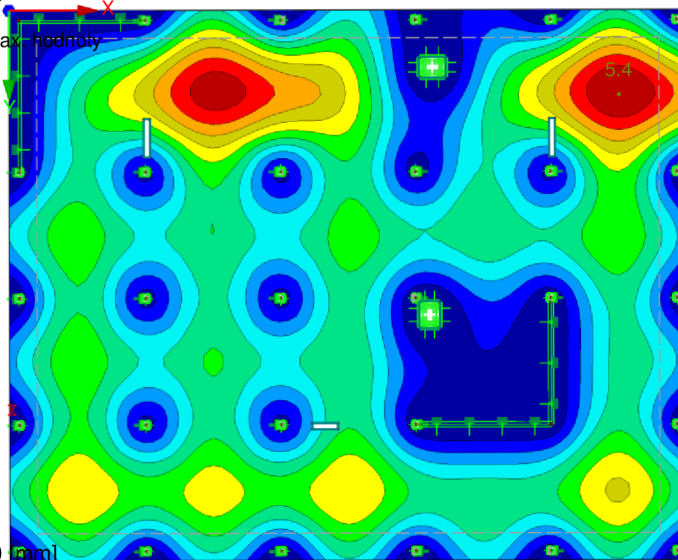
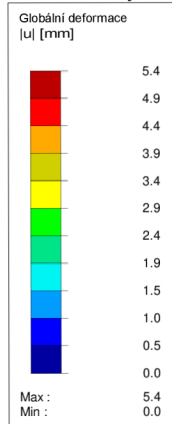
## 3. UVAŽOVÁNÍ VÝTAHOVÉ ŠACHTY JAKO ŽELEZOBETONOVÉ

V původním modelu jsou výtahové šachty uvažovány jako zděné a vynášené stropními deskami. Toto řešení je vhodné z hlediska provádění skeletu, nicméně způsobuje poměrně velké zatížení desky. Vhodnou úpravou by mohla být změna stávajících šachet na železobetonové. V průběhu výstavby by se betonovaly současně se zbytkem skeletu a tvořily by tak v místech napojení na desky liniové podpory.

Průhyb konstrukce při uvážení betonových šachet jako podpor a původní tloušťky desky 250mm:

KV 14: MSP - kvazistálá

Globální deformace u  
Kombinace výsledků: Max. hodnoty



Max u: 5.4, Min u: 0.0 [mm]  
Součinitel pro deformace: 680.00

Největší pružný průhyb : 5,4 mm

Odhad výsledného průhybu:  $5,4 * 5,7$  (poměr z původního výpočtu průhybu) = 31 mm

Průhyb by po této úpravě opět nevyhověl, nicméně oblasti pro případné nutné dovyztužení by se velmi zmenšily.

## ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout a posoudit lokálně podepřenou stropní desku zadaného objektu na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Při výpočtu zatížení byl brán ohled na skutečné provedení objektu, zejména na systém obvodového zdiva a druhu vnitřních příček. Byl proveden výpočet vnitřních sil pomocí programu RFEM a ověřen pomocí dvou přibližných metod. Výsledky z těchto metod jsou až na malé odchylky způsobené rozdílným způsobem výpočtu srovnatelné.

Na výsledky z programu RFEM byla navržena ohybová výztuž. Při návrhu byl brán ohled na ekonomičnost a proveditelnost konstrukce. Dále byl proveden návrh výztuže na protlačení v podobě smykových lišt.

Při posuzování tohoto typu konstrukce je potřeba věnovat velkou pozornost mezním stavům použitelnosti, zejména pak výpočtu průhybu. Nadměrné přetvoření často způsobuje velké škody kvůli poruchám vynášených konstrukcí a v neposlední řadě má i estetický vliv. Provedený přibližný výpočet prokázal, že takto navržená konstrukce by na MSP nevyhověla. Výše je uvedeno několik typů možného řešení. Jako nejvíce ekonomicky výhodnou a funkční variantu vidím použití betonových výtahových šachet oproti původním zděným a současné zvýšení tloušťky desky z původních 250 na 260-270 mm. Dále by bylo vhodné vyměnit původní sádrové příčky, které způsobují relativně velké zatížení, na lehčí například sádrokartonové. Kombinací těchto aspektů by se s velkou pravděpodobností dosáhlo menších přetvoření stropní desky a nedocházelo by k poruchám a estetickým vadám.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### NORMY:

- [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. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [3] ČSN EN 1992-1-1 ed. 2: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [4] ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

### LITERATURA (včetně elektronické):

- [5] ŠTĚPÁNEK, Petr, Ivailo TERZIJSKI, Ivana LANÍKOVÁ, Josef PANÁČEK a Petr ŠIMŮNEK. *BL01 Prvky betonových konstrukcí: Výukové texty, příklady a pomůcky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2015.
- [6] ZICH, Miloš. *Příklady posouzení betonových prvků dle Eurokódů*. Praha: Verlag Dashofer, 2010. ISBN 978-80-86897-38-7.
- [7] BAŽANT, Zdeněk. *Betonové konstrukce I: Modul CS4 Betonové konstrukce plošné - část 2*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2004.
- [8] TIPKA, Martin a Josef NOVÁK. *Analýza metod výpočtu železobetonových lokálně podepřených desek* [online]. České vysoké učení technické v Praze, 2011, , 57[cit.2018-05-24]. Dostupné z: [http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/granty\\_soubory/FRVS\\_2011/analyza\\_lok\\_pod\\_desek.pdf](http://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/granty_soubory/FRVS_2011/analyza_lok_pod_desek.pdf)
- [9] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. *Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.: Pomůcky* [online]. [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/default.htm>
- [10] *HALFEN Durchstanz- und Querkraftbewehrung: Produktinformation technik HDB 17.1* [online]. Langenfeld (D), 2017 [cit. 2018-05-24]. Dostupné z: <http://www.halfen.de>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$A$	průřezová plocha
$A_c$	průřezová plocha betonu
$A_s$	průřezová plocha betonářské výztuže
$A_i$	průřezová plocha ideálního průřezu
$A_{s,min}$	minimální průřezová plocha betonářské výztuže
$B_i$	tuhost neporušeného průřezu
$B_{ir}$	tuhost průřezu porušeného trhlinou
$C_e$	součinitel expozice
$C_t$	součinitel vlivu teploty
$E_{cm}$	sečnový modul pružnosti betonu
$E_{c,eff}$	účinný modul pružnosti betonu
$E_s$	modul pružnosti betonářské výztuže
$G_k$	charakteristická hodnota stálého zatížení
$G_d$	návrhová hodnota stálého zatížení
$I$	moment setrvačnosti průřezu
$I_i$	moment setrvačnosti ideálního průřezu
$I_{ir}$	moment setrvačnosti průřezu porušeného trhlinou
$L$	délka
$M_{Ed}$	návrhová hodnota působícího ohybového momentu
$M_{Rd}$	návrhová momentová únosnost průřezu
$M_{cr}$	moment na mezi vzniku trhlin
MSM	metoda součtových momentů
MNR	metoda náhradních rámců
MKP	metoda konečných prvků
$N_{Ed}$	návrhová hodnota normálové síly
$K_c$	ohybová tuhost sloupu
$K_s$	ohybová tuhost desky
$Q_k$	charakteristická hodnota proměnného zatížení
$Q_d$	návrhová hodnota proměnného zatížení
$S_i$	statický moment plochy výztuže k těžišti ideálního průřezu
$S_{ir}$	statický moment výztuže k těžišti průřezu porušeného trhlinou
$V_{Ed}$	návrhová hodnota posouvající síly
$a$	vzdálenost
$b$	šířka průřezu
$c$	rozměr sloupu
$c_{nom}$	jmenovitá tloušťka betonové krycí vrstvy
$c_{min}$	minimální tloušťka betonové krycí vrstvy
$\Delta C_{dev}$	povolená výrobní odchylka krycí vrstvy od nominální hodnoty
$d$	účinná výška průřezu

$d_g$	největší jmenovitý rozměr zrna kameniva
$f_{bd}$	návrhové mezní napětí v soudržnosti
$f_{ck}$	charakteristická pevnost betonu v tlaku (válnová ve stáří 28 dní)
$f_{cd}$	návrhová pevnost betonu v tlaku
$f_{cm}$	průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
$f_{ctm}$	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
$f_{ctk}$	charakteristická pevnost betonu v dostředném tahu
$f_{yk}$	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
$f_{yd}$	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
$f$	průhyb
$f_{lim}$	limitní hodnota průhybu
$f_{cs}$	průhyb od smršťování
$g_k$	charakteristická hodnota stálého zatížení
$g_d$	návrhová hodnota stálého zatížení
$h$	výška průřezu
$h_s$	tloušťka desky
$h_{s,lim}$	minimální tloušťka desky
$h_0$	náhradní rozměr prvku
$l$	délka nebo rozpětí
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka
$l_{bd}$	kotevní délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka
$l_0$	stykovací délka
$s$	zatížení sněhem
$s_{max}$	maximální osová vzdálenost prutů výztuže
$s_{sn}$	minimální světlá vzdálenost mezi pruty výztuže
$u$	obvod prvku
$u_1$	základní kontrolovaný obvod
$V_{Ed}$	maximální smykové napětí
$V_{Rd,c}$	smyková únosnost prvku bez smykové výztuže
$V_{min}$	minimální smyková únosnost prvku bez smykové výztuže
$V_{Rd,sy,max}$	maximální smyková únosnost prvku se smykovou výztuží
$x$	vzdálenost neutrální osy od nejvíce tlačného okraje
$z_c$	rameno vnitřních sil k těžišti tlačného betonu
$1/r_{cs}$	křivost od smršťování
$\alpha_e$	poměr modulů pružnosti betonářské výztuže a betonu
$\beta$	součinitel druhu působení zatížení (krátkodobá/dlouhodobá)
$\beta_t$	součinitel kroucení
$\beta(t_0)$	součinitel vyjadřující vliv stáří betonu v okamžiku vnesení zatížení na základní součinitel dotvarování

$\gamma_c$	součinitel spolehlivosti betonu
$\gamma_s$	součinitel spolehlivosti výztuže
$\gamma_G$	součinitel stálého zatížení
$\gamma_Q$	součinitel proměnného zatížení
$\epsilon_{cu}$	mezní poměrné přetvoření betonu
$\epsilon_{yd}$	přetvoření betonářské výztuže
$\epsilon_{cs}$	volné přetvoření od smršťování
$\rho$	stupeň vyztužení
$\phi$	profil výztuže
$\varphi(t, t_0)$	součinitel dotvarování
$\varphi_0$	základní součinitel dotvarování
$\varphi_{RH}$	součinitel vyjadřující vliv vlhkosti prostředí na základní součinitel dotvarování
$\mu$	tvarový součinitel

## SEZNAM PŘÍLOH

- P1. POUŽITÉ PODKLADY
- P2. VÝKRESY TVARU A VÝZTUŽE
- P3.1 STATICKÝ VÝPOČET
- P3.2 SMYKOVÉ LIŠTY HALFEN DEHA