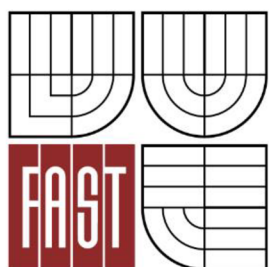




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

AUTOBUSOVÉ NÁDRAŽÍ - POSOUZENÍ VYBRANÝCH ČÁSTÍ ŽB KONSTRUKCE

BUS STATION - DESIGN OF SELECTED PARTS OF RC STRUCTURES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

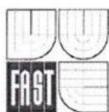
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

STANISLAV KREJČÍ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. IVANA ŠVAŘÍČKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2016



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 Stanislav Krejčí

Název Autobusové nádraží - Posouzení vybraných částí ŽB konstrukce

Vedoucí bakalářské práce Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2015

Datum odevzdání bakalářské práce 27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

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



.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Stavební podklady

Platné normy:

- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí. 2004
 - ČSN EN 1991-1 až 4: Zatížení stavebních konstrukcí. 2004 – 2007
 - ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby. 2006
 - ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. 2010
- Další potřebná literatura po dohodě s vedoucím bakalářské práce.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

V zadaném objektu vypracujte statické řešení ŽB stropní konstrukce nad 2.NP a schodiště.

Pro vybrané prvky proveďte návrh a posouzení výztuže.

Pro stanovení účinků od zatížení využijte program pro výpočet vnitřních sil.

Posouzení prvků proveďte podle mezního stavu únosnosti, u schodiště proveďte taktéž posouzení průhybu.

Vypracujte výkres tvaru a k navrhovaným prvkům výkresy výztuže.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady, studie

P2. Statický výpočet

P3. Výkresová dokumentace

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

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě dle směrnic a na CD (1x).

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování 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 bakalářské práce

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení monolitické železobetonové stropní desky s průvlakem nad 2.NP a schodiště umístěném v 1.NP objektu Autobusového nádraží v Českém Krumlově. Konstrukce stropní desky byla řešena ve dvou verzích dle konstrukčního systému celého objektu a následně porovnána mezi sebou. Dále byl posouzen průhyb u původního návrhu schodiště. Pro vytvoření modelu konstrukcí a stanovení účinků vnitřních sil konstrukcí byl použit výpočetní program Scia Engineer 2015. Výstupy z programu jsou v závěru statického výpočtu ověřeny ručními zjednodušenými metodami. Návrh a posouzení prvků bylo provedeno na 1.MS únosnosti. Práce obsahuje statický výpočet, výkresy tvarů a výkresy výztuže řešených prvků.

KLÍČOVÁ SLOVA

Monolitická železobetonová stropní konstrukce, lokálně podepřená deska, po obvodě prostě podepřená deska, schodišťová deska, , zatížení, zatěžovací stavy, vnitřní síly, dimenzování, třímomentová rovnice, mezní stav únosnosti, výkres tvaru, výkres výztuže

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis is to design and to assess the cast-in-place reinforced concrete slab with supporting beam above the second floor and cast-in-place reinforced concrete staircase on the first floor in the building of bus station located in Český Krumlov. The structure of slab was designed in two versions according to considering different structural system of the building. Then, there was made comparison between them. As the next step, the staircase was assessed for deflection of the original structure. FEM computational software of Scia Engineer 2015 was chosen to model the structure and to obtain the internal forces. The outputs of software were verified by manual simplified methods. The proposal and assessment of the selected parts of the reinforced structure was made by limit state design. The bachelor thesis contains of static analysis, reinforcement drawings of selected parts.

KEYWORDS

cast-in-place reinforced slab, point-supported slab, simply supported slab, cast-in-place reinforced staircase, load, load cases, internal forces, design, limit state design, reinforcement drawings

Bibliografická citace VŠKP

Stanislav Krejčí *Autobusové nádraží - Posouzení vybraných částí ŽB konstrukce*. Brno, 2016. 22 s., 78 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ:

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

V Brně dne 27.5.2016

.....
podpis autora
Stanislav Krejčí

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 27.5.2016

.....
podpis autora
Stanislav Krejčí



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce Ing. Ivana Švaříčková, Ph.D.

Autor práce Stanislav Krejčí

Škola Vysoké učení technické v Brně

Fakulta Stavební

Ústav Ústav betonových a zděných konstrukcí

Studijní obor 3608R001 Pozemní stavby

Studijní program B3607 Stavební inženýrství

Název práce Autobusové nádraží - Posouzení vybraných částí ŽB konstrukce

Název práce v anglickém jazyce Bus Station - Design of Selected Parts of RC Structures

Typ práce Bakalářská práce

Přidělovaný titul Bc.

Jazyk práce Čeština

Datový formát elektronické verze

Anotace práce Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení monolitické železobetonové stropní desky s průvlakem nad 2.NP a schodiště umístěném v 1.NP objektu Autobusového nádraží v Českém Krumlově. Konstrukce stropní desky byla řešena ve dvou verzích dle konstrukčního systému celého objektu a následně porovnána mezi sebou. Dále byl posouzen průhyb u původního návrhu schodiště. Pro vytvoření modelu konstrukcí a stanovení účinků vnitřních sil konstrukcí byl použit výpočetní program Scia Engineer 2015. Výstupy z programu jsou v závěru statického výpočtu ověřeny ručními zjednodušenými metodami. Návrh a posouzení prvků bylo provedeno na 1.MS únosnosti. Práce obsahuje statický výpočet, výkresy tvarů a výkresy výztuže řešených prvků.

Anotace práce v anglickém jazyce The aim of the bachelor thesis is to design and to assess the cast-in-place reinforced concrete slab with supporting beam above the second floor and cast-in-place reinforced concrete staircase on the first floor in the building of bus station located in Český Krumlov.

The structure of slab was designed in two versions according to considering different structural system of the building. Then, there was made comparison between them. As the next step, the staircase was assessed for deflection of the original structure. FEM computational software of Scia Engineer 2015 was chosen to model the structure and to obtain the internal forces. The outputs of software were verified by manual simplified methods. The proposal and assessment of the selected parts of the reinforced structure was made by limit state design. The bachelor thesis contains of static analysis , reinforcement drawings of selected parts.

Klíčová slova Monolitická železobetonová stropní konstrukce, lokálně podepřená deska, po obvodě prostě podepřená deska, schodišťová deska, , zatížení, zatěžovací stavy, vnitřní síly, dimenzování, tří-momentová rovnice, mezní stav únosnosti, výkres tvaru, výkres výztuže

Klíčová slova v anglickém jazyce cast-in-place reinforced slab , point-supported slab, simply supported slab, cast-in-place reinforced staircase, load , load cases, internal forces, design , limit state design, reinforcement drawings

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Ivaně Švaříčkové Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a poskytnutý čas při tvorbě této práce.

Poděkování patří i mým rodičům a bratrovi za projevenou podporu během celého studia.

OBSAH

1	Úvod.....	9
2	Průvodní zpráva	
	2.1 Charakteristika objektu.....	10
	2.2 Navrhované konstrukce.....	10
	2.2.1 Deska D2 po obvodě prostě podepřená	10
	2.2.2 Průvlak R9.....	11
	2.2.3 Schodiště S1.....	11
	2.2.4 Deska D2 lokálně podepřená.....	11
	2.3 Použité konstrukční materiály.....	11
	2.4 Zatížení.....	13
	2.5 Technologický postup.....	14
	2.5.1 Bednění.....	14
	2.5.2 Výztuž.....	14
	2.5.3 Betonáž.....	14
	2.5.4 Odbedňování.....	15
	2.6 Výpočetní metoda.....	15
3	Ověření a srovnání výsledků	
	3.1 Ověření výsledků ze Scia ruční metodou.....	15
	3.2 Porovnání dvou verzí Desky D2.....	15
4	Závěr	16
5	Seznam použitých zdrojů	17
6	Seznam použitých zkratk a symbolů	20
7	Seznam obrázků	21
8	Seznam Příloh	22

1. ÚVOD

Předmětem této bakalářské práce je návrh a posouzení železobetonové stropní desky s podporujícím průvlakem nad 2.NP ve dvou konstrukčních variantách, lokálně podepřená a po obvodě prostě podepřená deska, a hlavní schodiště v 1.NP v celkově 3-podlažním objektu autobusového nádraží dle zadaných výkresových podkladů.

V případě návrhu první varianty stropní desky D2 se ze statického hlediska jedná o spojitý nosník o dvou polích prostě podepřený z části pouze o prostý nosník dle výkresové dokumentace, která je samostatnou přílohou této práce. Druhá varianta desky uvažuje se změnou konstrukčního systému celého objektu z kombinovaného na skeletový a je v závěru srovnán s variantou vycházející z podkladů. Posuzované Schodiště S1 je uvažováno jako 2-krát zalomená ,prostě podepřená deska a vzhledem k zjištěným nadlimitním průhybům je navržen podestový nosník zakotvený do nosných sloupů.

Analýza vnitřních sil jednotlivých prvků je provedena pomocí výpočetního programu Scia Engineer 2015 a v závěru statického výpočtu ověřena ručními zjednodušenými metodami. Výpočet zatížení a dimenzování výztuže je provedeno dle platných norem a je kompletně zpracováno v programu Microsoft Word s využitím Microsoft Excel. Výkresová dokumentace je zpracována ve výpočetním programu AutoCAD 2014.

2. PRŮVODNÍ ZPRÁVA

V průvodní zprávě jsou uvedeny obecné údaje u podkladů o posuzovaném objektu, dále popis základních konstrukcí řešeného objektu, zejména použitý stavební materiál a uvažované zatížení. Závěrem je stručně popsán technologický postup řešených konstrukcí.

2.1 Charakteristika objektu

Investor : město Český Krumlov
Náměstí Svornosti 1
Český Krumlov 381 01

Zpracovatel PD: Kateřina Kadlecová
Sadová 302
Větrní 382 11

Název stavby: Autobusové nádraží v Českém Krumlově na parcele 497/1 Český Krumlov

Objekt autobusového nádraží je založen na obvodových pasech z prostého betonu a uvnitř dispozice na železobetonových patkách. Konstrukční systém autobusového nádraží je kombinovaný. Vnitřní železobetonový skelet je doplněn zděnými obvodovými konstrukcemi z cihelných bloků Porotherm 50Hi. Konstrukce stropu je navržena z filigránových panelů tloušťky 60 mm s nabetonávkou tloušťky 100 mm. Zastřešení je nad 3NP navrženo jako pultová střecha s dřevěnými nosníky I-stabil se sklonem 7°, dále pak nad hlavní halou v 1NP je střešní konstrukce navržena jako ocelová se skelnou výplní. Vnější zpevněné plochy komunikací budou asfaltové pro automobily a autobusy a komunikace pro chodce jsou z betonové skládané dlažby. Ostatní plochy budou osety trávou a osázeny dřevinami.

2.2 Navrhované konstrukce

2.2.1 Deska D2 po obvodě prostě podepřená

Při tvorbě výpočetního modelu byly respektovány půdorysné rozměry z podkladových výkresů. Zároveň byl odstraněn krajní sloup S8 podporující Průvlak R9 vzhledem k jeho minimálnímu využití. Pro správnou analýzu vnitřních sil desky byl proveden výpočet zatížení od navazujícího schodiště S2. Vzhledem k poměrům stran jednotlivých polí větším než 2:1 se jedná o spojitý nosník o dvou polích přecházející v prostý nosník ve třetině půdorysné délky. V konstrukci byly použity 2 profily výztuže ,Ø10 mm a Ø14 mm. Při návrhu výztuže byl kladen důraz na použití rozumného počtu délek prutů.

2.2.2 Průvlak R9

Prvek byl navrhován společně s Deskou D2 vzhledem k jejich spolupůsobení. V této konstrukci byly použity profily $\varnothing 18$ mm a $\varnothing 22$ mm pro ohybovou výztuž a $\varnothing 10$ mm pro smykovou výztuž. Zároveň bylo provedeno zkrácení výztuže na základě rozdělení materiálu viz. Příloha P3.1 Výkres rozdělení materiálu.

2.2.3 Schodiště S1

Schodišťová deska byla nejprve posouzena na průhyb vzhledem k velkému rozpětí bez vložené vnitřní podpory. Na základě zjištěného nadlimitního krátkodobého průhybu byl navržen podestový nosník ukotvený do probíhajících nosných sloupů viz. Podkladová dokumentace. Ze statického hlediska se jedná o spojitý 2-krát zalomený prostě podepřený nosník. Vzhledem k nepřesnostem v modelu je výztuž umístěna u obou povrchů schodišťové desky .

2.2.4 Deska D2 lokálně podepřená deska

Při tvorbě výpočetního modelu byly respektovány půdorysné rozměry z podkladových výkresů, obvodové zdivo bylo nahrazeno kruhovými sloupy $\varnothing 400$ mm. V závěru je provedeno srovnání s verzí Desky D2 po obvodě prostě podepřené.

2.3 Použité konstrukční materiály

Třída následků (spolehlivosti) :	CC2(RC2) – střední
Třída prostředí :	XC1
Třída konstrukce :	S4

V navrhované konstrukci je použit Beton C 25/30

Charakteristická pevnost betonu v tlaku(válcová/krychelná): $f_{ck} = 30/37$ MPa

Charakteristická průměrná pevnost betonu v tahu : $f_{ctm} = 2,9$ MPa

Charakteristická pevnost betonu v tahu : $f_{ctk,0.05} = 2$ MPa

Modul pružnosti betonu : $E_{cm} = 32$ GPa

Mezní poměrné přetvoření betonu : $\varepsilon_{cu3} =$
3,5 ‰

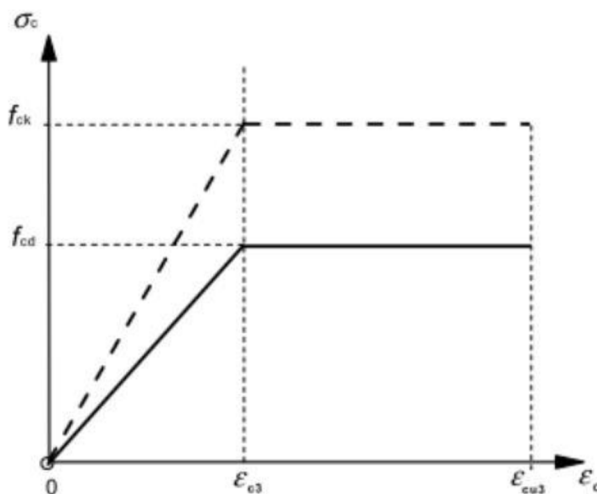
Frakce kameniva v betonu : $d_g \leq 16$ mm

Součinitel uvažující dlouhodobé účinky na tlak. a tah. pevnost $\alpha_{cc}, \alpha_{ct} = 1,0$

Návrhová pevnost betonu v tlaku : $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 20$ MPa

Návrhová pevnost betonu v tahu : $f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = 1,0 \cdot \frac{2}{1,5} = 1,333$ MPa

Obr.1 Bilinerární pracovní diagram betonu



V navrhované konstrukci bude použita ocel třídy B 500B

Charakteristická pevnost oceli v tahu :

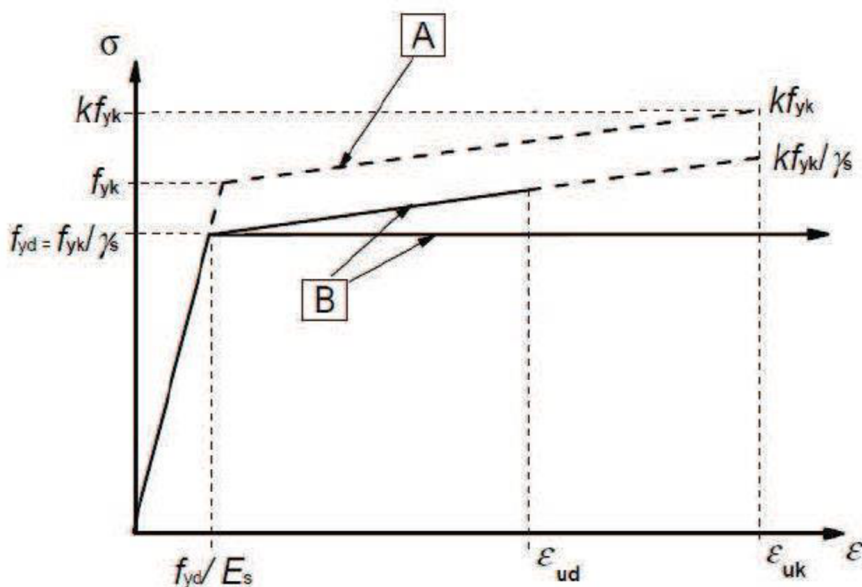
$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Modul pružnosti oceli :

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

Návrhová pevnost oceli v tahu : $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$

Mezní přetvoření výztuže : $\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,783}{200000} = 2,174 \text{ ‰}$



- A idealizovaný diagram
- B návrhový diagram

Obr.2 Pracovní diagram betonářské oceli pro tah i tlak

2.4 Zatížení

Konstrukce jsou navrženy na zatížení vlastní tíhou stropní konstrukce, resp. průvlastku, stálým zatížením od skladeb zdí a podlah ve 3NP a užitným zatížením dle ČSN EN 1991-1 až 4- Zatížení konstrukcí [13][14][15]. Pro návrh stropní desky je uvažováno zatížení vlastní tíhou a omítkou po celé ploše spojitě rovnoměrně, příčky jako liniové zatížení. Zatížení od schodiště S2 na desku D2 je uvažováno jako liniové. Průvlastek je zatížen vlastní tíhou a vlastní tíhou desky D2 ve spolupůsobící šířce, která je odlišná v okolí podpor a v poli.

Užitné zatížení je uvažováno pro každou místnost odlišně v závislosti na typu provozu dle podkladové dokumentace :

Kancelářské plochy	$q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
Archiv	$q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$
Strojovna VZT	$q_k = 4 \text{ kN/m}^2$
Technická místnost	$q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$
Chodba	$q_k = 5 \text{ kN/m}^2$
WC	$q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

Zatížení větrem ve výpočetním modelu Desky D2 není uvažováno, předpoklad přenesení nosnými obvodovými stěnami, které by v případě verze Desky D2 lokálně podepřené musely být dořešeny.

Přesné hodnoty a postup výpočtu zatížení je uvedeno v příloze P.2.1 Vstupní údaje

2.5 Technologický postup

2.5.1 Bednění

Bednění musí být dostatečně tuhé a musí zajistit konstrukci předepsaný tvar tak, aby vyhovoval požadavkům na maximální povolené odchylky i po provedení betonáže. Příklad montáže systémového bednění: Křížové hlavy se osadí do stropních stojek. Postaví se ve vyměřených místech, jako okrajové podpěry podélných nosníků, a zajistí se trojnožkou. Provede se hrubé výškové nastavení. U výšky bednění větší než 3 m, je třeba provést diagonální ztužení. V našem případě je výška bednění 2,5 m, takže není nutné provést diagonální ztužení. Výztuhu pro odvod horizontálních sil tvoří diagonální prkna připevněná ke stojkám zavětrovací sponou. Pomocí pracovní vidlice se zespona na křížové hlavy osadí podélné nosníky. Na dvojici spodních podélných nosníků se osadí horní nosníky. Musí být uspořádány v osové vzdálenosti 625 mm a tak, aby konce betonářských desek na ně kladených ležely v ose nosníku. Před pokládkou desek je nutné provést ochranné opatření proti pádu z výšky. Současně se provede i bednění čela desky. Bednicí sloupek se osadí na bednicí krček. Na bednicí sloupek se nasune sloupek zábradlí. Na příčné nosníky se položí betonářské desky a zajistí se hřebíky. Místa, kde není možné položit betonářskou desku, se zabejdí dořezem na míru z překližky. Přímé hlavy se nasadí na mezilehlé stojky a doplní se jimi podepření spodních podélných nosníků. Překontroluje se vodorovnost a rovinnost povrchu bednění, výškově se upraví stojky. Provede se nástřik odbedňovacího prostředku. Osadí a upevní se bednění prostupů sbité z překližky do požadovaného tvaru.

2.5.2 Výztuž

Výztuž předepsané třídy musí být kladena dle výkresů výztuže. Musí být zabezpečena proti neočekávanému průhybu a musí být zajištěna dostatečná tloušťka krycí vrstvy pomocí distančních podložek. Krytí dolní výztuže stropní desky bude zajištěno plastovými lištami o délce 1 m. Pro dodržení vzdálenosti mezi horní a dolní výztuží desky budou použity tzv. distanční žebříky - prostorové prvky uložené na spodní výztuži. Výztuž trámu bude chráněna bodovými distančními prvky po vzdálenosti 1 m.

2.5.3 Betonáž

Betonáž nesmí být prováděna za teplot nižších než 5°C. Před samotnou betonáží je nutné provést kontrolu uložené výztuže. Ukládání betonu do bedněni musí probíhat tak, aby nedošlo k rozmíšení jednotlivých složek betonové směsi a kvalita betonu byla stejná ve všech částech konstrukce. Ukládání betonové směsi nesmí být z větší výšky než 1,5 m. Betonáž stropní desky bude probíhat v jedné vrstvě. Trám je možné betonovat ve dvou vrstvách, aby bylo možné správné zhutnění betonu. Betonová směs v trámu se bude hutnit ponorným vibrátorem, v desce pomocí vibrační latě.

V průběhu betonáže je nutné kontrolovat tloušťku krytí. Pokud bude nezbytné betonáž přerušit, vytvoří se v místě malých ohybových momentů, tj. v 1/3 až 1/4 rozpětí, pracovní spára. Zde je velmi důležité řádné zhutnění betonové směsi. Během přestávky je nutné spáru udržovat vlhkou.

Před pokračováním betonáže se spára mechanicky očistí od částic starého betonu a jiných nečistot, které by bránily spojení, je nutné ji řádně navlhčit, případnou přebytečnou vodu odstranit. Po dobu 7 – 10 dnů po dokončení betonáže se musí zajistit dostatečná vlhkost betonu na povrchu kropením. Obecně lze říci, že je možno začít s kropením v době, kdy nehrozí vyplavení cementového tmele, cca 24 hodin po betonáži. Samotné ošetřování kropením vodou může být případně doplněno přikrytím konstrukce geotextilií. Konstrukci je třeba chránit proti vyplavení při dešti, otřesům a vibracím.

2.5.4 Odbedňování

Hodnota pevnosti betonu vhodného pro částečné odbednění je 70 % konečné pevnosti betonu po 28 dnech. Nejprve se odstraní mezilehlé stojky. Proveďte se dodatečné podepření. Pod stropní konstrukcí se rovnoměrně rozprostřou stojky bez hlav, vždy do osy betonářské desky. Tyto stojky budou sloužit jako podpora zamezující změně tvaru konstrukce vlivem vlastní tíhy nebo zatížením souvisejícím s dalšími činnostmi. Po dodatečném podepření je možné odbednit konstrukci. Stojky dodatečného podepření budou odstraněny minimálně po uplynutí doby 28 dnů od betonáže.

2.6 Výpočetní metoda

Pro výpočet vnitřních sil byla použita MKP (metoda konečných prvků). Jedná se o numerickou metodu, která se ve stavebnictví používá na simulaci průběhu napětí a deformací na vytvořeném fyzikálním modelu. Její princip spočívá v diskretizaci spojitého kontinua do určitého (konečného) počtu prvků, přičemž zjišťované parametry jsou určovány v jednotlivých uzlových bodech. Jedná se o přibližnou metodu na řešení problémů popsaných diferenciálními rovnicemi. Čím hustější síť prvků zvolíme, tím je výpočet přesnější. Výpočet modelu řešeného v této bakalářské práci byla provedena pomocí studentské verze výpočetního programu Scia Engineer 2015, který pracuje s metodou konečných prvků. [22]

3. OVĚŘENÍ A SROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

3.1 Ověření výsledků z programu Scia Engineer 2015 ruční metodou

Pro ověření správnosti výsledků byl zvolen zjednodušený výpočet pomocí tří-momentových rovnic pro konstrukce Průvlaku R9 a Desky D2 po obvodě prostě podepřenou. Výsledné hodnoty vnitřních sil se liší o 10-20% oproti hodnotám z výpočetního programu. Výsledky vnitřních sil tedy lze považovat za správné.

3.2 Porovnání dvou verzí Desky D2

V rámci této práce byla navržena Deska D2 pro dva konstrukční systémy. První varianta byla navržena dle podkladů jako prostě podepřená respektující použitý kombinovaný konstrukční systém v celé konstrukci. Druhá varianta byla navržena jako alternativa, při skeletovém konstrukčním systému objektu. Cílem bylo porovnání množství nutné výztuže při změně nosného systému a zachování půdorysných rozměrů.

Ve verzi I. byla použita výztuž $\varnothing 10$ mm a $\varnothing 14$ mm ,zatímco ve verzi II. $\varnothing 10$ mm a $\varnothing 18$ mm .

Tabulka ohybové výztuže

Č.	Profil	Délka (mm)	ks	B500B	
				10	16
1	R 10	2200	348	765,6	
2	R 16	4100	112		459,2
3	R 16	4200	166		780,2
4	R 16	2600	24		62,4
5	R 10	2600	133	501,8	
6	R 10	3600	266	957,6	
7	R 10	4200	254	1133,8	
8	R 10	4100	212	864,2	
9	R 10	5400	132	717,8	
10	R 10	3200	362	1158,4	
11	R 10	1800	438	290,2	
12	R 10	1200	448	756,8	
13	R 10	1200	4	4,8	
14	R 10	800	4	3,2	
15	R 16	2800	5		14
16	R 10	5700	68	387,6	
17	R 10	2800	28	78,4	
18	R 16	3600	36	129,6	
CELKOVÁ DELKA (m)				8309	1302
HMOTNOST (t)				5,15	2,1
CELKOVÁ HMOTNOST (t)					7,25

Tabulka výztuže

Č.	Profil	Délka (mm)	ks	B500B	
				10	14
1	R 10	2700	132	809	
2	R 10	2700	225	1350	
3	R 10	3000	85	510	
4	R 10	3100	15	93	
5	R 10	2400	15	96	
6	R 14	2600	72	487	
7	R 14	3700	88	480	
8	R 14	2700	126	177	
9	R 14	2400			
10	R 14	3600	14	50	
11	R 14	2250	21	47	
12	R 14	3000	29	72	
13	R 14	1700	58	70	
14	R 14	1600	10	16	
15	R 14	1700	8	14	
16	R 14	3200	94	756	
17	R 14	4200	219	1029	
18	R 14	2000	17	34	
19	R 10	2000	5	10	
20	R 10	2400	7	17	
21	R 10	4200	11	48	
22	R 10	3600	11	40	
23	R 10	2800	48	151	
CELKOVÁ DELKA (m)				3354	3848
HMOTNOST (t)				2,1	4,66
CELKOVÁ HMOTNOST (t)					6,76

Obr.3 a 4 Ohybová výztuž Deska D2 lokálně podepřená a po obvodě prostě podepřená

U varianty I. Desky D2 bylo celkově použito 6,76 tuny betonářské výztuže, zatímco u varianty II. 7,34 tuny započítané i se smykovou výztuží. Rozdíl je tedy necelých 10% ve prospěch varianty I. Společně s menší tloušťkou desky o 50 mm a s ní spojenou úsporou betonové směsi se jeví jako výhodnější varianta I.

Avšak změnou konstrukčního systému by se celkově zjednodušil výpočetní model, taktéž realizace nosného systému by byla jednodušší při použití jednoho hlavního materiálu.

4. ZÁVĚR

Cílem této práce byla analýza vnitřních sil a následné dimenzování vybraných ŽB prvků v objektu Autobusového nádraží dle poskytnuté projektové dokumentace od Ing. Kateřiny Kadlecové.

Výpočetní modely pro jednotlivé vyšetřované konstrukce byly provedeny ve výpočetním programu Scia Engineer 2015 a výstupy byly ověřeny ručními metodami. Porovnané hodnoty vnitřních sil se lišily o 10-20% , a proto lze vytvořené modely v programu považovat za správné. Vzniklé odchylky jsou zapříčiněny zjednodušením ručních metod ,zejména nezohlednění nestejně zatěžovací šířky a proměnlivého průřezu po délce v případě Průvlaku R9 , dále nezahrnutí vlivu otvorů v konstrukci v případě Desky D2.

Model po obvodě prostě podepřené stropní desky D2 s průvlakem R9 a lokálně podepřené varianty stropní desky byl vytvořen 2D model s vnitřními podporami ,v místě průvlaku R9, vytvořené funkcí sloup se zadanou konstrukční výškou 2NP pro částečné zohlednění skutečného působení podpor v konstrukci.Pro průvlak byly vypočteny spolupůsobící šířky podle zásad výpočtu pro spojitý nosník. Při realizaci je nutné dbát na správné uložení výztuže a dodržení navržené krycí vrstvy , která bude zajištěna pomocí distančních podložek a lišt.Rozmístění výztuže nad průvlakem musí zachovat alespoň jednu mezeru min. 60 mm pro ponorný vibrátor.

Model schodiště S1 byl vytvořen nejprve jako 2D model pro zjištění krátkodobého průhybu a následně v 3D prostředí s navrženým podestovým nosníkem. Po konzultaci s vedoucí práce Ing. Švaříčkovou zvoleno kloubové uložení. Uvažované okrajové podmínky zcela neodpovídají reálnému chování konstrukce, a proto je nosná výztuž navržena v místech podpor u obou povrchů. Pro správné spolupůsobení schodišťové desky se stropní konstrukci nad 1NP je navržena pracovní spára ve vzdálenosti 350 mm od spodní hrany schodišťové desky. Konstrukce stropní desky nad 1NP není předmětem této práce, proto není způsob napojení dále řešen.

V závěru bylo provedeno porovnání dvou variant stropní desky nad 2NP dle zvoleného konstrukčního řešení. Původní návrh dle podkladové dokumentace byl navržen jako po obvodě podepřená deska, jako alternativní verze byla vytvořena lokálně podepřená deska. Porovnání bylo provedeno z hlediska množství použité výztuže a její realizovatelnosti. V těchto ukazatelích se jeví jako lepší varianta deska po obvodě prostě podepřená, avšak v kontextu celé stavby by bylo výhodnější zvolit skeletový nosný systém. Statický model by byl jednodušší a v důsledku použití jednoho hlavního materiálu pro nosné konstrukce i snazší na realizaci.

5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Literatura

- [1] BAŽANT, Zdeněk, Betonové konstrukce I - Betonové konstrukce plošné - část 1. Brno: VUT v Brně, 2005, 56s.
- [2] BAŽANT, Zdeněk, Betonové konstrukce I - Betonové konstrukce plošné - část 2. Brno: VUT v Brně, 2004, 73s.
- [3] Českomoravský beton – HEIDELBERGCEMENT Group, Příručka technologa – beton. Vyd, 1., aktualizace, Českomoravský beton, 2013, 292s
- [4] ČÍRTEK, Ladislav, Prvky betonových konstrukcí – Navrhování jednoduchých prvků. Brno: VUT v Brně, 2005, 64s.
- [5] PROCHÁZKA, Jaroslav; KOHOUTKOVÁ, Alena; VAŠKOVÁ, Jitka, Příklady navrhování betonových konstrukcí. 1. Vyd. 1. Praha: nakladatelství ČVUT, 2007, 145s. ISBN 978-80-01-03675-4.
- [6] ŠTĚPÁNEK, Petr; ZMEK, Bohuslav, Prvky betonových konstrukcí - Dimenzování betonových prvků – část 1 – 3. Brno: VUT v Brně, 2005.
- [7] TERZIJSKI, Ivailo, Betonové prvky, M01, Základy navrhování konstrukcí, zatížení, materiály. Brno: VUT v Brně, 2005, 66s.
- [8] ZICH, Miloš a kol, Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů. Vyd. 1. Praha: Verlag Dashöfer, 2010, 145s. ISBN 978-80-86867-38-7.

Normové předpisy

[9] ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[10] ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2010.

[11] ČSN EN 10080 Ocel pro výztuž do betonu – Svařitelná betonářská ocel - Všeobecně. Český normalizační institut, prosinec 2005.

[12] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Český normalizační institut, březen 2004.

[13] ČSN EN 1991-1-1. (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Český normalizační institut, duben 2004, oprava 02.10, změna Z1 02.10, změna Z2 03.10.

[14] ČSN EN 1991-1-3. (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, Část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem. Český normalizační institut, červenec 2005, změna Z1 02.06, změna Z2 02.10, oprava 2.10, změna Z3.10.

[15] ČSN EN 1991-1-4. (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí, Část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem. Český normalizační institut, červenec 2005, oprava 1 09.08, změna Z1 03.10, oprava 2 05.10.

Webové stránky

[16] Wienerberger, Výrobky [online]. [cit, 2016-05-25]. Dostupné na World Wide Web: < <http://wienerberger.cz/produkty/>>

[17] ŠVARŤČKOVÁ, Ivana, Pomůcky ke cvičení [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné na World Wide Web: .

[18] Wikipedia, Metoda konečných prvků [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné na World Wide Web: .

[19] KOLÁŘ, Radim, Přednášky k předmětu BH02 – Nauka o pozemních stavbách [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné na World Wide Web: .

Software

[20] AutoCAD 2014 – studentská verze.

[21] Scia Engineer 2015.1 – studentská verze.

[22] Microsoft Office Word 2013

[23] Microsoft Office Excel 2013

6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

gk	charakteristická hodnota stálého zatížení
qk	charakteristická hodnota užitého zatížení
gd	návrhová hodnota stálého zatížení
qd	návrhová hodnota užitého zatížení
hs	tloušťka desky
lx	rozpětí desky ve směru x
ly	rozpětí desky ve směru y
Ved	návrhová posouvající síla
Med	návrhový ohybový moment
fyk	charakteristická hodnota meze kluzu oceli
fyd	návrhová hodnota meze kluzu oceli
fck	charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku
fcd	návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku
fctm	střední hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
ϵ_{cu}	mezní poměrné přetvoření betonu v tlaku
ϵ_s	poměrné přetvoření betonářské výztuže
E	modul pružnosti daného materiálu k ohybová tuhost prvku
c _{nom}	nominální hodnota krytí výztuže vrstvou betonu
A _{st}	plocha navržené betonářské výztuže
A _{st,min}	minimální možná plocha betonářské výztuže
A _{st,max}	maximální možná plocha betonářské výztuže
A _{st,reg}	nutná plocha betonářské výztuže
b	šířka průřezu
d	účinná výška průřezu
x	poloha neutrální osy
M _{Rd}	moment na mezi únosnosti
V _{Rd,c}	smyková únosnost prvku bez smykové výztuže
ρ	stupeň vyztužení
γ_c	dílčí součinitel spolehlivosti betonu dle EN 1992-1-1
γ_s	dílčí součinitel spolehlivosti betonářské výztuže dle EN 1992-1-1

7. SEZNAM OBRAZKŮ

Obr.1 Bilinerání pracovní diagram betonu

Obr.2 Pracovní diagram betonářské oceli pro tah i tlak

Obr.3 Ohybová výztuž Deska D2 lokálně podepřená

Obr.4 Ohybová výztuž Deska D2 po obvodě prostě podepřená

8. SEZNAM PŘÍLOH

P1 Použité podklady

P2 Statický výpočet

P3 Výkresová dokumentace