



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

HANGÁR
HANGAR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KATEŘINA SEJBALOVÁ

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, 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 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Kateřina Sejbalová

Název Hangár

Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Barnat, Ph.D.

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2015

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

.....
prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

Podklady a literatura

- [1] ČSN EN 1990- Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991- Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1993- Navrhování ocelových konstrukcí
- [4] ČSN EN 1995- Navrhování dřevěných konstrukcí
- [5] Melcher J., Straka B.: Kovové konstrukce- Konstrukce průmyslových budov, SNTL Praha 1985
- [6] Koželouh B.: Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5 - Step 1 Navrhování a konstrukční materiály, Bohumil Koželouh 1998

Zásady pro vypracování

Vypracujte návrh nosné konstrukce hangáru v lokalitě obce Kunovice. Minimální světlá výška hangáru je stanovena na 6 m. Minimální půdorysné rozměry jsou stanoveny na 20x20 m. Světlé rozpětí prvků zastřešení je minimálně 15 m. Dispoziční řešení navrhnete v souladu s architektonickými požadavky souvisejícími s účelem stavby. Pro nosnou konstrukci použijte ocel běžných pevností. Vypracujte statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce včetně řešení směrných detailů. Vypracujte technickou zprávu a výkresovou dokumentaci v rozsahu specifikovaném vedoucím práce. Z výkresové dokumentace se předpokládá: dispoziční výkresy, plán kotvení, výkresy směrných detailů a konstrukční výkres vybraných nosných prvků.

Popisná data (vkládá student před odevzdáním práce)

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. Jan Barnat, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je návrh a posouzení konstrukce ocelové dvoulodní haly hangáru pro malá sportovní letadla. Objekt má obdélníkový půdorys s rozměry 36 x 27 m. Hlavní nosnou konstrukci tvoří příhradový vazník, který je kloubově uložený na sloupech. Vzdálenost příčných vazeb je 9 m. Prostorová tuhost je zajištěna příčnými a podélnými ztužidly. K návrhu konstrukce byl použit software Scia Engineer.

Klíčová slova

Nosná ocelová konstrukce, dvoulodní hala, návrh, statický výpočet, příhradová konstrukce, spoje, kotvení sloupů

Abstract

The aim of this work is design and assessment of the steel structure of a two-aisle airport hangar for small aircrafts in Kunovice. Building has rectangular plan with dimensions 36 x 27 m. The main supporting system is composed of truss girders, which are pinned on column. The distance between the truss girders is 9 m. For design was used the software Scia Engineer.

Keywords

Load-carrying steel structure, two-aisle hall, design, static assessment, truss construction, joints, column anchorage

...

Bibliografická citace VŠKP

Kateřina Sejbalová *Hangár*. Brno, 2016. 18 s., 3 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Barnat, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 25.5.2016

.....
podpis autora
Kateřina Sejbalová

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

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

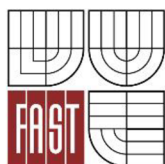
V Brně dne 25.5.2016

.....
podpis autora
Kateřina Sejbalová

Poděkování:

Tímto děkuji panu Ing. Janu Barnatovi, Ph.D. za vedení, cenné rady a odborné připomínky k mé bakalářské práci.

Dále děkuji své rodině a přátelům za trpělivost a podporu při studiu.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

| | |
|---|--|
| Vedoucí práce | Ing. Jan Barnat, Ph.D. |
| Autor práce | Kateřina Sejbalová |
| Škola | Vysoké učení technické v Brně |
| Fakulta | Stavební |
| Ústav | Ústav kovových a dřevěných konstrukcí |
| Studijní obor | 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby |
| Studijní program | B3607 Stavební inženýrství |
| Název práce | Hangár |
| Název práce v anglickém jazyce | hangar |
| Typ práce | Bakalářská práce |
| Přidělovaný titul | Bc. |
| Jazyk práce | Čeština |
| Datový formát elektronické verze | .pdf |
| Anotace práce | Cílem bakalářské práce je návrh a posouzení konstrukce ocelové dvoulodní haly hangáru pro malá sportovní letadla. Objekt má obdélníkový půdorys s rozměry 36 x 27 m. Hlavní nosnou konstrukci tvoří příhradový vazník, který je kloubově uložený na sloupech. Vzdálenost příčných vazeb je 9 m. Prostorová tuhost je zajištěna příčnými a podélnými ztužidly. K návrhu konstrukce byl použit software Scia Engineer. |
| Anotace práce v anglickém jazyce | The aim of this work is design and assessment of the steel structure of a two-aisle airport hangar for small aircrafts in Kunovice. Building has rectangular plan with dimensions 36 x 27 m. The main supporting system is composed of truss girders, which are pinned on column. The distance between the truss girders is 9 m. For design was used the software Scia Engineer. |
| Klíčová slova | Nosná ocelová konstrukce, dvoulodní hala, návrh, statický výpočet, příhradová konstrukce, spoje, kotvení sloupů |

**Klíčová slova v
anglickém
jazyce** Load-carrying steel structure, two-aisle hall, design, static assessment, truss
construction, joints, column anchorage

Normy

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [2] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [4] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [5] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků. Praha: Český normalizační institut, 2004.

Internetové zdroje

- [6] Kingspan, Česká republika [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.kingspan.cz/>
- [7] Čítanka výkresů ocelových konstrukcí [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://citankaok.wz.cz/>
- [8] Ocelář.cz [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.steelcalc.com/cs>

Průvodní dokument

- 01 Titulní list
- 02 Zadání VŠKP
- 03 Anotace a klíčová slova
- 04 Bibliografická citace
- 05 Prohlášení o původnosti VŠKP
- 06 Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP
- 07 Poděkování
- 08 Popisný soubor závěrečné práce
- 09 Seznam použité literatury a webových zdrojů
- 10 Obsah práce
- 11 Technická zpráva

Přílohy

- 01 Statický výpočet
- 02 Výkresová dokumentace
- 03 Výstup z programu Scia Engineer



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

HANGÁR
HANGAR

TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KATEŘINA SEJBALOVÁ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2016

Obsah

| | | |
|-------|-------------------------------|---|
| 1 | ZADÁNÍ | 2 |
| 2 | POUŽITÁ LITERATURA | 2 |
| 3 | VÝPOČTOVÝ MODEL | 2 |
| 4 | POPIS ŘEŠENÉ KONSTRUKCE | 2 |
| 4.1 | Vaznice | 4 |
| 4.2 | Vazník | 4 |
| 4.3 | Sloupy | 5 |
| 4.3.1 | Hlavní sloupy budovy | 5 |
| 4.3.2 | Mezilehlé sloupy..... | 5 |
| 4.4 | Ztužidla | 5 |
| 4.4.1 | Podélná ztužidla | 5 |
| 4.4.2 | Příčná ztužidla | 5 |
| 5 | OCHRANA KONSTRUKCE | 6 |
| 6 | MONTÁŽ | 6 |

1 ZADÁNÍ

Obsahem této práce je návrh ocelové nosné konstrukce hangáru. Jedná se o dvoulodní konstrukci, s obdélníkovým tvarem půdorysu. Půdorysné rozměry objektu jsou 36,0 x 27,0 m, světlá výška je 7,0 m. Konstrukce je řešena pro lokalitu Kunovice.

2 POUŽITÁ LITERATURA

- ČSN EN 1991-1-1. Obecná zatížení. Praha: Český normalizační institut, 2004
- ČSN EN 1991-1-3. Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2004
- ČSN EN 1991-1-4. Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2004
- ČSN EN 1993-1-1. Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2004
- ČSN EN 1993-1-8. Navrhování styčnicků. Praha: Český normalizační institut, 2006
-

3 VÝPOČTOVÝ MODEL

Konstrukce byla řešena jako prostorová prutová konstrukce. Bylo stanoveno zatížení, které bylo rozděleno do zatěžovacích stavů. V programu Scia Engineer byly stanoveny maximální vnitřní síly, z kombinací zatěžovacích stavů, na které byly posouzeny všechny prvky konstrukce, spoje a uložení. Úloha byla řešena pomocí lineárního výpočtu.

Vzpěrné délky jednotlivých prutů byly zadány pomocí vlastních součinitelů k_y a k_z v závislosti na okrajových podmínkách.

4 POPIS ŘEŠENÉ KONSTRUKCE

Je navržena ocelová prostorová konstrukce s půdorysnými rozměry 36,0 x 27,0 m a minimální světlou výškou 7,0 m. Jako základní rovina je uvažována výška podlahy, která je zároveň i výškou přilehlého terénu tedy 177,0 m n.m.. Konstrukce je řešena jako dvoulodní, kde rozpětí jedné lodě je 18,0 m. Je zvolena sedlová střecha se sklonem 4,45°. Výška hřebenů nad základní rovinou je 9,2 m.

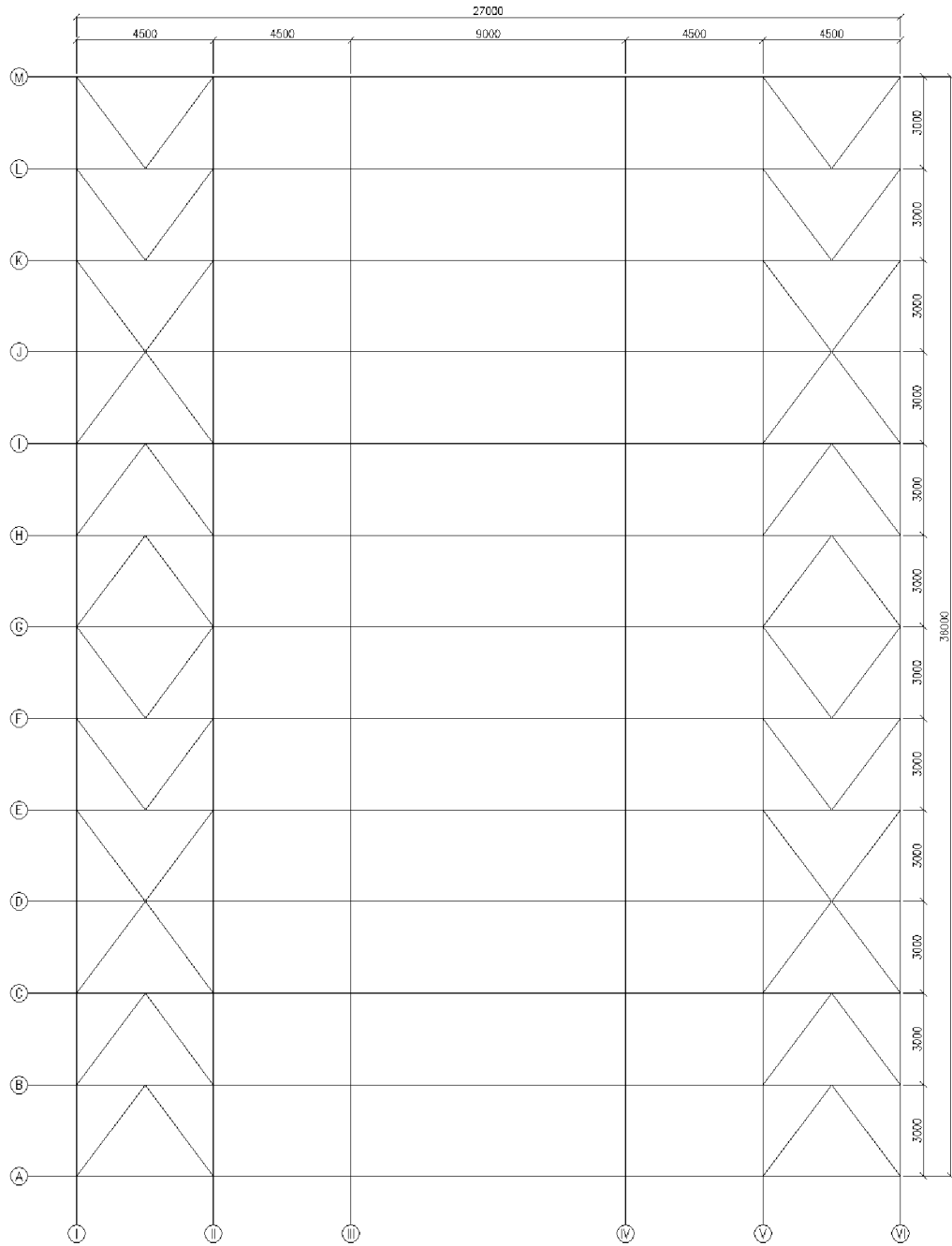
Střešní plášť bude proveden z panelů Kingspan KS1000 RW. Opláštění stěn bude provedeno z panelů Kingspan KS1000 AWP v kombinaci s prosvětlovacími panely KS1000 WL.

Na obou příčných protilehlých stranách objektu se nacházejí vrata o rozpětí 15m, které mají samostatné založení.

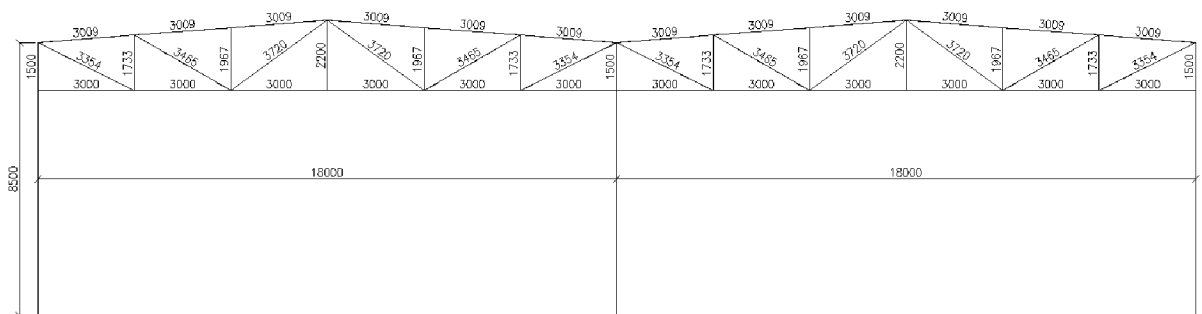
Střešní panely jsou uloženy na vaznicích, které jsou uvažovány jako gerberovy nosníky, s délkou neseného nosníku 7 m a délkou nesoucích nosníků 10,0 m. Vaznice jsou uloženy kloubově na horním pásu příhradového vazníku. Horní pás je kloubově uložen na sloupech. Dolní pás je ke sloupům připojen posuvně ve směru příčné vazby. Diagonály a svislice vazníku jsou uvažovány kloubově připojené k hornímu a dolnímu pásu vazníku. Sloupy a vazníky tvoří příčnou vazbu, která je v příčném směru uvažována s vetknutím sloupů s v podélném směru je uvažováno s kloubovým uložením.

Aby byla zajištěna prostorová tuhost celé konstrukce, je hala opatřena ztužidly příčnými i podélnými. Kvůli zkrácení délek příčných ztužidel jsou mezi první a druhou vazbu a třetí a čtvrtou vazbu přidány mezilehlé sloupy, které jsou uvažovány jako kyvné stojky. Příčné ztužidlo je rozděleno do dvou částí, které na sebe navazují, a to stěnové ztužidlo a střešní ztužidlo.

Celá konstrukce je navržena z oceli S 355.



Obr. 1 Půdorys

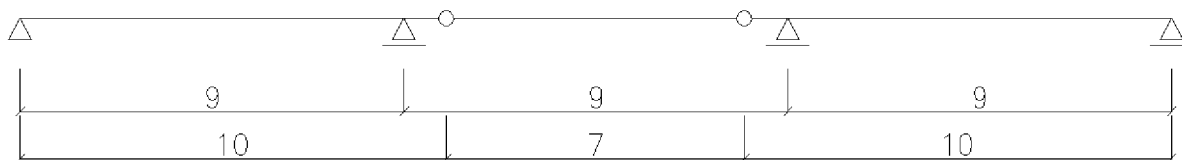


Obr. 2 Přičný řez

4.1 Vaznice

Navržená vaznice je řešena jako gerberův nosníku, jdoucí přes celou délku objektu. Vaznice je provedena z profilu IPE 330. Jsou umístěny vždy nad svislicí vazníku, půdorysně tedy každé 3 m.

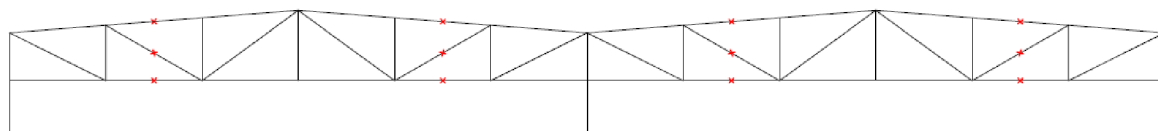
Přípoj vaznice na horní pás vazníku je proveden pomocí úhelníku L 150x75x9. Kloubový spoj ve vaznici je proveden pomocí příložky, která je na jednu vaznici přivařena a ke druhé je připevněna pomocí šroubu.



Obr. 3 Schéma uložení vaznic

4.2 Vazník

Vazník je konstrukcí příhradovou, kloubově uloženou na sloupech. Délka příhrady je 3 m a výška vazníku je 1,5 m při okrajích a 2,2 m uprostřed. Rozpětí vazníku je 18 m, což je rozpětí jedné lodě konstrukce. Tento rozměr převyšuje přepravní možnosti a proto je konstrukce rozdělena do 5 montážních celků, jenž budou na staveništi spojeny pomocí šroubů. Montážní spoje jsou umístěny dle obrázku. Montážní spoj horního pásu, dolního pásu i diagonály je řešen pomocí čelních desek.



Obr. 4 Umístění montážních spojů

Všechny části vazníku jsou navrženy z RHS profilů. Horní pás je z profilu RHS 160/80/10,0. Dolní pás, který je nejvíce namáhaný, je z profilu RHS 200/100/12,5. Diagonály jsou z RHS 120/0/8,0. A svislice, které jsou ve vazníku nejméně namáhaným prvkem, jsou z profilu RHS 80/40/4,0.

Napojení výplňových prutů na horní nebo dolní pás vazníku je svarové, pomocí tupého svaru. Svary se provedou automaticky na dílně.

Kloubové připojení horního pásu na sloup je řešeno jak čepový spoj, s čepem $\phi 40$ mm. Připojení dolního pásu na sloup, které je pohyblivé ve směru příčné vazby, je provedeno pomocí šroubu v prodlouženého otvoru ve směru příčné vazby.

4.3 Sloupy

Na konstrukci byly využity dva druhy sloupů. První jsou hlavní sloupy, které jsou vetknuté ve směru příčné vazby a kloubově uloženy v podélném směru. Druhým využitým typem jsou kyvné stojky – mezilehlé sloupy, které jsou použity, aby se zkrátily délky stěnových a střešních ztužidel.

4.3.1 Hlavní sloupy budovy

Sloupy ve vazbě II. jsou společné pro obě lodi objektu – vynášejí oba příhradové vazníky. Mají větší profil – IPE500 – než sloupy ve vazbách I. a III. pro které byl dostačující profil IPE360. Sloupy jsou uvažovány nahoře kloubově spojené s horním pásem pomocí čepového spoje.

4.3.2 Mezilehlé sloupy

Mezilehlé sloupy se nacházejí v řadě B a E, kde jsou navrženy z důvodů zkrácení délek příčných ztužidel. Jsou kloubově uloženy v příčném i podélném směru a nahoře jsou kloubově spojeny s horním pásem vynášející střešní ztužidla pomocí čepového spoje, stejně jako je tomu u hlavních sloupů.

Dimenze průřezu jsou zvoleny s ohledem na jejich umístění. Vnitřní mezilehlé sloupy, v řadě II., mají stejnou dimenzi jako hlavní sloupy ve vazbě II., tedy IPE500. Stejně tak mezilehlé sloupy v řadách I. a III. mají stejnou dimenzi jako sloupy ve stejných řadách – IPE360.

4.4 Kotvení sloupů

Hlavní nosné sloupy jsou vetknuty do základové patky, tvořené z patního plechu tloušťky 25 mm a rozměrech 900 x 500 mm u sloupu profilu IPE500 a 700 x 470 u sloupů IPE360. Připojení je provedeno pomocí předem zabetonovaných šroubů s kotevní hlavou M36x3 - 4.6, u který je tolerance vychýlení maximálně 50 mm.

Mezilehlé sloupy jsou uloženy na základovou patku, ke které jsou přivařeny koutovým svarem. Patní plech má tloušťku 20 mm a je k betonové patce kotven pomocí dvou šroubů M24-4.6.

4.5 Ztužidla

Pro zajištění prostorové tuhosti byly navrženy podélná i příčná ztužidla, u kterých se nepočítá s vyloučením tlaku.

4.5.1 Podélná ztužidla

Podélná ztužidla jsou navržena v řadě A, D, G, J a M. Jsou navrženy s ohledem na stabilizační síly a byly zvoleny obdélníkové duté profily, konkrétně RHS80/40/8,0. Na obou koncích jsou kloubově uloženy, v horní části k vaznici a v dolní části dolnímu pásu podélných ztužidel. Oba přípoje jsou řešeny jako šroubové spoje přes styčnickovou desku.

4.5.2 Příčná ztužidla

4.5.2.1 Střešní ztužidla

Střešní ztužidla jsou provedeny v úrovni střechy na okrajích objektu. Prvky ztužidla jsou připojeny šrouby přes styčnickový plech k vaznicím. Ztužidlo je navrženo z dutých průřezu obdélníkového profilu RHS100/50/4,0.

4.5.2.2 Stěnová ztužidla

Stěnová ztužidla se nacházejí v řadách A, G a M mezi vazbami I a II a mezi vazbami V a VI. Jsou připojeny k pažníkům a ke sloupům šrouby pomocí styčnickové desky. Profil je z duté obdélníkové trubky RHS80/40/4,0.

5 OCHRANA KONSTRUKCE

Vzhledem k nedostatečným rozměrům zinkovacích van, které se nacházejí v okolí stavby, byla zvolena protikorozní a protipožární ochrana nátěrem. Jako protipožární nátěr bude použit CHAR 21 od značky Rembrandtin s.r.o., jedná se o jednokomponentní vodouředitelnou intumescentní protipožární nátěrovou hmotu. Jako ochrana proti korozi bude použita nátěrová hmota REMOPLAST ES GLIMMER „U“ od stejné značky.

6 MONTÁŽ

Veškeré svarové spoje budou provedeny ve výrobě, na montáži budou provedeny šroubové spoje.

Orientační montážní postup:

1. Betonáž základů a zabetonování kotevních šroubů s tolerancí ∓ 50 mm.
2. Po vytvrdnutí betonu se ukotví sloupy ve vazbách I a II a ve vazbách V a VI, provede se jejich výšková rektifikace a následně se provede podlití.
3. Na zřízené sloupy se namontují patřičné paždíky a poté se zřídí stěnové ztužidlo.
4. Následuje montáž sloupů ve vazbách III a IV, jejich výšková rektifikace, podlití a dočasné zajištění podpěrami proti pohybu.
5. Provede se sešroubování montážních dílců vazníku a pomocí jeřábu se osadí na sloupy.
6. Na horní pás vazníku se připojí nejdříve krajní vaznice (nesoucí části gerberova nosníku) v řadách A, G a M, na tyto se poté přišroubují střední části vaznic.
7. Na tyto vaznice se připojí podélná ztužidla.
8. Následně se na horní pás vazníku připojí zbývající krajní části vaznic, na něž se následně přišroubují střední část.
9. Po připojení veškerých vaznic je možné namontovat střešní ztužidlo.
10. Odstranění podpěr sloupů ve vazbách III a IV může být provedeno až po připojení veškerých ztužidel.
11. Provede se montáž zbývajících paždíků, na které se poté připojuje opláštění budovy.