



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

Karolína Hadamíková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL POŽÁR, Ph.D.

BRNO 2022



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	Karolína Hadamíková
Název	Lokálně podepřená železobetonová deska
Vedoucí práce	Ing. Michal Požár, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

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 provedte statické řešení a dimenzování stropní konstrukce, vybraných sloupů a navrhnete a nadimenzujete montované schodiště. Statickou analýzu provedte 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 návrh a posouzení lokálně podepřené desky nejnižšího podlaží čtyřpodlažního skladovacího objektu na mezní stav únosnosti a použitelnosti. Návrh stropní desky byl proveden v software SCIA Engineer a poté byla provedena kontrola ručním výpočtem metodou součtových momentů. Je vypracován statický výpočet a výkresová dokumentace typického sloupu, základové patky. Na závěr posudku byl proveden posudek montovaného schodiště. Všechny konstrukce byly počítány v souladu s normou ČSN EN 1992-1-1.

KLÍČOVÁ SLOVA

lokálně podepřená deska, křížem vyztužená deska, metoda součtových momentů, výztuž desky, sloup, výztuž sloupu, interakční diagram, základová patka, montované schodiště, mezní stav únosnosti, protlačení, deska

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on design and assessment point-supported slab on the lowest level of fourth-level storage to ultimate and serviceability limit state. Design of slab was created in software SCIA Engineer and followed by checking if it is right by manual calculation. This thesis contains a static calculation and technical drawings of typical column, foundation pad. At the end of structural assessment was calculated prefabricated staircase. All structures were proceeded according to the valid standard ČSN EN 1992-1-1.

KEYWORDS

point-supported slab, two way slab, sum moments method, ceiling plate reinforcement, column, reinforcement column, interaction diagram, foundation pad, prefabricated staircase, ultimate limit state, punching shear design, pad

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Karolína Hadamíková *Lokálně podepřená železobetonová deska*. Brno, 2022. 9 s., !!YY!! s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Požár, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Michalu Požárovi, Ph.D., za odborné vedení, vstřícnost, trpělivost a čas, který mi věnoval při konzultacích.

Ráda bych také poděkovala mé rodině a přátelům za podporu během mého celého studia a při psaní bakalářské práce.

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 27. 5. 2022

Karolína Hadamíková
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 27. 5. 2022

Karolína Hadamíková
autor práce

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Charakteristika objektu.....	9
3. Výpočetní model.....	9
4. Konstrukční řešení.....	10
4.1 Základy	10
4.2 Svislé konstrukce	10
4.3 Vodorovné konstrukce.....	10
4.4 Schodišťový prostor.....	11
4.5 Střešní konstrukce	11
5. Betonáž, hutnění, ošetřování betonu a bednění	11
6. Materiálové charakteristiky	11
7. Zatížení	11
7.1 Stálé zatížení	11
7.2 Nahodilé zatížení.....	12
7.3 Zatížení sněhem.....	12
8. Závěr.....	12
9. Seznam použitých zdrojů	13
9.1 Literatura.....	13
9.2 Elektronické zdroje.....	13
9.3 Použité software.....	13
10. Seznam příloh	14

1. Úvod

Předmětem mé bakalářské práce bylo staticky navrhnout a posoudit monolitickou železobetonovou lokálně podepřenou desku nad prvním nadzemním podlažím. Jedná se o skladovací prostory, které se nacházejí v části města Brna. Dle tohoto umístění se také odvíjel statický výpočet.

Stropní konstrukce je tvaru „L“ o půdorysných rozměrech 58,5 m x 35,0 m, podepřená na sloupech tvořící obdélníkové pole o rozměrech 7,0 m x 6,5 m. V objektu se nachází jádro, které plní funkci nejen ztužující, ale také se v něm nachází schodišťový prostor.

Podklad pro výpočet práce bylo půdorysné schéma získané od vedoucího práce.

Pro výpočet byl použit software SCIA Engineer ve kterém byl vymodelován daný objekt. Tento objekt byl nejprve vymodelován jako deska XY, kde z výsledku vnitřních sil byly použity hodnoty k dalším výpočtům. Dané hodnoty byly ověřeny ručním výpočtem metodou součtových momentů.

Následně byl proveden návrh smykových lišt, který byl vypočítán jak ručně, tak v programu Schöck Bole.

Poté byl vytvořen nový model (obecný XYZ), pro který byly určeny vnitřní síly pro návrh výztuže sloupu. Sloup byl posouzen dle interakčního diagramu na příslušné síly. Vnitřní síly z tohoto modelu byly použity pro návrh a dimenzování základové patky.

Na závěr práce byl proveden návrh a dimenzování montovaného schodiště a následná jeho doprava a manipulace.

2. Charakteristika objektu

Jedná se o čtyřpatrový samostatně stojící nepodsklepený objekt, který byl navrhnout jako skladovací objekt. Konstrukční výška všech podlaží je 4,0 m. Stropní konstrukce je tvořena křížem vyztuženou monolitickou lokálně podepřenou deskou s tloušťkou 250 mm. V oblasti sloupů byla použita výztuž protlačení. Pro tuto konstrukci byl použit beton C30/37 a betonářská výztuž B500B. Tato deska je podpírána sloupy o rozměru 0,5 x 0,45 m. Železobetonové jádro a ztužující stěny pomáhají ztužení konstrukce. Objekt je založen na monolitických základových patkách o rozměru 3,7 x 3,8 m s výškou 0,75 m.

3. Výpočetní model

V této práci byl využit software SCIA Engineer ve kterém byl vytvořen daný objekt. Tento objekt byl nejprve nakreslen jako deska XY. Deska byla rozdělena na pásy sloupové a mezisloupové, přičemž sloupový pruh nese šířku poloviny většího rozpětí sloupů. Tyto pruhy byly rozděleny na pole s polovičním rozměrem, a to kvůli přesnosti výpočtů. Poté byly

vloženy podpory v podobě sloupů a místo stěn byla umístěna liniová podpora s tuhostí sloupu. Následně byla deska zatížena stálým zatížením od podlahy plošně po celé šířce desky a v místě obvodového pláště liniově. Proměnné zatížení je rozděleno do několika stavů. Prvním je plošné zatížení po celé šířce, poté rozložení šachem a nakonec šach na nejvíce zatížený sloup.

Následný výpočet vnitřních sil byl proveden v obou směrech a počítal s šířkou daných pruhů. Z výsledku vnitřních sil byly použity hodnoty k dalším výpočtům. Dané hodnoty byly ověřeny ručním výpočtem metodou součtových momentů.

Pro další výpočty byl vytvořen nový model (obecný XYZ), ve kterém byla vytvořena celá konstrukce a ne jen uvažovaná stropní deska, jak to bylo v prvním modelu. Tento model byl použit pro návrh výztuže sloupu a základové patky. Pro návrh výztuže sloupu a patky byly použity hodnoty z tohoto modelu.

4. Konstrukční řešení

4.1 Základy

Konstrukce je založena na základových patkách. Z geologického průzkumu bylo zjištěno, že zemina má únosnost $R_{dt} = 300$ kPa. Rozměr patky je 3,7 x 3,8 m a je vysoká 0,75 m. Krytí výztuže je navrženo 50 mm kvůli betonáži pro podkladní beton. Výztuž zde byla navrhována B500B o průměru 18 mm.

4.2 Svislé konstrukce

Mezi svislé nosné konstrukce se řadí sloupy, které byly navrženy o obdélníkovém rozměru 450 x 500 mm. Vyztužení betonářskou výztuží B500B bude provedeno v souladu se statickým výpočtem. U každého podlaží se nacházejí pracovní spáry u hlavy sloupu.

Obvodový plášť je tvořen z pórobetonových tvárnic YTONG.

V objektu se také nacházejí ztužující stěny a jádro o uvažované tloušťce 250 mm. V této práci stěny nebyly řešeny

4.3 Vodorovné konstrukce

Vodorovná konstrukce je 250 mm vysoká monolitická železobetonová lokálně podepřená deska. Tato konstrukce je nesena sloupy, které tvoří obdélníkové pole mající rozpon 7000 x 6500 mm. V této konstrukci se nacházejí prostupy pro kanalizace, prostupy vody a vzduchotechniku. Rozměr prostupů je maximálně 1000 x 400 mm a nevyžadují žádné speciální statické opatření, jen budou lemovány okraje výztuží a v blízkosti otvorů bude zhuštěna výztuž. Nosná a konstrukční výztuž je zajištěna betonářskou výztuží B500B.

Základní síť výztuže tvoří $\varnothing 12$ po 150 mm v obou směrech a je dovyztužena výztužemi o průměru $\varnothing 8$, $\varnothing 10$, $\varnothing 14$ a $\varnothing 16$. Okraje desky jsou lemovány U profily $\varnothing 12$. Byla použita výztuž proti řetězovému zřícení $\varnothing 20$ a výztuž proti protlačení v místech sloupů. Byly použity trny Schöck Bole typ O.

4.4 Schodišťový prostor

V objektu bylo navrženo dvouramenné montované schodiště, přesněji ve ztužujícím jádře. Skládá se ze dvou ramen a podesty, šířka ramene a podesty činí 1,5 m. Byla navrhnutá výztuž profilu $\varnothing 12$. V tomto schodišti byly nadimenzovány úchyty na dopravu a samotnou montáž. Podesta nebyla více řešena v této práci.

4.5 Střešní konstrukce

Konstrukce střechy byla navržena jako nepochozí plochá. Nosnou konstrukci tvoří železobetonová deska, která je totožná se stropní deskou v 1NP. Střešní konstrukce více řešena v tomto projektu nebyla.

5. Betonáž, hutnění, ošetřování betonu a bednění

Beton bude dovezen na stavbu autodomíchávači a čerpadly dopraven na dané místo. Následně se zhutní ponornými vibrátory, aby prvek byl homogenní a došlo k odvzdušnění směsi. Je třeba dávat pozor na správnost provedení, výztuž a její krytí, čistotu bednění, kontrolu kotvení. Beton bude následně ošetřován dalších 14 dní od jeho pokládky. Odbednění bude provedeno po 28 dnech nebo po domluvě se statikem.

6. Materiálové charakteristiky

- Vodorovná konstrukce 1.NP-4.NP: beton C30/37 XC2, XF2 (CZ) – CI 0,04 - $D_{\max}16$ – S4
- Sloupy 1.NP-4.NP: beton C16/20 XC1, XF1 (CZ) – CI 0,04 - $D_{\max}16$ – S4
- Výztuž ŽB nosných konstrukcí: ocel B500B
- Lehký obvodový plášť: YTONG STANDARD Tvárnice 300x249x599 mm P+D P2-400
- Schodiště: beton C20/25 XC1, XF1 (CZ) – CI 0,04 - $D_{\max}16$ – S4

7. Zatížení

7.1 Stálé zatížení

Vlastní tíha byla vypočítána ručně a i s pomocí softwaru SCIA Engineer. Ve výpočtu uvažujeme s hodnotou ručně vypočítanou a to $6,25 \text{ kN/m}^2$. Pro plášť byla použita

porobetonová tvárnice YTONG, s rozměrem 300x249x599 mm. Tíha pláště byla spočítána s pomocí údajů, které byly poskytnuty výrobcem, viz. kap. 4.2.

Vlastní tíha podlahy je rozepsána ve statickém výpočtu, viz. kap. 4.1. Pro výpočet byla uvažována hodnota $1,52 \text{ kN/m}^2$, pro celou plochu stropní konstrukce na uvažovaném podlaží. Tíhu střešní konstrukce jsme zjednodušili na hodnotu $0,585 \text{ kN/m}^2$.

7.2 Nahodilé zatížení

Objekt je navrhován jakožto skladovací prostor, tedy dle normy ČSN EN 1991-1-1 konstrukci klasifikujeme jako kategorii E, tedy E1: plochy pro skladovací účely včetně knihoven a archivů. Předepsané normové zatížení pro tuto kategorii je $7,5 \text{ kN/m}^2$.

Dále bylo nahodilé zatížení od příček. Jelikož neznáme rozmístění příček v objektu, tak zatížení od vlastní tíhy bylo převedeno jako rovnoměrné plošné zatížení o tíze $1,5 \text{ kN/m}^2$.

7.3 Zatížení sněhem

Objekt se nachází ve sněhové oblasti II. (Brno) a charakteristická hodnota zatížení od sněhu činí $1,0 \text{ kN/m}^2$, přičemž uvažované zatížení je $0,8 \text{ kN/m}^2$. V programu SCIA Engineer bylo uvažováno zatížení dle normy ČSN EN 1991-1-1.

8. Závěr

Výsledkem bakalářské práce je statický výpočet lokálně podepřené desky s danou výkresovou dokumentací. Pro dimenzi desky byly použity vnitřní síly z programu SCIA Engineer, kde byl objekt vymodelován ve 2D. Pro dimenzování byly použity hodnoty z tohoto programu, avšak před tím byly zkontrolovány ručním výpočtem. Na toto ověření byla použita metoda součtových momentů. Tyto hodnoty byly téměř shodné a kvůli ohybovým špičkám vznikali nepřesnosti, které se proto průměrují na délku pruhu.

Pro dimenzování výztuže byly použity hodnoty z tohoto programu. Nosná výztuž při horním a dolním okraji byla navrhována na ohybové momenty. Dále byla navržena výztuž proti řetězovému zřícení u dolního okraje desky a prochází sloupem. Toto umístění bylo zvoleno, aby nedocházelo k vytržení této výztuže z betonu. Byla navržena také výztuž proti protlačení na posouvající sílu a nachází se v oblasti sloupu.

Dále byl posuzován typický sloup, kde se navrhla výztuž na ohybový moment a následně byly hodnoty posouzeny interakčním diagramem. Jako základová konstrukce byla zvolena a následně posouzena základová patka.

Na závěr práce proběhl výpočet posouzení montovaného schodiště. V tomto schodišti byly nadimenzovány úchyty na dopravu a samotnou montáž.

Veškeré výpočty probíhaly v souladu s platnou normou ČSN EN 1991-1-1.

9. Seznam použitých zdrojů

9.1 Literatura

- [1] ČSN EN 1991-1 až 4, Eurokód 1: Zatížení stavebních konstrukcí, 2004-2007
- [2] ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí, 2004
- [3] ČSN EN 1992-1-1, Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby, 2006
- [4] ČSN 73 12 01, Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb, 2010
- [5] ZICH, Miloš, BAŽANT, Zdeněk. *Montované betonové konstrukce*. 1 vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o. Brno, 2018. ISBN 978-80-7204-983-7.
- [6] PROCHÁZKA, Jaroslav, ŠMEJKAL, Jiří. *Betonové stropní a schodišťové konstrukce*. 1 vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06323-1.

9.2 Elektronické zdroje

- [7] ŠTĚPÁNEK, Petr, TERZIJSKI, Ivailo, LANÍKOVÁ, Ivana, PANÁČEK, Josef, ŠIMŮNEK, Petr (2017) BLO01 Prvky betonových konstrukcí [online]. Dostupné z: https://www.bzk.fce.vutbr.cz/wp-content/uploads/sites/6/2017/03/BLO01_skripta_3.3.2017.pdf
- [8] HALFEN DEHA KKT KUGELKOPFTRANSPORTANKERSYSTEM Produktinformation Technik 22-1 [online]. Dostupné z: https://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/liftingsystems/HALFEN_DEHA_KKT_22-1_DE.pdf

9.3 Použité software

AutoCAD 2020

SCIA Engineer 21.1 Legacy

Microsoft Word 2019

Microsoft Excel 2019

SCHÖCK Böle

10. Seznam příloh

P1 Použité podklady

P2. Statický výpočet

P3. Výkresová dokumentace

P.3.1 Výkres tvaru nad 1NP

P.3.2 Výkres horní výztuž

P.3.3 Výkres dolní výztuže

P.3.4 Výkres výztuže proti protlačení

P.3.5 Výkres výztuže proti řetězovému zřícení

P.3.6 Výkres výztuže sloupu

P.3.7 Výkres výztuže patky

P.3.8 Výkres schodišťového ramene