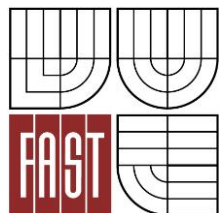




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

STATICKÁ ANALÝZA ŽELEZOBETONOVÉ HALY

STATIC ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE HALL

A1) TEXTOVÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JIŘÍ FIŠER

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2014



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	Jiří Fišer
Název	Statická analýza železobetonové haly
Vedoucí bakalářské práce	doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2013
Datum odevzdání bakalářské práce	30. 5. 2014
V Brně dne 30. 11. 2013	

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

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

Podklady a literatura

1. Stavební podklady
2. Normy pro navrhování betonových konstrukcí ČSN a EN
3. Bažant Z., Montované konstrukce, Brno
4. L. Gřenčík: Betonové konstrukce II. SNTL/ALFA 1986
5. D. Majdúch: Zásady vystužování betonových konstrukcí. ALFA 1984.
6. Vhodné výpočetní program (např. Nexis, SCIA, Ansys apod.)

Zásady pro vypracování

Vypracovat stavební a konstrukční návrh haly. Řešení provést včetně nezbytné výkresové dokumentace (statický výpočet, výkresy tvaru, výztuže, technická zpráva).

Rozsah bakalářské práce stanoví vedoucí práce.

Požadované výstupy:

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

Přílohy textové části:

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

P4)

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).

Předepsané přílohy

.....

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá statickou analýzou a statickým návrhem jednotlivých komponentů montované prefabrikované haly. Součástí je také vypracovaná projektová dokumentace, výkresy tvaru a výkres výztuže prvku. Bakalářská práce dělena na dvě části, textovou část a výpočtovou část. Technická zpráva se zabývá konkrétními podmínkami definující návrh a detaily jednotlivých prvků. Výpočtová část řeší konkrétní návrh prvků. Výpočty byly provedeny pomocí SCIA Engineer a ručním výpočtem.

Klíčová slova

Vazník, vaznice, sloup, ztužidlo, statický výpočet, ocel, zatížení, optimalizace, výztuž

Abstract

The bachelor thesis deals with the static analysis and static design of individual components prefabricated halls. It also includes preparation of project documentation, drawings and drawing the shape of the reinforcement element. Bachelor thesis divided into two parts, technical reports and calculation part. Technical report addresses the specific terms of defining design and details of individual elements. Calculation of addressing specific design elements. Calculations were performed using SCIA Engineer and manual calculations.

Keywords

Trusses, purlins, columns, bracing, structural analysis, steel, load optimization, reinforcement

Bibliografická citace VŠKP

Jiří Fišer *Statická analýza železobetonové haly*. Brno, 2014. 16 s., 70 s. příl. Bakalářská práce.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 29.5.2014

.....
podpis autora

Jiří Fišer

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 29.5.2014

.....
podpis autora

Jiří Fišer

Poděkování:

Tímto bych velmi rád poděkoval panu doc. Ing. Zichovi, Ph.D., za vedení mé bakalářské práce a za čas, který mi byl ochoten věnovat.

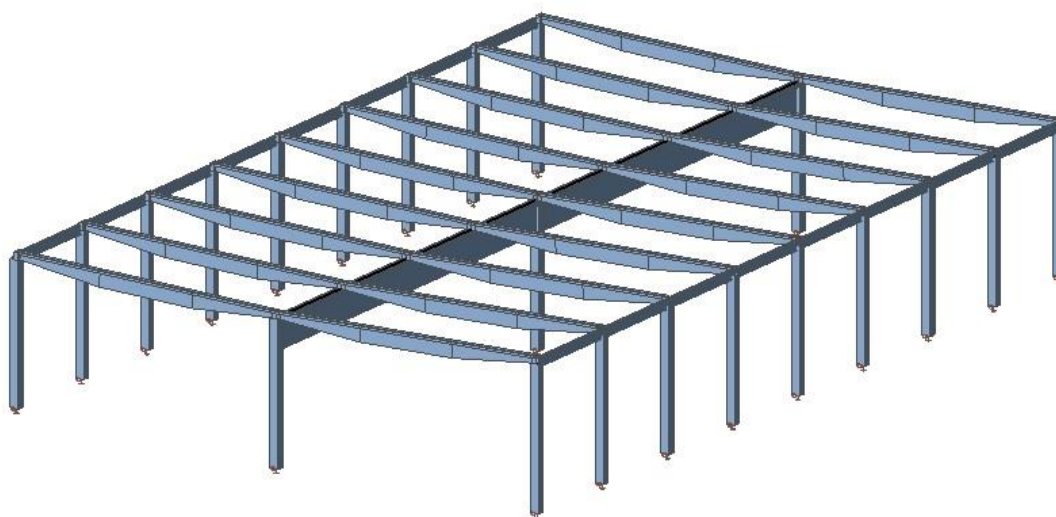
Obsah

1	Úvod	9
2	Konstrukční systém	9
3	Statické řešení konstrukce	10
4	Zatížení	10
5	Geologické poměry a založení objektu	10
6	Podlahové konstrukce	11
7	Obvodový plášť.....	12
8	Střešní plášť.....	12
9	Vazník VA01.....	13
10	Technologie montáže	14
11	Závěr.....	14
12	Seznam použitých zdrojů	15
13	Seznam příloh.....	15

1 ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá statickou analýzou železobetonové montované haly. Zabývá se převážně statickým návrhem a posouzením dílčích konstrukcí, které tvoří nosnou část celého objektu. Uvažovaná konstrukce svým konstrukčním uspořádáním splňuje podmínky montované prefabrikované průmyslové haly. Účelem tohoto objektu je skladování materiálu, z čehož plynou navazující nároky na konstrukce. Tato hala se nachází v průmyslové zóně Karviná-Doly.

Bakalářská práce je rozdělena do třech základních souborů, a to na textovou část, kde se jedná o technickou zprávu a konstrukční řešení jednotlivých stavebních detailů. Druhou část tvoří část výpočtová, která se zabývá návrhem a posouzením dílčích prvků. Důraz je kladen na návrh vazníku s náběhy a optimalizace návrhu v dílčích částech výpočtu. Byl proveden komplexní návrh a následné posouzení na první mezní stav a na mezní stav použitelnosti. Třetí část se zabývá projektovou dokumentací objektu a výkresovou dokumentací navržených konstrukcí.

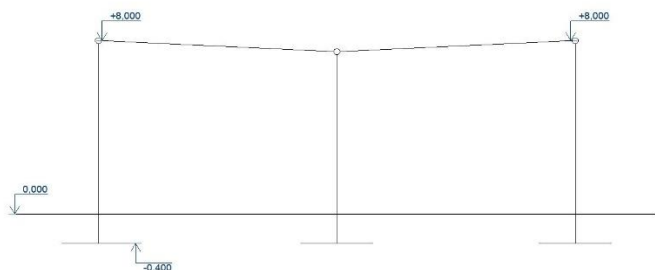


2 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

Konstrukční systém jednopodlažní, dvoulodní haly s rozměry 96,4x32,4 m je tvořen obvodovými sloupy S01,S02,S03,S04 a sloupy středovými S05. Obvodové sloupy podepírají jednotlivé vazníky VA01, které se opírají o středový předem předpjatý vazník VA03 a VA02. Hlavní nosnou část ve středové rovině tvoří předem předpjatý železobetonový vazník VA03,VA02 průřezu T, který je nositelem zatížení od jednotlivých dílčích vazníků VA01. Tento vazník podepírají středové sloupy S05, v osových vzdálenostech 24m. Tyto prvky tvoří základní nosnou rámovou soustavu. Tato rámová soustava je situovaná v příčném směru. Celý objekt je členěn na jednotlivé příčné rámy v osových vzdálenostech 6 m, ovšem s plnými vazbami v osově vzdálenosti 24 m viz.

výkresová dokumentace. Celkovou prostorovou tuhost zajišťují vaznice společně se ztužidly ZT01,ZT02,ZT03,ZT04,ZT05. Vaznice navrhnutý v osových vzdálenostech 1,6m, která jsou mechanicky kotvena k vaznicím VA01 a jsou nositeli zatížení střešního pláště. Ztužidla situovaná po celém obvodu celé soustavy.

3 STATICKÉ ŘEŠENÍ KONSTRUKCE



Statické schéma je řešeno jako 2D rám v příčném směru, vazníky VA01 jsou kloubově připojeny na podporové sloupy a na středový vazník VA03 respektive VA02. O přenos zatížení do základové spáry se stará kalichová patka, která je pomocí cementové zálivky spojena se sloupy, proto také bylo zvoleno v těchto styčnicích za okrajovou podmínku vetknutí.

4 ZATÍŽENÍ

Veškerá zatížení byla definována dle ČSN EN 1991-1. Konstrukce, vzhledem ke své poloze výstavby spadá pod větrnou a sněhovou oblast typu II, což tvoří elementární parametr pro výpočet zatížení od klimatických podmínek. Střešní konstrukce převážně zatížena svou vlastní tíhou tzn. vlastní tíha vazníku, vaznic a střešního pláště. Užité zatížení zatříděno do kategorie H tzn. do kategorie nepřístupných střech s výjimkou běžné údržby a oprav. V budoucím objektu se neuvažuje s výstavbou jeřábu či jiných strojů, proto s dynamickým zatížením od strojů se neuvažuje.

5 GEOLOGICKÉ POMĚRY A ZALOŽENÍ OBJEKTU

V místě stavby byl proveden inženýrsko-geologický průzkum, za účelem ověření geologických a základových podmínek, stanovení vhodnosti zakládání objektu a stanovení agresivity podzemní vody. Bylo zjištěno, že základové poměry v areálu výstavby jsou nevhodné, proto je nutné založení stavby za pomoci hlubinného zakládání. Území nevykazuje žádný zdroj nerostů, podzemní vody lze charakterizovat jako mírně kyselé bez zvláštních požadavků na opatření pro základové konstrukce. Staveniště patří do poddolovaného území, je tedy nutné vyhotovit analýzu o možných dopadech této skutečnosti či o možných protipatřeních. Objekt charakterizován jako náročná stavba s náročnými

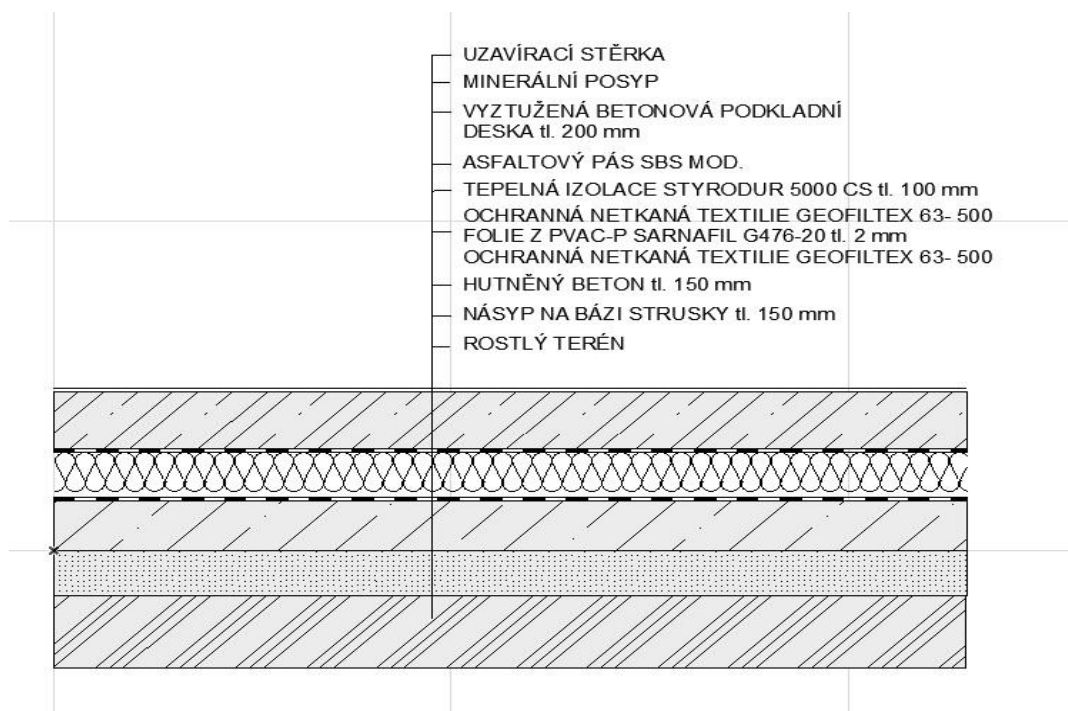
základovými poměry. Vzhledem k těmto skutečnostem spadá budova do 3. geotechnické kategorie. Nositelem celkového zatížení jsou sloupy, které zprostředkovávají přenos zatížení do železobetonových patek kalichového typu, které jsou podepírány pilotami.

6 PODLAHOVÉ KONSTRUKCE

Vzhledem k účelu objektu a následnému plánovanému zatížení se na podlahovou konstrukci zvyšují nároky na její nosnost a odolnost. Tyto požadavky splňuje vysoce zátěžová strojně hlazená polymer-cementová skladba podlahy. Tyto podlahy dosahují pevnosti v tlaku až 40 Mpa, proto jsou aplikované do haly, kde se uvažuje s vjezdem nákladního automobilu či pohybu vysokozdvizného vozíku.

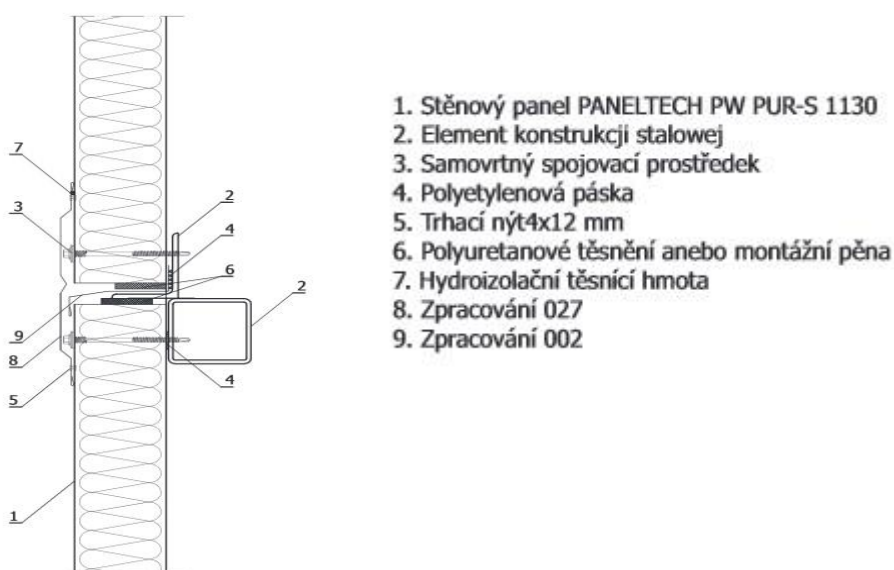
Izolace podlahy proti zemní vlhkosti bude provedena v protiradonové úpravě ve skladbě:

- ochranná netkaná textilie - 500g/m^2 (GEOFILTEX 63-500 g/m^2)
- folie z PVC-P SARNAFIL G476-20 tl. 2 mm
- ochranná netkaná textilie - 300g/m^2 (GEOFILTEX 63-300 g/m^2)



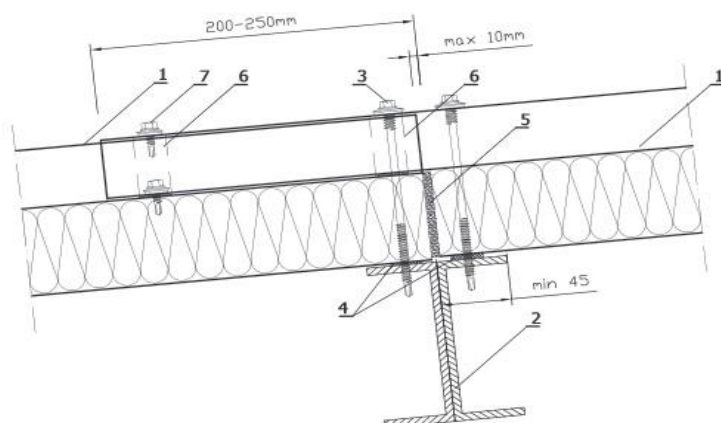
7 OBVODOVÝ PLÁŠŤ

Obvodový plášť byl sestaven z velkoformátových sendvičových panelů Paneltech PW PUR-S 160 mm, které zajistí dostatečnou rychlost výstavby a zároveň budou splňovat tepelně-technologické požadavky na konstrukci. Panely jsou kotveny na nosnou a ztužující konstrukci obvodového pláště, vytvořenou pomocí připravených rastrů z hliníkových profilů. Následně se tento rastr mechanicky ukotví do sloupů, z čehož je zajištěn přenos působení větru do sloupových konstrukcí. Rastr slouží jen jako ztužující prvek pro obvodový plášť, nikoliv však jako nosný či ztužující prvek celého systému budovy.



8 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

Střešní rovina tvořena vaznicemi a sendvičovými střešními panely. Vaznice navrhnuté z ocelových IPE profilu o výšce 300 mm a délce 6 m. Vaznice mechanicky ukotveny k vazníkům a uloženy po osových vzdálenostech 1,6 m. Střešní krytina s tepelněizolační funkcí tvořena sendvičovými PW-PUR D panely o tloušťce 160 mm, které jsou ocelovými spojkami kotveny k vaznicím, tento spoj je nutné ověřit statickým výpočtem, je nutné ověřit účinky sání větru, na které musí tyto spoje odolat.



1. Střešní panel PANELTECH PW PUR-D 1050
2. Ocelová konstrukce dle stavebního projektu
3. Samovrtný spojovací prostředek
4. Polyetylenová páska
5. Polyuretanová pěna
6. Butylová utěšňovací páska
7. Samovrtný spojovací prostředek do plechu, (co cca 120 mm)

9 VAZNÍK VA01



Vazník VA01 je prefabrikovaný prvek, proměnného průřezu tvaru T o délce 15,955 m. Proměnný průřez vytváří náběhy, které mají hospodárnou funkci vazníku, tyto náběhy jsou tvořeny v místech s menšími hodnotami momentů. Vazník staticky působí jako prostý nosník, proto tyto náběhy jsou vytvořeny na okrajích vazníku. Vazník vyroben z pevnostní třídy betonu C 30/37 a vyztužen betonářskou ocelí pevnostní třídy B500B. Vazník kloubově uložen na sloupy, kotvení realizováno pomocí dvojice ocelových prutů vyčnívajících ze sloupu, které jsou kotveny do předem připravených pouzder ve vazníku, díky této skutečnosti krajní části vazníku jsou zesíleny rozšířením průřezu, z důvodu oslabení kotvicími pouzdry. Podkladní místo opatřeno pryžovou podložkou, která zajistí rovnoměrný přenos zatížení do sloupu. Prvek bude pomocí jeřábu pokládán ze skládky na připravené sloupy, díky nutnosti transportu vazníku z výroby na skládku a ze skládky na konečnou polohu vazníku, se nachází na horní straně příruby dvě úchytná oka pro ukotvení vazníku na jeřáb. Pohledové hrany zkoseny o 10 mm. Vazník bude trvale uložen v třídě prostředí XC1, dle této třídy bylo navrženo krytí výztuže. Pro přísnější požadavky protipožárních řešení může být konstrukce navržena s vyšším krytím výztuže a díky tomu dosáhnout větší požární odolnosti.

Při posuzování na ohyb a následným návrhem výztuže se vychází z průběhu momentů na prostém nosníku a z podmínky rovnováhy při posudku dílce. U rozdělení materiálu se přistoupilo k iteračnímu výpočtu ve zvolených řezech vzhledem k proměnnému průřezu. Při

posuzování na smyk se vycházelo z modelu náhradní příhradoviny, návrh smykové výztuže vycházel z nejmenšího průřezu, tedy na stranu bezpečnou a následně navrhnutá smyková výztuž je rozdělena po konstantních vzdálenostech na délce prutu. Na mezní stav použitelnosti byl posuzován jen průhyb, vzhledem ke třídě prostředí a účelu haly šířka trhlin není relevantní. Při ručním výpočtu průhybu dochází ke značné idealizaci prvku, díky tomu jsme schopni efektivně spočítat hodnotu průhybu za přijatelnou časovou jednotku. Způsob výpočtu byl zvolen za pomoci virtuální práce a za pomoci obdelníkové metody. Ovšem konečné výsledky průhybu ručním výpočtem a výpočtem za pomoci softwaru Scia Engineer, vykazují značnou odchylku, tato odchylka je způsobena značnou idealizací konstrukce.

10 TECHNOLOGIE MONTÁŽE

Na již předem připravené piloty jsou osazovány kalichové patky, které jsou výškově a polohově osazeny dle projektové dokumentace. Po osazení všech patek se postupně umístí sloupy do kalichů na betonovou zálivku. Nejprve montujeme rohové sloupy a poté sloupy uvnitř dispozice objektu. Sloupy se na místo osazují ve svislé poloze pomocí předem připravených montážních otvorů. Následuje kontrola ve svislém směru a poté zalití cementovou zálivkou. Po dostatečném zavrzdnutí, kdy je zajištěna dostatečná stabilita a tuhost ukotvení sloupů se usazují středové vazníky, následně se kotví vazníky k zajištění tuhosti v příčném směru. Prostorovou tuhost se dále zajistí ukotvením ztužidel v podélném směru po obvodu konstrukce. Vždy se postupuje postupně po jednotlivých plných vazbách, aby byla zajištěna prostorová tuhost konstrukce. Následně se osazují vaznice, které se kotví montážními spoji na připravené vazníky.

11 ZÁVĚR

V mé bakalářské práci jsem se zabýval komplexním návrhem a posouzením střešního vazníku VA01, vybral jsem vazník, který je nejvíce namáhán a vykazuje největší hodnotu vnitřních sil a ten následně posoudil. Zabýval jsem se také možnostmi hospodárnějšího návrhu např. návrhu smykové výztuže a vlivu změny hodnoty úhlu náhradního modelu příhradoviny, kde při empirickém posouzení možnosti ukotvení prvku, lze dosáhnout větší hospodárnosti. Také jsem srovnával posouzení na ohyb se započitatelnou tlačnou výztuží, kde za podmínek započitatelnosti výztuže lze dosáhnout lepších výsledků. Velký prostor jsem kladl na výpočet průhybu pomocí softwaru a jeho následným porovnáním s ručním výpočtem. Velkým přínosem bylo posuzování prvku s proměnným průřezem, kde standardní výpočetní modely a rovnice nefungují pro návrh jako celku a tento problém vede k iteračním řešením, následně bylo nutné idealizovat daný prvek z důvodu schopnosti dojít k numerickému vyčíslení výsledku. Standardní metody výpočtu u prvku s proměnnou geometrií ve většině případů vedou k iteračním výpočtům, což pro návrh ruční metodou je velmi problematické z hlediska časové náročnosti. Díky tomu kontrola pomocí ručního výpočtu není příliš efektivní.

12 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Použité normy

- [1] ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, březen 2004
- [2] ČSN EN 1991-1 až 4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí
- [4] ČSN 73 1201: Navrhování betonových konstrukcí pozemních staveb

Použitá literatura

- ŠTĚPÁNEK, ZMEK.: Prvky betonových konstrukcí, dimenzování betonových prvků – Část 3, modul CM4, Brno 2005
- ZICH M. a kol., Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódu, Brno 2010
- Jaroslav Kadlčák, Jiří Kytýr, Statika stavebních konstrukcí II, 2004

Software

- [10] Nemetschek Scia Engineer ve verzi 13.1
- [12] Graphisoft ArchiCAD 15
- [13] Microsoft Office — Word 2013
- [14] Microsoft Office — Excel 2013

13 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A2: Výpočtová část

Příloha A3: Výpočtová část Scia Engineer

Příloha A4: Výkresová dokumentace

