



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

STATICKÉ POSOUZENÍ VYBRANÝCH ČÁSTÍ ŽB OBJEKTU

STATIC ANALYSIS OF SELECTED PARTS OF RC BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martina Chalupová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVAŘÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Martina Chalupová
Název	Statické posouzení vybraných částí ŽB objektu
Vedoucí práce	Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Stavební podklady – situace, půdorysy, řezy, geologie.

Platné předpisy a normy (včetně změn a oprav):

ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 až 7: Zatížení stavebních konstrukcí

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

ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro vícepodlažní objekt proveďte návrh a posouzení výztuže ve vybraných prvcích nosné konstrukce v rozsahu určeném vedoucím práce. Statickou analýzu proveďte v některém programovém systému pro výpočet konstrukcí (včetně kontroly zjednodušenou metodou). Vypracujte výkres tvaru dimenzované části konstrukce a podrobné výkresy výztuže posuzovaných prvků.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

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

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

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

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ 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. Ivana Švaříčková, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je návrh a posouzení prvků železobetonové konstrukce. Bude navržena deska nad 1.NP, sloup, stěna a prefabrikované schodiště. Vnitřní síly v prvcích jsou získány pomocí metody konečných prvků a ověřeny pomocí metody náhradních rámců. Prvky jsou dimenzovány na návrhové vnitřní síly z metody konečných prvků. Pro desku bylo provedeno ověření na mezní stav použitelnosti. Veškeré výpočty byly provedeny v souladu s normou.

KLÍČOVÁ SLOVA

lokálně podepřená deska, monolitická železobetonová stropní deska, železobeton, dimenzování, posouzení, sloup, stěna, schodiště, prefabrikát, vnitřní síly, výztuž, beton, protlačení, výkres výztuže, metoda konečných prvků, metoda náhradních rámců

ABSTRACT

The aim of the diploma thesis is to design, structural check of reinforced elements. The slab, column, wall and staircase is designed. The internal forces are obtained from Finite Element Method and are checked with the supplementary frame method. The design of elements is based on internal forces from Finite Element Method. Service limit state is checked for the slab. All calculations were performed in accordance with valid standard.

KEYWORDS

point-supported slab, cast in place reinforced slab, reinforced concrete, design, assessment, column, wall, staircase, prefabricated element, internal forces, reinforcement, concrete, punching, reinforcement drawing, finite element method, the supplementary frame method

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Martina Chalupová *Statické posouzení vybraných částí ŽB objektu*. Brno, 2019. 23 s., 440 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Statické posouzení vybraných částí ŽB objektu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 9. 1. 2019

Bc. Martina Chalupová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Statické posouzení vybraných částí ŽB objektu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9. 1. 2019

Bc. Martina Chalupová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. Ivaně Švaříčkové, Ph.D. za čas, který mi věnovala, za rady a odborné vedení práce.

OBSAH

Úvod	
Textová část	9
1 Základní informace o objektu.....	9
2 Materiálové charakteristiky	10
3 Zatížení.....	11
3.1 Stálé	11
3.2 Proměnné.....	11
4 Výpočtový model.....	12
5 Návrh a posouzení.....	14
5.1 Deska d1	14
5.2 Sloup S1	15
5.3 Stěna W8	15
5.4 Prefabrikované schodiště.....	15
6 Mezní stav použitelnosti – průhyb	15
Závěr	16
Seznam použitých zdrojů.....	18
Seznam zkratk	19
Seznam příloh	23

ÚVOD

Náplní této diplomové je návrh a posouzení výztuže železobetonového objektu administrativní budovy. Součástí práce je posouzení stropní desky na mezní stav použitelnosti – průhyb. Jedná se o 7 podlažní administrativní objekt, kde bude v rámci diplomové práce řešena deska D1 nad 1.NP, vnitřní sloup S1 přes celou výšku objektu, stěna ztužujícího jádra W8 a rameno prefabrikovaného schodiště.

Řešení vnitřních sil bude provedeno pomocí výpočetního softwaru SCIA 17. V programu je vytvořen prostorový model celého objektu. Na základě získaných vnitřních sil v prvcích je proveden návrh výztuže jednotlivých prvků. Ověření vnitřních sil v desce D1 jsem provedla pomocí ručního výpočtu. Jako zjednodušenou metodu jsem zvolila metodu náhradního rámu.

Jako výztuž proti protlačení jsou navrženy smykové lišty. Pro výpočet výztuže proti protlačení v desce D1 jsem využila softwaru JORDAHL® EXPERT Výztuž proti protlačení od firmy Jordahl. Tento program pracuje na základě německé normy ETA 13/0136. Návrh výztuže proti protlačení u sloupu S1 jsem provedla ručním výpočtem.

TEXTOVÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O OBJEKTU

V rámci diplomové práce je řešena železobetonová konstrukce sedmipodlažního administrativního objektu.

Objekt je tvořen monolitickými stropními konstrukcemi a zastřešení je řešeno pomocí ploché střechy. Ve středu půdorysu jsou umístěna dvě komunikační jádra tvořená železobetonovými monolitickými stěnami. Podpory jsou tvořeny sloupy. Schodiště umístěná v komunikačních jádrech jsou tvořena prefabrikovanými rameny. Předpokládaný způsob založení objektu je na pilotových základech.

Stropní desky jsou řešeny jako lokálně podepřené desky. Tvar desky je obdélníkový o rozměrech 21,48x60,48 m. Deska je rozdělena na 3 x 8 polí. Pole jsou obdélníková s osovou vzdáleností sloupů 6,0x7,5 m a čtvercová s rozměrem 7,5x7,5 m. Ve střední části je deska podporována monolitickými stěnami. Po obvodu desky je vytvořeno obvodové žebro sloužící pro ukotvení opláštění budovy.

Rozměry sloupů jsou rozděleny po podlažích. Předpokládaný rozměr sloupu v 1.NP a 2.NP je 480x480 mm. Rozměr pro 3.NP a 4.NP je 400x400 mm a pro 5.NP a 6.NP je 320x320 mm. Výška sloupu v 1.NP je 3,75 m a v následujících podlažích je 3,3 m. V 7.NP jsou svislé konstrukce tvořeny stěnami o tloušťce 250 mm.

Monolitické stěny v rámci 1.NP mají výšku 3,75 m, v následujících podlažích je výška shodná se sloupy tj. 3,3 m. Tloušťka stěn v objektu je 200 a 250 mm.

V objektu se nachází dva komunikační prostory. V obou z nich je umístěno dvouramenné prefabrikované schodiště.

Stupeň vlivu prostředí vzhledem k podmínkám prostředí: XC1 – suché, stále mokré (beton uvnitř budovy s nízkou vlhkostí vzduchu, beton trvale ponořený ve vodě) [1]

Kategorie návrhové životnosti konstrukce: 4 [2]

Konstrukční třída – stropní konstrukce: S2 (XC1) [4]

- základní návrhová životnost pro 50 let třída S4
- Snížení třídy konstrukce z důvodu deskové konstrukce a z důvodu pevnostní třídy betonu C30/37

Konstrukční třída – sloupy, vnitřní stěny: S3 (XC1) [4]

- základní návrhová životnost pro 50 let třída S4
- Snížení třídy konstrukce z důvodu pevnostní třídy betonu C30/37

Konstrukční třída – vnější stěny (7.NP): S4 (XC3) [4]

- základní návrhová životnost pro 50 let třída S4

Užitné zatížení: [3]

- kategorie ploch A (plochy pro dom. a obytné místn.– hygienické zázemí) $q_k=2,0 \text{ kN/m}^2$
- kategorie ploch B (kancelářské plochy) – $q_k=3,0 \text{ kN/m}^2$
- kategorie ploch C1 (shromažďovací plochy) – $q_k=3,0 \text{ kN/m}^2$
- kategorie ploch D1 (obchodní plochy) – $q_k=4,0 \text{ kN/m}^2$
- kategorie ploch H (zatížení na střechu) – $q_k=0,75 \text{ kN/m}^2$

2 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Beton C30/37 dle ČSN 1992-1-1 [4]

Součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_c=1,5$

(trvalá a dočasná návrhová situace)

Součinitel uvažující dlouhodobé podmínky $\alpha_{cc}=1,0$ (v ČR pro pozemní stavby)

Charakteristická válcová pevnost v tlaku $f_{dk}=30 \text{ MPa}$

Návrhová válcová pevnost v tlaku $f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1,5} = 20,000 \text{ MPa}$

Charakteristická krychelná pevnost v tlaku $f_{ck,cube}=37 \text{ MPa}$

Průměrná hodnota válcové pevnosti v tlaku $f_{cm}=f_{ck}+8=30+8=38 \text{ MPa}$

Průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu $f_{ctm}=0,3 \cdot f_{ck}^{(2/3)}=2,9 \text{ MPa}$

Sečnový modul pružnosti betonu $E_{cm}=32 \text{ MPa}$

Mezní poměrné stlačení betonu $\epsilon_{cu3}=3,5 \text{ ‰}$

$\epsilon_{c3}=1,75 \text{ ‰}$

Ocel B500B: dle ČSN 1992-1-1 [4]

Součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_s=1,15$
(trvalá a dočasná návrhová situace)

Charakteristická minimální mez kluzu $f_{yk}=500$ MPa

Návrhová mez kluzu $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,783$ MPa

Minimální pevnost v tahu $f_{tk}=550$ MPa

Sečnový modul pružnosti $E_s=200$ GPa

Přetvoření výztuže $\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,783}{200000} = 2,174$ ‰

Smykové lišty Jordahl JDA

Ocel B500B – smykové trny

Děrovaná lišta – standartní stavební ocel

3 ZATÍŽENÍ

3.1 STÁLÉ

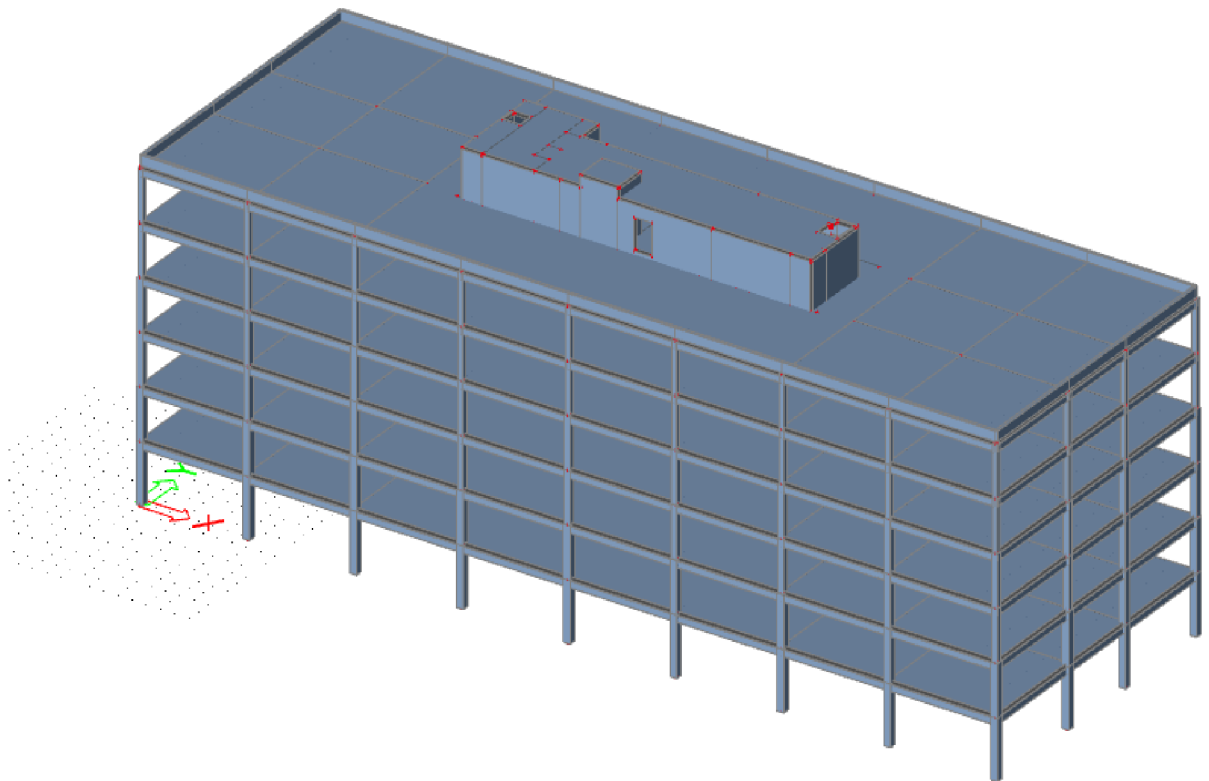
- vlastní tíha desky – tíha betonu určena na základě ČSN EN 1991-1-1 [3]
- ostatní stálé zatížení
 - o podlaha – skladba se liší v rámci podlaží a umístění na podlaží
 - o zatížení zděnými konstrukcemi – pórobetonové tvárnice v tl. 100, 150, 200, 250 a 300 mm
 - o SDK příčky – pro příčky s tíhou do 1 kN/m délky uvažují hodnotu 0,5 kN/m², kterou přičtu k hodnotě užitého zatížení působícího na konstrukci
 - o podhled
 - o obvodový plášť
 - o střešní plášť

3.2 PROMĚNNÉ

- Užité zatížení – uvažují dle kategorie ploch. Pro získání nejnepříznivějších hodnot vnitřních sil bude konstrukce zatížena různými kombinacemi tvořenými pruhy a šachy.
 - o kategorie ploch A (plochy pro dom. a obytné místnosti – hygienické zázemí)
 $q_k=2,0$ kN/m²

- kategorie ploch B (kancelářské plochy)
 $q_k=3,0 \text{ kN/m}^2$
- kategorie ploch C1 (shromažďovací plochy)
 $q_k=3,0 \text{ kN/m}^2$
- kategorie ploch D1 (obchodní plochy)
 $q_k=4,0 \text{ kN/m}^2$
- kategorie ploch H (zatížení na střeche)
 $q_k=0,75 \text{ kN/m}^2$
- sníh
 - základní hodnota $s=0,56 \text{ kN/m}^2$
 - zatížení návějí u stěn 7.NP, u atiky
- vítr – přenos větru do konstrukce skrz stropní desky
 - uvažují 3 různé výšky pro působení větru
 - $z = b = 21,96 \text{ m}$ $q_p(z) = 1,123 \text{ KPa}$
 - $z = 23,07 \text{ m}$ – úroveň horní hrany atiky $q_p(z) = 1,136 \text{ KPa}$
 - $z = 26,25 \text{ m}$ – úroveň horní hrany přístřešku – 7.NP $q_p(z) = 1,171 \text{ KPa}$

4 VÝPOČTOVÝ MODEL



Pro získání vnitřních sil v jednotlivých prvcích konstrukce jsem vytvořila prostorový model v programu SCIA. Tento program pracuje na základě metody konečných prvků. Konstrukce je vymodelována jako jednotlivé desky podepřené sloupy a stěnami. Po obvodě stropních desek je vytvořeno žebro a stejně tak v posledním podlaží atika.

Sloupy jsou vytvořeny jako prvek sloup. Uložení sloupu v 1.NP je v patě modelováno jako vetknutí. Sloupy jsou čtvercového rozměru s proměnným průřezem po výšce. Rozměr je 480x480 mm, 400x400 mm a 320x320 mm.

Stěny jsou modelovány prvek stěna a jsou v nich vytvořeny dveřní otvory na základě podkladů. V 1.NP je podepření stěny modelováno jako vetknutí po délce stěny. Tloušťka stěn je 200 mm a 250 mm.

Pro výpočet vnitřních sil jsem vytvořila samostatný výpočtový model. Jedná se o prostě uložený šikmý nosník. Jako užité zatížení uvažuji hodnotu $q_k=3,0 \text{ kN/m}^2$.

Celkem je konstrukce zatížena 43 zatěžovacími stavy. Vlastní tíha konstrukce je určena na základě zadané geometrie. Užité zatížení je na konstrukci rozloženo v pruzích nebo jsou vytvořeny šachy pro získání nejnepříznivější kombinace zatížení. Zatěžovací stavy jsou v programu kombinovány pomocí rovnic dle ČSN EN 1990 [2]:

Rovnice 6.10.a:

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

Rovnice 6.10.b:

$$\sum_{i \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

Na základě vytvořených kombinací jsem získala nejnepříznivější hodnoty vnitřních sil pro jednotlivé prvky konstrukce. Pro návrh výztuže desky uvažuji návrhové vnitřní síly pro horní a spodní povrch desky D1. Pro návrh výztuže sloupu a stěny použiji různé kombinace normálové síly a působícího momentu v příslušném směru.

Vnitřní síly u desky D1 budou ověřeny pomocí ruční zjednodušené metody. Pro ověření jsem použila metodu náhradních rámců dle ČSN 731201 [5]. Metodu jsem zvolila, protože má obecnější použití než metoda součtových momentů a pro můj případ byla vhodnější. Pro výpočet ruční metodou jsem uvažovala pole ve směru y. Hodnoty získané z programu SCIA a z ručního výpočtu jsem vzájemně porovnála. Ověření a porovnání je součástí statického výpočtu viz příloha P3. Po porovnání hodnot můžu říct, že hodnoty jsou řádově srovnatelné a model tedy odpovídá.

5 NÁVRH A POSOUZENÍ

5.1 DESKA D1

Ohybovou výztuž desky jsem navrhla na základě návrhových vnitřních sil pro spodní a horní povrch desky. U desky jsem při obou površích navrhla základní síť, která přenesou většinu ohybových momentů. Pro místa, kde základní síť nedostačuje pro přenos ohybového momentu, jsem navrhla dodatečné výztužení příložkami na zbylý ohybový moment.

Pro návrh výztuže proti protlačení v oblasti sloupů jsem využila programu JORDAHL® EXPERT Výztuž proti protlačení. Výpočet jsem provedla pro všechna kritická místa. Jako výztuž proti protlačení jsem navrhla smykové lišty JDA. Pro vnitřní sloup S1 jsem provedla ruční výpočet. Pro všechny místa jsem určila součinitel β pro přesnější výpočet.

Výztuž proti řetězovému zřícení byla navržena při spodním povrchu konstrukce desky D1 a prochází v oblasti sloupů v obou směrech.

V rámci desky jsem navrhla výztuž pro okrajové žebro Z1, které je po obvodě desky.

Navrženo:

Výztuž při spodním povrchu desky

- směr x – $\emptyset 14/200 + 2\emptyset 20$ v oblasti každého sloupu
- směr y – $\emptyset 14/250 + 2\emptyset 16$ v oblasti každého sloupu

Výztuž při horním povrchu desky

- směr x – $\emptyset 12/200 +$ dovyztužení jednotlivých oblastí
- směr y – $\emptyset 12/250 +$ dovyztužení jednotlivých oblastí

Výztuž proti protlačení

Sloup S1 – 32xJDA – 2/10/205-300 (75/150/75)

Sloup S2 – 16xJDA – 3/10/205-450 (75/150/150/75)

Sloup S3 – 7xJDA – 3/10/205-450 (75/150/150/75) + 7xJDA – 2/10/205-300 (75/150/75)

Sloup S4 – 11xJDA – 3/10/205-450 (75/150/150/75) + 11xJDA – 2/10/205-300 (75/150/75)

Konec stěny tl.250 mm – 5xJDA – 2/10/205-300 (75/150/75)

Konec stěny u otvoru - 5xJDA – 2/10/205-300 (75/150/75)

Roh stěny tl.200 mm – 3xJDA – 2/10/205-300 (75/150/75)

Okrajové žebro Z1

Výztuž při spodním povrchu $3\emptyset 16$ mm

Výztuž při horním povrchu $5\emptyset 12$ mm

Třmínky $\emptyset 8$ mm po 200 a 300 mm

5.2 SLOUP S1

Pro každý sloup jsem určila 4 různé kombinace N+M pro oba směry a následně posoudila pomocí interakčního diagramu. Pro sloup byl proveden návrh smykové výztuže. Výpočet je proveden pro sloup S1 průběžně po celé výšce budovy.

Navrženo:

1.NP - 8Ø16 + třmínek Ø8/200 mm

2.NP - 8Ø16 + třmínek Ø8/200 mm

3.NP - 8Ø12 + třmínek Ø8/150 mm

4.NP - 8Ø12 + třmínek Ø8/150 mm

5.NP - 4Ø12 + třmínek Ø8/150 mm

6.NP - 4Ø12 + třmínek Ø8/150 mm

5.3 STĚNA W8

Výztuž ve stěně byla navržena na základě ohybového momentu a následně posouzena pomocí interakčního diagramu na kombinaci N+M. Ve stěně je navržena svislá a vodorovná výztuž.

Navrženo:

Vodorovná výztuž - Ø8/250 mm

Svislá výztuž - Ø8/180 mm + zhuštění na Ø8/90 mm při obou koncích stěny na délce 1,5 m

5.4 PREFABRIKOVANÉ SCHODIŠTĚ

Schodiště je modelováno jako prostě uložená deska. Výztuž navržena na ohybový moment v desce.

Navrženo:

Spodní povrch

- Podélná výztuž - Ø8/100 mm
- Příčná výztuž - Ø8/200 mm

Horní povrch

- Podélná výztuž - Ø8/200 mm + přivyztužení v místě zvedacích prostředků
- Příčná výztuž - Ø8/200 mm + přivyztužení v místě zvedacích prostředků

6 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI – PRŮHYB

Pro řešenou stropní desku D1 nad 1.NP jsem provedla posouzení průhybu pomocí softwaru SCIA. Desku jsem vyztužila navrženou výztuží z výpočtu viz příloha P03 kapitola 6 a následně provedla výpočet průhybu pro kvazistálou kombinaci zatížení. Posouzení jsem

provedla pomocí nástroje Normově závislý průhyb – dostala jsem průhyb celkový průhyb desky včetně dotvarování. V této hodnotě není zahrnutý průhyb od smršťování.

Průběhy izoploch průhybů ze SCIA jsou součástí přílohy P03 Statický výpočet

Lineární průhyb desky – bez uvažování trhlin a dotvarování

$$\delta_{lin}=5,0 \text{ mm}$$

Krátkodobý průhyb desky – s vlivem trhlin a krátkodobých proměnných zatížení

$$\delta_{short}=11,6 \text{ mm}$$

Průhyb od dotvarování

$$\delta_{creep}=15,5 \text{ mm}$$

Celkový průhyb

$$\delta_{tot} = \delta_{short} + \delta_{creep} = 11,6 + 15,5 = \underline{27,1 \text{ mm}}$$

Limitní průhyb

jako limitní hodnotu pro desku uvažuji $\delta_{lim} = L_{max}/250$

$$\delta_{lim} = 7500/250 = 30 \text{ mm}$$

Posouzení

$$\delta_{tot} = 27,1 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = 30 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout a posoudit vybrané prvky monolitické železobetonové konstrukce na mezní stav únosnosti a použitelnosti.

Ověření vnitřních sil, které jsem získala pomocí metody konečných prvků, jsem provedla pomocí metody náhradního rámu. Při srovnání hodnot z jednotlivých metod jsem zjistila, že se hodnoty jsou řádově srovnatelné. Rozdíly mohou vznikat jiným přerozdělení vnitřních sil ve výpočtu pomocí MKP než u MNR. Pro dimenzování výztuže vybraných prvků jsem následně použila návrhové vnitřní síly z programu SCIA.

Pro vyztužení desky D1 jsem použila pruty $\emptyset 8$, $\emptyset 12$, $\emptyset 14$, $\emptyset 16$ mm. Jako výztuž proti řetězovému zřícení, která prochází pod sloupy v obou směrech, jsem použila výztuž $\emptyset 16$ a $\emptyset 20$ mm.

Proti protlačení desky jsem navrhla smykové lišty o délce 300 mm s dvěma trny – JDA-2/12/205-300 (75/150/75) a smykové lišty o délce 450 mm se třemi trny – JDA-3/12/205-450(75/150/150/75). Pro desku jsem provedla výkres tvaru, výkres výztuže při spodním povrchu konstrukce, výkres výztuže při horním povrchu a výkres výztuže proti protlačení.

V rámci desky jsem navrhla výztuž okrajového žebra Z1, kde jsem pro vyztužení použila pruty $\varnothing 12$ a $\varnothing 16$ mm a $\varnothing 8$ mm pro třmínky. Pro žebro je proveden samostatný výkres výztuže.

Pro vyztužení sloupů jsem použila pruty $\varnothing 12$ a $\varnothing 16$ mm. Třmínky jsou $\varnothing 8$ mm ve všech sloupech. Pro sloupy je proveden výkres vyztužení.

Stěna je vyztužena pomocí $\varnothing 8$ mm při obou povrchích i směrech. Výkres výztuže stěny je součástí dokumentace. Pro schodiště je při obou povrchích navržena výztuž $\varnothing 8$ mm.

Při ověření průhybu desky jsem zjistila, že průhyb desky včetně dotvarování $\delta_{\text{tot}}=27,1$ mm vyhovuje limitnímu průhybu desky $\delta_{\text{lim}}=30$ mm.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

ODBORNÁ LITERATURA

- [1] ČSN EN 206-1: *Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*, Praha: ČNI9/2001, Z3 4/08.
- [2] ČSN EN 1990 (ČSN 73 0002). *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*, Praha: ČNI, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-1 (ČSN 73 0035). *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: ČNI, 2004
- [4] ČSN EN 1992-1-1: *Navrhování betonových konstrukcí – Obecně – Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní a inženýrské stavby*, Praha: ČNI 11/2006. Oprava 1 7/2009.
- [5] ČSN 731201. *Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb*, Praha: ČNI, 2010.
- [6] PROCHÁZKA, Jaroslav. *Navrhování betonových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-1-2*. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. Technická knihovna (ČKAIT). ISBN 978-808-7438-039.
- [7] Šmejkal J., Procházka J., Hanzlová H.: *Navrhování na mezní stav porušení protlačením, Beton TKS 5/2011 str. 66–71*
- [8] Šmejkal J., Procházka J.: *Protlačení z pohledu ČSN EN 1992-1-1 a předpisů pro patentovanou smykovou výztuž, Beton TKS 5/2014 str. 60–67*

WEBOVÉ STRÁNKY

- [9] ŠVAŘÍČKOVÁ, Ivana. *Ing. Švaříčková Ivana, Ph.D* [online]. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/BZK/svarickova.i/>

SOFTWARE

SCIA 17.1

Autocad 17 + Recoc

JORDAHL® EXPERT Výztuž proti protlačení

Microsoft Word

Microsoft Excel

SEZNAM ZKRATEK

a	Půdorysný rozměr sloupu
A	Zatěžovací plocha
A_c	Plocha průřezu
A_s	Navržená plocha výztuže základní sítě
$A_{s, \text{trn}}$	Plocha smykového trnu
$A_{s, \text{req}}$	Požadovaná plocha výztuže pro příložky
A_s	Navržená plocha výztuže pro příložky
$A_{s, \text{max}}$	Maximální plocha výztuže
$A_{s, \text{min}}$	Minimální plocha výztuže
$A_{s, \text{st}, \text{req}}$	Požadovaná plocha výztuže pro základní síť
$A_{s, x}, A_{s, y}$	Průměrná plocha výztuže pro výpočet stupně vyztužení
$A_{s, x, y, z}$	Plocha výztuže proti řetězovému zřícení
b	Půdorysný rozměr sloupu
c	Krytí výztuže
c	Rozměr sloupu
c_1, c_2	Rozměr sloupu
c_{min}	Min. hodnota krytí s přihlédnutím k soudržnosti a ke stupni vlivu prostředí
$c_{\text{min}, b}$	Minimální krycí vrstva s přihlédnutím k požadavku soudržnosti
$c_{\text{min}, \text{dur}}$	Minimální krycí vrstva s přihlédnutím k podmínkám prostředí
c_{nom}	Jmenovitá tloušťka betonové krycí vrstvy
$c_{\text{sít}}$	Krytí výztuže základní sítě
d	Průměrná účinná výška pro horní výztuž
d	Účinná výška průřezu
d_A	Průměr smykového trnu
d_g	Maximální průměr kameniva
$d_{\text{h}x}$	Účinná výška průřezu pro návrh horních příložek ve směru x
$d_{\text{h}sx}$	Účinná výška průřezu pro návrh základní sítě horní výztuže ve směru x
$d_{\text{h}sy}$	Účinná výška průřezu pro návrh základní sítě horní výztuže ve směru y
$d_{\text{sh}y}$	Účinná výška průřezu pro návrh spodních příložek ve směru y
$d_{\text{ss}x}$	Účinná výška průřezu pro návrh základní sítě spodní výztuže ve směru x
$d_{\text{ss}y}$	Účinná výška průřezu pro návrh základní sítě spodní výztuže ve směru y
d_x	Průměrná účinná výška pro horní výztuž ve směru x
d_y	Průměrná účinná výška pro horní výztuž ve směru y
E_{cm}	Sečnový modul pružnosti betonu
E_{cs}	Modul pružnosti betonu desky
E_s	Sečnový modul pružnosti oceli
f_{bd}	Mezní napětí v soudržnosti
F_{cc}	Síla v tlačeném betonu
f_{cd}	Návrhová válcová pevnost v tlaku
f_{ck}	Charakteristická válcová pevnost v tlaku
$f_{\text{ck}, \text{cube}}$	Charakteristická krychelná pevnost v tlaku
f_{cm}	Průměrná hodnota válcové pevnosti v tlaku
f_{ctm}	Průměrná hodnota pevnosti betonu v tahu
$F_{\text{R}, d}$	Únosnost smykového trnu

F_s	Síla ve výztuži
f_{tk}	Minimální pevnost v tahu oceli
f_{yd}	Návrhová mez kluzu oceli
f_{yk}	Charakteristická minimální mez kluzu oceli
g_d	Návrhová hodnota stálého zatížení
g_k	Charakteristická hodnota stálého zatížení
G_{kj}	Stálé zatížení
h	Tloušťka desky
h	Výška sloupu
h_A	Délka smykového trnu
h_s	Tloušťka desky
l_0	Přesahová délka výztuže
$l_{0,min}$	Minimální přesahová délka výztuže
L_1	Rozpětí deskového pole v rovině vyšetřovaných momentů
L_1	Rozpětí deskového pole ve směru 1
L_2	Rozpětí deskového pole v rovině kolmé k vyšetřovaným momentům
L_2	Rozpětí deskového pole ve směru 2
$l_{b,min}$	Minimální kotevní délka
$l_{b,rd}$	Návrhová kotevní délka
$l_{b,rqd}$	Základní kotevní délka
$L_{n,max}$	Větší ze světlého rozpětí pole
L_{nx}	Světlá vzdálenost sloupů ve směru x
L_{ny}	Světlá vzdálenost sloupů ve směru y
l_s	Oblast vyztužená smykovými trny
l_s	Šířka sloupového pruhu
l_{smin}	Minimální délka smykové lišty
l_{ss}	Skutečná navržená délka smykové lišty
L_x	Osová vzdálenost sloupů ve směru x
L_y	Osová vzdálenost sloupů ve směru y
m_c	Počet prvků (řad) v oblasti C
M_{Ed}	Celková hodnota ohybového momentu v posuzovaném průřezu
$M_{Ed,hh,x}$	Hodnota ohybového momentu, kterou je nutné přenést přílozkami
$M_{Ed,hx(y)}$	Návrhová hodnota ohybového momentu pro horní síť ve směru x (y)
$M_{Ed,sx(y)}$	Návrhová hodnota ohybového momentu pro spodní síť ve směru x (y)
MKP	Metoda konečných prvků
$M_{rd,hx(y)}$	Momentová únosnost základní sítě horní výztuže
$M_{rd,sx(y)}$	Momentová únosnost základní sítě spodní výztuže
$M_{rd,hx}$	Momentová únosnost horních příložek ve směru x
M_{rdshy}	Momentová únosnost spodních příložek ve směru y
MNR	Metoda náhradních rámců
n_c	Počet trnů v prvku v oblasti C
N_{Ed}	Návrhová hodnota zatížení působícího na sloup
N_{Rd}	Únosnost průřezu
\emptyset	Průměr výztuže
P	Zatížení od předpětí
q_d	Návrhová hodnota proměnného zatížení

q_k	Charakteristická hodnota proměnného zatížení pro kategorii ploch
$Q_{k,1}$	Ostatní proměnná zatížení
$Q_{k,1}$	Rozhodující proměnné zatížení
Q_{ki}	Ostatní proměnná zatížení
r_{out}	Poloměr posledního kontrolovaného obvodu
S	Celková plocha desky
s	Minimální vzdálenost podélné výztuže
$s_{max,slabs}$	Maximální vzdálenost podélné výztuže
s_{tD}	Rozteč trnů v tangenciálním směru v oblasti D
s_u	Vzdálenost poslední řady trnů od vnějšího kontrolovaného obvodu
s_w	Vzdálenost trnu od sloupu
$s_{w,C,D}$	Rozteče trnů v radiálním směru
s_{wa}	Rozteč trnů v tangenciálním směru ve vzdálenosti d od líce sloupu
t_s	Tloušťka stěny
u_0	Délka kontrolního obvodu těsně kolem sloupu
u_1	Délka 1. kontrolního obvodu
u_{out}	Poslední kontrolovaný obvod
V_{Ed}	Působící zatížení způsobující protlačení
x	Výška tlačené oblasti betonu
$Z_x(y)$	Rameno sil výztuže ve směru x (y)
Z_{xh}	Rameno sil pro příložky ve směru x (y)
α_1	Součinitel vyjadř. vliv tvaru prutu za předpokladu odpovídající krycí vrstvy
α_1	Součinitel spolupůsobení ztužujících trámů s deskou
α_2	Součinitel spolupůsobení ztužujících trámů s deskou
α_2	Součinitel vyjadřující vliv minimální betonové krycí vrstvy
α_3	Součinitel vyjadřující vliv ovinutí příčnou výztuží
α_4	Součinitel vyjadřující vliv jednoho nebo více příčně přivařených prutů v návrhové kotevní délce l_{bd}
α_5	Součinitel vyjadřující vliv tlaku kolmého na rovinu odštěpování betonu v návrhové kotevní délce
α_6	Součinitel pro výpočet stykovací délky
α_{cc}	Součinitel uvažující dlouhodobé podmínky
β	Součinitel vyjadřující vliv excentricity působící síly vůči těžišti styčné plochy
γ_c	Součinitel spolehlivosti materiálu pro beton
$\gamma_{G,j}$	Dílčí součinitel spolehlivosti pro stálé zatížení
γ_P	Dílčí součinitel spolehlivosti pro zatížení od předpětí
$\gamma_{Q,1}$	Dílčí součinitel spolehlivosti pro rozhodující proměnné zatížení
$\gamma_{Q,i}$	Dílčí součinitel spolehlivosti pro doprovodná proměnná zatížení
γ_s	Součinitel spolehlivosti materiálu pro ocel
ΔC_{dev}	Přídavek na návrhovou odchylku
$\Delta C_{dur,add}$	Redukce minimální krycí vrstvy při použití dodatečné ochrany
$\Delta C_{dur,st}$	Redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli
$\Delta C_{dur,y}$	Přídavná hodnota z hlediska spolehlivosti
ϵ	poměr delšího ke kratšímu světlému rozpětí deskového pole
ϵ_{c3}	Mezní poměrné stlačení betonu pro bilineární pracovní diagram
ϵ_{cu3}	Mezní poměrné stlačení betonu pro bilineární pracovní diagram

ε_{yd}	Přetvoření výztuže
η	Faktor účinné výšky pro výpočet protlačení
η_1	Součinitel zohledňující kvalitu podmínek soudržn. a polohu prutu během betonáže
η_2	Součinitel zohledňující průměr prutu
θ	Úhel smykové plochy
λ	Redukční součinitel pro beton
V_{Ed0}	Maximální smykové napětí těsně kolem sloupu
V_{Ed1}	Maximální smykové napětí
V_{min}	Minimální odolnost v protlačení
$V_{Rd,c}$	Návrhová hodnota únosnosti ve smyku při protlačení desky bez smykové výztuže na protlačení v uvažovaném kontrolovaném průřezu
$V_{Rd,max}$	Návrh. hodnota max. únosnosti ve smyku při protlačení v uvažovaném kontrolním průřezu
$\rho_{lx,y}$	Průměrná hodnota stupně vyztužení
σ_{sd}	Návrhové namáhání prutu v místě, odkud se uvažuje kotvení
$\Psi_{0,i}$	Součinitel pro kombinační hodnotu
ω	Předpokládaný stupeň vyztužení sloupu
ω	Hodnota, která udává poměrné části celkových kladných a záporných výpočtových momentů připadajících na sloupový pruh

SEZNAM PŘÍLOH

P1 – Použité podklady	-
P2 – Výkresová dokumentace	
	P2.01 Výkres tvaru
	P2.02 Výkres výztuže – spodní povrch
	P2.03 Výkres výztuže – horní povrch
	P2.04 Výkres výztuže proti protlačení
	P2.05 Výkres výztuže žebra Z1
	P2.06 Výkres výztuže sloupu S1
	P2.07 Výkres výztuže stěny W8
	P2.08 Výkres výztuže schodiště
P3 – Statický výpočet	
P4 – Přílohy ke statickému výpočtu	
	P4.01 Zatěžovací stavy
	P4.02 Deska D1 – vnitřní síly
	P4.03 Protlačení – protokoly
	P4.04 Sloup S1 – vnitřní síly
	P4.05 Stěna W8 – vnitřní síly