



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 ŽELEZOBETONOVÁ DESKA

REINFORCED CONCRETE SLAB SUPPORTED ON COLUMNS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Horský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL POŽÁR, Ph.D.

BRNO 2021



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 Horský
Název	Lokálně podepřená železobetonová deska
Vedoucí práce	Ing. Michal Požár, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

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

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

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Stavební podklady – půdorysy, řezy

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: na základě doporučení vedoucím práce

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro vícepodlažní železobetonovou budovu navrhnete a posudíte strop (lokálně podepřenou desku) nejnižšího podlaží.

V rozsahu určeném vedoucím práce proveďte statické řešení a dimenzování stropní konstrukce, vybraných sloupů a navrhnete a nadimenzujete montované schodiště. 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 práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle aktuálních směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Technická zpráva, výkresy tvaru a výztuže (v rozsahu určeném vedoucím práce).

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

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

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Michal Požár, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na výpočet vnitřních sil a posouzení železobetonové lokálně podepřené desky 1.NP obchodního domu. Pro výpočet byla zvolena metoda součtových momentů a softwarová metoda konečných prvků v programu SCIA Engineer. Dále je obsahem práce návrh a posouzení sloupu a základové patky.

KLÍČOVÁ SLOVA

vnitřní síly, železobeton, lokálně podepřená deska, metoda součtových momentů, metoda konečných prvků, sloup, základová patka

ABSTRACT

The Bachelor thesis is aimed at calculating internal forces and assessing the reinforced concrete point-supported slab of the 1st floor of the department store. The moment coefficient method and the software method of the finite element method in the SCIA Engineer were selected for the calculation. The thesis also includes the design and assessment of the column and the foundation pad.

KEYWORDS

internal forces, reinforced concrete, point-supported slab, moment coefficient method, finite element method, column, foundation pad

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jan Horský *Lokálně podepřená železobetonová deska*. Brno, 2021. 9 s., 90 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Požár, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Lokálně podepřená železobetonová deska* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2021

Jan Horský
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Lokálně podepřená železobetonová deska* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2021

Jan Horský
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji především vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Michalu Požárovi, Ph.D., za odborné rady, ochotu, a hlavně nemalý čas strávený při konzultacích. Děkuji rovněž všem svým blízkým za neutuchající trpělivost během studia.



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 ŽELEZOBETONOVÁ DESKA

REINFORCED CONCRETE SLAB SUPPORTED ON COLUMNS

TEXTOVÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Horský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL POŽÁR, Ph.D.

BRNO 2021

Obsah

1. Úvod	11
2. Popis konstrukce.....	11
3. Konstrukční řešení.....	11
3.1. Základové konstrukce.....	11
3.2. Svislé nosné konstrukce	11
3.3. Vodorovné nosné konstrukce.....	12
4. Materiálové charakteristiky	12
4.1. Beton C 30/37	12
4.2. Ocel B500 B.....	12
5. Zatížení.....	13
5.1. Stálé zatížení.....	13
5.2. Proměnné zatížení	13
6. Zatěžovací stavy	13
6.1. 2D model.....	13
6.2. 3D model.....	13
7. Vnitřní síly	14
8. Vyztužování.....	14
8.1. Stropní deska.....	14
8.2. Sloup.....	14
8.3. Patka.....	14
9. Závěr	15
10. Seznam zdrojů	15
10.1. Normy	15
10.2. Literatura	15
10.3. Software.....	15
11. Seznam zkratek.....	16
12. Seznam příloh	17

1. Úvod

Bakalářská práce je zaměřena na výpočet vnitřních sil a posouzení železobetonové lokálně podepřené desky 1.NP obchodního domu a dalších vybraných konstrukčních prvků. Pro výpočet desky byla zvolena metoda součtových momentů a softwarová metoda konečných prvků v programu SCIA Engineer, kde byl vytvořen jak 2D, tak 3D model. Dále je obsahem práce návrh a posouzení sloupu, základové patky a krátká studie srovnávající vybrané způsoby zadávání podpor a získání vnitřních sil v programu SCIA Engineer. Sloup se posuzoval pomocí interakčního diagramu na účinky normálové síly a ohybového momentu, a rovněž na protlačení společně se stěnami. Hlavním výstupem je výkresová dokumentace s druhem a schématem vyztužení všech posuzovaných konstrukčních prvků.

2. Popis konstrukce

Jedná se o objekt o třech nadzemních podlažích, jež slouží primárně jako obchodní dům, jedno podzemní podlaží je plánováno využít především pro parkování. Půdorys je tvaru L, kde delší z rozměrů činí 55,4 m a kratší 38 m. Podporující sloupy dělí desku na pole o velikosti 7 x 6,5 m. Nosnost objektu je zajištěna monolitickou konstrukcí sloupů, stropních desek, ztužujících stěn a jádra. Střecha je uvažována jako pochozí jednoplášťová. Obálku budovy tvoří celoprosklený zavěšený obvodový plášť.

3. Konstrukční řešení

3.1. Základové konstrukce

Objekt je pod založen pod sloupy na základových patkách o rozměrech 2,5 x 2,5 x 0,9 m (B x L x h), pod nimi se nachází ještě podkladní beton o tloušťce 100 mm. Pod ztužujícím stěnami a jádrem je uvažován základový pás, jehož posouzení již není předmětem této práce.

3.2. Svislé nosné konstrukce

Svislou část nosné konstrukce tvoří převážně železobetonové sloupy o rozměrech 400 x 500 mm, které

primárně přenáší svislá zatížení na konstrukci. Dále se zde vyskytují ztužující železobetonové stěny společně s jádrem o tloušťce 250 mm, u nichž je uvažováno s přenosem jak svislého zatížení na konstrukci, tak s přenosem účinků zatížení větrem. Stěna, ani ztužující jádro není v této bakalářské práci řešena.

3.3. Vodorovné nosné konstrukce

Vodorovnou část nosné konstrukce zajišťují monolitické železobetonové stropní desky jednotlivých podlaží o tloušťce 260 mm, podepřené sloupy, stěnami a ztužujícím jádrem. Přenáší plošné svislé zatížení ze zatížených polí do výše zmíněných podpor. Stropní deska posledního nadzemního podlaží tvoří nosnou konstrukci pro jednoplášťovou pochozí střechu.

4. Materiálové charakteristiky

Pro všechny konstrukční prvky byly použity stejné materiály beton C 30/37 a ocel B500 B.

4.1. Beton C 30/37

$$\begin{aligned}\gamma_c &= 1,5 \\ f_{ck} &= 30 \text{ MPa} \\ f_{cd} &= 20 \text{ MPa} \\ E_{cm} &= 32 \text{ GPa} \\ f_{ctm} &= 2,9 \text{ MPa} \\ f_{ctk,0,05} &= 2,0 \text{ MPa} \\ \epsilon_{cu3} &= 3,5 \text{ ‰}\end{aligned}$$

4.2. Ocel B500 B

$$\begin{aligned}f_{yk} &= 500 \text{ MPa} \\ f_{yd} &= 434,78 \text{ MPa} \\ E_s &= 200 \text{ GPa} \\ \epsilon_{yd} &= 2,17 \text{ ‰}\end{aligned}$$

5. Zatížení

5.1. Stálé zatížení

Do stálého zatížení se započítává vlastní tíha všech konstrukčních prvků, skladby podlah, omítky, které reprezentují plošné svislé zatížení na celou plochu stropní desky, a zavěšený obvodový plášť, jež je uvažován jako liniové rovnoměrné zatížení po celém obvodu stropní desky.

5.2. Proměnné zatížení

Proměnného zatížení uvažujeme trojího typu. Jednak se počítá s užitným zatížením s normativní hodnotou dle ČSN EN 1991-1-1 pro obchodní dům ($q_k = 5 \text{ kN/m}^2$), a zároveň jsou v rámci proměnného zatížení uvažovány i příčky ($q_k = 1,8 \text{ kN/m}^2$) a na střešní stropní desce užitné zatížení a příčky střídá sníh s normativní hodnotou dle III. sněhové oblasti ($s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$).

6. Zatěžovací stavy

6.1. 2D model

Pro 2D model bylo použito čtrnáct zatěžovacích stavů, které reprezentují vlastní tíhu, ostatní stálé zatížení společně s obvodovým pláštěm, a dále se jedná už jen o různá šachovnicová rozestavení užitného zatížení a příček, jež jsou zadána jako výběrová zatížení. Mimo klasické šachovnicové rozestavení je zde použito uspořádání se snahou o maximální reakci na určeném posuzovaném sloupu, a tato reakce je použita při posouzení sloupu na protlačení.

6.2. 3D model

V 3D modelu se celkový počet zatěžovacích stavů vyšplhal na hodnotu 63, jelikož bylo nutné odlišit zatěžovací stavy jednotlivých pater, aby došlo k šachovnicovému efektu nejen v horizontálním, ale také ve vertikálním směru. Pro každou stropní desku, až na střešní, jsou použité identické zatěžovací stavy, jako v 2D modelu. Rozdíl od 2D modelu tkví v zatížení

střešní desky sněhem, místo užitého zatížení a příček, a také v přidání dalších šachovnicových uspořádání ve snaze vyvinout v patě a hlavě sloupu co největší ohybové momenty.

7. Vnitřní síly

Návrhové vnitřní síly byly vypočteny pomocí metody konečných prvků v programu SCIA Engineer. Pro posouzení železobetonové desky na ohyb a protlačení sloupů a stěn se používaly vnitřní síly z 2D modelu. Naopak pro posouzení únosnosti sloupu a základové patky byly použity výsledky z 3D modelu, konkrétně z automaticky vyexportovaných hodnot vnitřních sil posuzovaného sloupu. Byly použity programem předdefinované kombinace, jež odpovídají rovnicím 6.10a, 6.10b.

8. Vyztužování

8.1. Stropní deska

Ve stropní desce je navržena a posouzená výztuž v obou směrech, která zachycuje ohybové účinky v polích a nad podporami. Jako první vnější směr byl zvolen Y z důvodu výskytu vyšších hodnot ohybového momentu. Typ vyztužení byl volen na základě návrhových ohybových momentů, jež spadají do intervalů momentů únosnosti zvolené výztuže. Tedy byl zvolen základní rastr vyztužení, aby splnil minimální vyztužení ($\emptyset 10$ po 200 mm), a poté se přidávali příložky různých průměrů, avšak stejné rozteče 200 mm. Po přidání příložek je v tomto místě dohromady vyztuž rozteče 100 mm. Dále zde nalezneme výztuž proti řetězovému zřícení (čtyři kusy $\emptyset 20$ v obou směrech), a rovněž smykové lišty se smykovými trny představující výztuž proti protlačení. Krytí výztuže u stropní desky činí 20 mm.

8.2. Sloup

Sloup je vyztužen svislou nosnou výztuží, kterou tvoří čtyři pruty o $\emptyset 14$ a příčnou třmínkovou výztuží o $\emptyset 8$ po 200 mm (v místech zhuštění 120 mm), jež je usazena na krytí 25 mm. Díky konstrukčním zásadám bylo nutné přidat u delších líců sloupu doprostřed po jednom svislém prutu. S těmito pruty není při výpočtu uvažováno.

8.3. Patka

Patka je vyztužena vodorovnou nosnou výztuží v obou směrech pouze při spodním líci s krytím 40 mm na účinky ohybového momentu, jedná se o přímé pruty $\varnothing 18$ po 200 mm. Pro návrh této výztuže byl rozhodující požadavek na minimální vyztužení, jednotlivé pruty jsou tedy poměrně málo využity, mají malé požadavky na zakotvení, a tedy je délka prutu od líce k líci na krytí více než dostatečná a výztuž není nutné dále ohýbat a kotvit na delší vzdálenost. Dále se v patce nachází svíslá kotevní výztuž pro navazující sloup s konstrukčními třmínky.

9. Závěr

Výsledkem bakalářské práce jsou výkresy vyztužení v rámci projektové dokumentace jednotlivých řešených konstrukčních prvků. Návrhy a posouzení proběhlo dle platných norem a zásad. Veškeré podmínky únosnosti byly splněny.

10. Seznam zdrojů

10.1. Normy

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Základy navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Betonové konstrukce, Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [4] ČSN 73 120: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

10.2. Literatura

- [5] Zich M., Bažant Z.: Plošné betonové konstrukce, nádrže a zásobníky
- [6] Bažant Z.: Betonové konstrukce 1, Betonové konstrukce plošné – část 2
- [7] Švaříčková I.: Studijní pomůcky
- [8] Šimůnek P.: Kotevní délky

10.3. Software

- [9] SCIA Engineer 20.0
- [10] Autodesk AutoCad 2019
- [11] RECOC R5_vazc4

- [12] MS Word 365
[13] MS Excel 365
[14] Peikko Designer software

11. Seznam zkratek

A_s	plocha výztuže
$A_{s,min}$	minimální plocha výztuže
$A_{s,max}$	maximální plocha výztuže
$A_{s,req}$	nutná plocha výztuže
A	součinitel vyjadřující vliv dotvarování
B	součinitel vyjadřující vliv vyztužení
C	součinitel vyjadřující vliv poměru momentů na koncích sloupu
c	krytí; součinitel závislý na rozdělení křivosti
C_{nom}	nominální krycí vrstva
C_{min}	minimální krycí vrstva
ΔC_{dev}	přídavek k minimální krycí vrstvě zohledňující možné odchylky
d	účinná výška průřezu
e	excentricita, výstřednost
E_{cm}	modul pružnosti betonu
E_s	modul pružnosti oceli
f_{bd}	mezní napětí v soudržnosti betonu
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}	charakteristická pevnost betonu v tahu
f_{yd}	návrhová pevnost oceli v tahu a tlaku
f_{yk}	charakteristická mez kluzu
g_d	návrhová hodnota zatížení
g_k	charakteristická hodnota zatížení
h_s	výška desky
i	poloměr setrvačnosti průřezu
K_r	opravný součinitel závislejší na normálové síle
K_φ	součinitel zohledňující dotvarování
$1/r$	křivost
l_{bd}	návrhová kotevní délka
$l_{b,rqd}$	základní kotevní délka
$l_{b,min}$	minimální kotevní délka

l_0	návrhová délka přesahem
l_{sreq}	nutná délka smykové lišty
$l_{s,prov}$	skutečná délka smykové lišty
M_{Ed}	návrhová hodnota ohybového momentu
M_{Rd}	moment na mezi únosnosti
N_{Ed}	návrhová hodnota normálové síly
u_0	délka posuzovaného obvodu konstrukčního prvku na protlačení
u_1	délka základního kontrolního obvodu na protlačení
u_{out}	délka obvodu, ve kterém již není nutná smyková výztuž
V_{Ed}	návrhová hodnota síly na protlačení
V_{min}	minimální smykové napětí
$V_{Rd,c}$	návrhová hodnota únosnosti ve smyku při protlačení bez smykové
$V_{Rd,max}$	návrhová hodnota maximální únosnosti ve smyku
$V_{Rd,sy}$	návrhová hodnota únosnosti smykové výztuže proti protlačení
x	výška tlačené oblasti
x_{lim}	limitní výška tlačené oblasti
z_c	rameno vnitřních sil
ZS	zatěžovací stav
α_1	vliv tvaru prutu
α_2	vliv tloušťky krycí vrstvy
α_3	vliv ovinutí příčnou výztuží
α_4	vliv příčně přivařené výztuže
α_5	vliv tlaku kolmého na plochu odštěpení betonu podél návrhové kotevní délky
α_6	vliv množství stykované výztuže
ϵ_{cu3}	mezní přetvoření betonu
ϵ_{yd}	minimální přetvoření výztuže
λ	štíhlost sloupu
λ_{lim}	limitní štíhlost sloupu

12. Seznam příloh

- P1) Použité podklady
- P2) Výkresová dokumentace
- P3) Statický výpočet