



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

VÝROBNÍ HALA
PRODUCTION HALL

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Šárka Trachtulcová

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL SÝKORA

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|--------------------------------|---|
| Studijní program | N3607 Stavební inženýrství |
| Typ studijního programu | Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3607T009 Konstrukce a dopravní stavby |
| Pracoviště | Ústav kovových a dřevěných konstrukcí |

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

| | |
|------------------------|------------------------|
| Student | Bc. Šárka Trachtulcová |
| Název | Výrobní hala |
| Vedoucí práce | Ing. Karel Sýkora |
| Datum zadání | 31. 3. 2017 |
| Datum odevzdání | 12. 1. 2018 |

V Brně dne 31. 3. 2017

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

1. Prostorové uspořádání haly.
2. ČSN EN 1991 (ČSN 730035): Zatížení konstrukcí.
3. ČSN EN 1993 (ČSN 731401): Navrhování ocelových konstrukcí.
4. Literatura podle doporučení vedoucího diplomové práce.
5. Odborné publikace v časopisech a sbornících, které se vztahují k řešené problematice, podle doporučení vedoucího diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh nosné ocelové konstrukce dvoulodní průmyslové haly v souladu s prostorovým uspořádáním objektu o rozpětí 30 m a 15 m, délky 90 m a výšce odpovídající skladebné výšce konzoly 9,0 m.

V hale uvažujte mostový jeřáb o nosnosti 32 t.

Konstrukci navrhňte pro oblast Uherské Hradiště.

Konstrukci orientačně navrhňte v několika variantách, vybranou variantu podrobně rozpracujte.

Předepsané přílohy:

1. Technická zpráva obsahující základní charakteristiky navržené konstrukce, požadavky na materiál, spojovací prostředky, montáž a ochranu.
2. Statický výpočet hlavních nosných prvků a částí konstrukce.
3. Výkresová dokumentace obsahující zejména dispoziční výkres, výkres vybraných konstrukčních dílců, charakteristické detaily podle pokynů vedoucího diplomové práce.
4. Orientační výkaz spotřeby materiálu.

STRUKTURA 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. Karel Sýkora
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Náplní diplomové práce je návrh a posouzení nosné ocelové konstrukce výrobní haly. Hala má dvě lodě. Rozpětí hlavní lodi je 30 metrů, rozpětí vedlejší lodě je 15 m. Hala je dlouhá 90 metrů. Nosný systém je tvořený příčnou vazbou složenou ze 3 vetknutých sloupů a na ně dvěma kloubově uloženými příhradovými vazníky. Střešní konstrukce je navržena vaznicová s příhradovými vaznicemi. V hlavní lodi haly pojíždí mostový jeřáb o nosnosti 32 t. Objekt je situován v oblasti Uherského Hradiště.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ocelová konstrukce, dvoulodní objekt, příhradový vazník, mostový jeřáb, příhradová vaznice

ABSTRACT

The subject of this diploma thesis is design and assessment of steel structure industrial building. This hall has two bays. The width of the main bay is 30 metres, the width of the second bay is 15 metres. The length of building is 90 metres. Load-bearing system is created of three fixed columns with pin-supported truss beams between. Construction of roof is designed as truss purlin system. There is a bridge crane of 32 tons capacity. The building is situated in area of Uherské Hradiště.

KEYWORDS

Steel structure, two-bay building, truss girder, bridge crane, truss purlin

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Šárka Trachtulcová *Výrobní hala*. Brno, 2018. 30 s., 297 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Karel Sýkora

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 12. 1. 2018

Bc. Šárka Trachtulcová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Karlu Sýkorovi za ochotu a odborné vedení při práci na diplomové práci. Další poděkování patří rodině, která mě po celou dobu studia podporovala ve všech ohledech.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

VÝROBNÍ HALA

TECHNICKÁ ZPRÁVA

AUTOR PRÁCE

Bc. Šárka Trachtulcová

OBSAH:

| | |
|---|----|
| 1 ÚVOD | 10 |
| 2 PŘEHLED POUŽITÝCH NOREM | 10 |
| 3 MEZNÍ STAVY | 10 |
| 4 ZATÍŽENÍ | 10 |
| 4.1 Stálé zatížení | 11 |
| 4.2 Proměnné zatížení | 11 |
| 4.2.1 Klimatické zatížení | 11 |
| 4.2.2 Zatížení jeřábem | 11 |
| 5 POPIS KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ | 11 |
| 5.1 Střešní plášť | 11 |
| 5.2 Stěnový plášť | 12 |
| 5.3 Vaznice | 12 |
| 5.4 Vazník | 12 |
| 5.5 Sloupy | 12 |
| 5.6 Štítové sloupy | 13 |
| 5.7 Mezisloupy boční stěny | 13 |
| 5.8 Kotvení a patky sloupů | 13 |
| 5.9 Jeřábová dráha | 13 |
| 5.10 Ztužidla | 13 |
| 5.10.1 Ztužidla zajišťující pásy vaznic | 13 |
| 5.10.2 Příčné střešní ztužidlo | 14 |
| 5.10.3 Příčné stěnové ztužidlo | 14 |
| 5.10.4 Okapové ztužidlo | 14 |
| 5.10.5 Brzdné ztužidlo | 14 |
| 5.10.6 Paždíky | 14 |
| 6 MATERIÁL | 14 |
| 7 POVRCHOVÁ ÚPRAVA KONSTRUKCE | 14 |
| 8 MONTÁŽ KONSTRUKCE | 15 |
| 9 VARIANTY NÁVRHU | 15 |
| 9.1 Varianta č. 1 | 16 |
| 9.2 Varianta č. 2 | 17 |
| 9.3 Varianta č. 3 | 18 |
| 10 ORIENTAČNÍ VÝKAZ SPOTŘEBY MATERIÁLU | 19 |
| 11 ZÁVĚR | 22 |
| Seznam použitých zdrojů | 23 |
| Seznam použitých zkratk a symbolů | 25 |

1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem a posouzením nosné ocelové konstrukce dvoulodní průmyslové haly v souladu s prostorovým uspořádáním objektu o rozpětí 30 m a 15 m, délky 90 m a výšce odpovídající skladebné výšce konzoly 9,0 m. V hlavní lodi je umístěna jeřábová dráha, po které pojíždí mostový jeřáb nosnosti 32 tun. Objekt se nachází v oblasti Uherské Hradiště. Základním materiálem je ocel S 355.

2 PŘEHLED POUŽITÝCH NOREM

ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1991–1–1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1–1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

ČSN EN 1991–1–3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1–3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.

ČSN EN 1991–1–4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1–1: Obecná zatížení – Zatížení větrem.

ČSN EN 1993–1–1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1–1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

ČSN EN 1993–1–5. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1–5: Boulení stěn.

ČSN EN 1993–1–8. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1–8: Navrhování styčnicků.

ČSN EN 1993–6. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 6: Jeřábové dráhy

3 MEZNÍ STAVY

Posouzení nosné konstrukce je provedeno na mezní stav únosnosti za nejnepříznivější kombinace zatěžovacích stavů, přičemž mezní hodnoty nosných prvků byly brány z návrhových hodnot pro ocel S 355.

Konstrukce je také posouzena na mezní stav použitelnosti na nejnepříznivější hodnoty deformací od zatěžovacích stavů, kde mezní hodnoty byly brány z charakteristických hodnot pro ocel S 355.

4 ZATÍŽENÍ

Konstrukce byla řešena ve 2D pomocí programu SCIA Engineer.

4.1 Stálé zatížení

Vlastní tíha, střešní panel KS 1000 X DEK XG, tl. 100 mm – $g_k=0,1590 \text{ kNm}^{-2}$, stěnový panel KS 1000 AWP, tl. 100 mm - $g_k=0,1277 \text{ kNm}^{-2}$, stěnový panel propouštějící světlo KS 1000 WL, tl. 38 mm - $g_k=0,047 \text{ kNm}^{-2}$.

4.2 Proměnné zatížení

4.2.1 Klimatické zatížení

Pro určení proměnného zatížení vycházíme z umístění objektu v oblasti Uherské Hradiště. Pro tuto lokalitu byla stanovena hodnota charakteristického zatížení sněhem pro sněhovou oblast I - $s_k=0,7 \text{ kNm}^{-2}$ a výchozí rychlost větru podle mapy větrných oblastí pro oblast II – $v_{b,0}=25 \text{ ms}^{-1}$. Zatížení sněhem je uvažováno jako nenavátý sníh, navátý sníh i výjimečné navátí. Vítr je řešen jak podélný, tak příčný, přičemž střechu se sklonem 5 % bereme jako plochou.

4.2.2 Zatížení jeřábem

Při běžných provozních podmínkách jsou proměnná zatížení od jeřábu výsledkem změn v čase a změn polohy. Zahrnují zatížení vlastní tíhou včetně zatížení kladkostrojů, setrvačné síly způsobené zrychlením, zpomalením a přičením. Současné působení složek zatížení od jeřábu jsou uvažovány s ohledem na skupiny zatížení, uvedené v tabulce 2.2 normy ČSN EN 1991-3. Každá skupina zatížení se bere jako jedno charakteristické zatížení od jeřábu pro kombinace se zatíženími, která nejsou způsobena jeřáby. Dynamické složky vyvolané kmitáním v důsledku setrvačných a tlumících sil jsou obecně vyjádřeny dynamickými součiniteli, kterými jsou násobeny statické hodnoty zatížení.

5 POPIS KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ

Výrobní halu tvoří dvě lodě. Hlavní loď má rozpětí 30 m, vedlejší loď má rozpětí 15 m. Hala má délku 90 metrů. Její půdorysné rozměry jsou teda 45 m x 90 m. S opláštěním jsou pak celkové půdorysné rozměry objektu 46 m x 92 m. V nejvyšším místě, hala dosahuje výšky 16,75 m. V hlavní lodi je navržena jeřábová dráha pro pojezd mostového jeřábu o nosnosti 32 t. Nosnou ocelovou konstrukci tvoří příčná vazba složená z vetknutých hlavních nosných sloupů a k nim kloubově připojených sedlových vazníků, střešní konstrukce a ztužení. Příčné vazby jsou od sebe osově vzdáleny 15 m. Mezi příčnými vazbami jsou kloubově uložené mezisloupy po vzdálenostech 5 m.

5.1 Střešní plášť

Střechy obou hal jsou sedlového typu se sklonem 5 %. Střešní plášť je tvořen sendvičovým systémem Kingspan KS 1000 X-dek XG tloušťky 100 mm. Tento plášť je vhodný pro střechy s nízkým sklonem. Hmotnost panelu je $15,90 \text{ kg/m}^2$. Střešní panel zajišťuje vaznice proti klopení.

5.2 Stěnový plášť

Stěnový plášť je tvořen sendvičovým systémem Kingspan KS 1000 AWP tloušťky 100 mm. Hmotnost panelu je 12,77 kg/m². Pro prosvětlení haly přírodním světlem jsou použity i stěnové prosvětlovací panely Kingspan KS 1000 WL tloušťky 38 mm. Jejich hmotnost je 4,7 kg/m².

5.3 Vaznice

Vaznice hlavní i vedlejší lodi jsou příhradové, kloubově připojené k horním pásům vazníků. Vaznice mají rozpětí 15 m. Ve třetinách délky jsou jejich pásy zajištěny ztužidlem z L-profilů proti vybočení. Vaznice hlavní lodi jsou od sebe vzdáleny 3 m, vaznice vedlejší lodi jsou od sebe vzdáleny 2,5 m. Vaznice jsou připojeny šrouby k plechu, který je přivařen k hornímu pásu vazníku. Některé vaznice jsou navíc opatřeny vzpěrami, které mají za úkol zajistit polohu dolního pásu vazníku. Takto upravené vaznice jsou od sebe vzdáleny 6 m u hlavní lodi a 7,5 m u lodi vedlejší. Horní pás vaznice je tvořen svařovaným T-profilem, dolní pás L-profilem orientovaným do stříšky a diagonály jsou navrženy jako členěné pruty ze dvou L-průřezů spojených spojkami ve třetinách délky.

5.4 Vazník

Vazníky jsou navrženy jako příhradové, sedlové o rozpětí 30 m u hlavní lodi a 15 m u lodi vedlejší. Jsou součástí příčné vazby a na sloupy jsou uloženy kloubově v úrovni horního pásu.

Horní pás vazníku hlavní lodi je navržen z profilu L 160x17 orientovaného do žlábků, dolní pás z profilu L120x10 orientovaného do stříšky. Svislice mají průřez složený ze dvou profilů L55x6 a diagonály jsou navrženy z dvojic L100x10 nebo L75x7 se spojkami ve třetinách délky. Připoje svislic a diagonál jsou provedeny pomocí svarů a styčnickových plechů.

Vazník hlavní lodi je rozdělen na tři části pomocí montážních spojů. Montážní spoj horního pásu je proveden pomocí čelních desek přivařených k hornímu pásu vazníku a šroubů, kterými jsou čelní desky spojeny k sobě. Montážní spoj dolního pásu je realizován pomocí dvojic příložek a šroubů na každé přírubě úhelníku.

Horní pás vazníku vedlejší lodi je navržen z profilu L 120x11 orientovaného do žlábků, dolní pás z profilu L120x10 orientovaného do stříšky. Svislice mají průřez L60x6 nebo L50x5 a diagonály jsou navrženy z dvojic L65x7 se spojkami ve třetinách délky.

Krajní části dolních pásů vazníků, které jsou připojeny ke sloupu, jsou navrženy v menších dimenzích, a to L 80x8.

5.5 Sloupy

Sloupy tvoří spolu s vazníky příčné vazby lodí. Sloupy hlavní lodi, z nichž jeden je i částí lodi vedlejší, jsou svařované, plnostěnné se stupňovitě proměnným průřezem, na konzole je uložen hlavní nosník jeřábové dráhy. Krajní sloup vedlejší lodi má konstantní plnostěnný průřez. Osová vzdálenost jednotlivých sloupů je 15 m. Uložení hlavních sloupů budovy je

provedeno pomocí vetknutých patek. V podélném směru působí sloupy jako kloubově uložené.

5.6 Štítové sloupy

Štítové sloupy tvoří kostru čelní stěny. Jsou kloubově uloženy na základovou patku. Na štítové sloupy jsou připevněny stěnové paždíky pro uchycení stěnových panelů. Štítové sloupy pak přenášejí účinky větru z čelní stěny vaznicemi do příčného střešního ztužidla. Štítové sloupy jsou navrženy z válcovaného profilu IPE 500.

5.7 Mezisloupy boční stěny

Svislé nosné prvky konstrukce stěny, které přenášejí účinky větru na stěnu do okapového ztužidla. Mezisloupy jsou nosníky na obou koncích kloubově uložené a jsou navrženy z profilu IPE 450. Mezisloupy, které jsou součástí stěnového ztužidla, jsou navrženy IPE 500.

5.8 Kotvení a patky sloupů

Hlavní nosné sloupy jsou vetknuty do základové patky. Ta je složena z patního plechu, 4 kotevních šroubů s přivařenou hlavou předem zabetonovaných s tolerancí ± 50 mm, vlastního průřezu patky a kotevních příčníků z válcovaných profilů U. Sloupy čelní a boční stěny jsou uloženy kloubově na základovou patku pomocí svarů a 2 kotevních šroubů.

5.9 Jeřábová dráha

V hlavní lodi pojíždí jeřáb o nosnosti 32 t, který patří do kategorie únavových účinků S5 a zdvihové třídy HC2. Rozpětí jeřábu je 28,5 m. Jeřábová dráha je složena z hlavního nosníku, vodorovného výztužného nosníku a výztužného nosníku v šikmé rovině. Jedná se o prostý nosník s podporami v místech hlavních sloupů objektu. Hlavní nosník je navržen svařovaný jednoose symetrický I-průřez s tlustší horní pásnicí, na něm je kolejnice o rozměrech 80x80 mm. Vodorovný výztužný nosník je příhradový, přičemž jeden jeho pás je tvořen vrchní částí hlavního nosníku. Na vodorovném výztužném nosníku je umístěna lávka. Nosník jeřábové dráhy je uložen na ložisku. Výšková rektifikace je řešena pomocí podložek, které se v případě potřeby vkládají mezi spodní pásnici nosníku a úložnou desku ložiska. Rektifikace v podélném směru je řešena podélnými oválnými otvory pro ložiskové šrouby ve spodní pásnici. Příčná rektifikace je umožněna příčnými oválnými otvory v ložisku pro připevňovací šrouby nosníku.

5.10 Ztužidla

5.10.1 Ztužidla zajišťující pásy vaznic

Pro zajištění horních pásů vaznic byly v jejich třetinách navrženy pruty L 50x5 připojené k sousední vaznici. Pro zajištění dolních pásů vaznic jsou tyto pruty opatřeny vzpěrkami L 50x5 jdoucími ke spodním pásům vaznic.

5.10.2 Příčné střešní ztužidlo

Pro zajištění podélné tuhosti haly, byla navržena 2 střešní ztužidla, která přebírají podélné síly z vaznic a přenáší je do stěnových ztužidel. Při návrhu se vycházelo z předpokladu, že tlačena diagonála vybočí a veškeré zatížení přebírá tažená diagonála. Pro střešní ztužidlo hlavní lodi byly navrženy diagonály z dvojice úhelníků L 50x5, pro vedlejší loď jsou diagonály z L 50x5 a ostatní části jsou tvořeny upraveným průřezem horního pásu vaznic a ztužidel zajišťujících pásy vaznic.

5.10.3 Příčné stěnové ztužidlo

Příčná stěnová ztužidla navazují na příčná střešní ztužidla a přenášejí z nich zatížení do základů. Tato ztužidla neplní funkci brzděného portálu jeřábové dráhy. Diagonály stěnového ztužidla jsou navrženy z úhelníků 2xL 50x5 v řadě sloupů A, 2xL 60x6 v řadě sloupů B, L 50x5 v řadě sloupů C, jako vodorovné pruty jsou využity paždíky upravených dimenzí. Svislé pruty se rovnají mezisloupům boční stěny taktéž s upraveným průřezem.

5.10.4 Okapové ztužidlo

Ztužidla průřezu CHS 21,3x2,6 jsou umístěna v rovině střechy po celé délce budovy v krajních polích u okrajů střech. Umožňují přenos zatížení z mezisloupů stěn.

5.10.5 Brzděné ztužidlo

Brzděné ztužidlo jeřábové dráhy je umístěno mezi stejnými hlavními sloupy, jako ztužidlo stěnové. Navrženo je průřezu CHS 21,3x2,6. Ztužidlo probíhá ve svislé rovině pod hlavním nosníkem jeřábové dráhy. V místě připojení k jeřábové dráze uprostřed rozpětí je třeba zhotovit svislé oválné otvory kvůli svislým deformacím hlavního nosníku jeřábové dráhy.

5.10.6 Paždíky

Paždíky jsou navrženy průřezu SHS 90x90x5. Slouží k přichycení stěnového panelu. Působí jako prostý nosník.

6 MATERIÁL

Hlavním konstrukčním materiálem je ocel S 355 s mezí kluzu 355 MPa a mezí pevnosti 510 MPa.

7 POVRCHOVÁ ÚPRAVA KONSTRUKCE

Konstrukce musí být před povrchovou úpravou zbavena nečistot a mastnoty. Ocelovou konstrukci je potřeba chránit proti korozi. Ochrana všech částí ocelové konstrukce je zajištěna nátěrovým systémem. Všechny nátěry a antikorozní ochrany musí být provedeny v souladu s platnými normami.

8 MONTÁŽ KONSTRUKCE

Všechny svarové spoje budou provedeny ve výrobě. Výroba proběhne v souladu s ČSN EN 1900-2 Provádění ocelových konstrukcí.

Orientační postup montáže (blíže určí technolog)

- vybetonování základových patek a zabetonování kotevních šroubů s tolerancí ± 50 mm
- s montáží se začne, jakmile beton vytvrdne
- nejprve se montuje hlavní loď, potom loď vedlejší
- na začátku montáže se usadí mezisloupy, které jsou součástí příčného stěnového ztužidla
- při současném jištění jeřábem budou montovány zbylé pruty příčného stěnového ztužidla
- usadí se hlavní sloupy dvou sousedních příčných vazeb
- sešroubování montážních dílců vazníku
- montáž vazníku na hlavní sloupy budovy
- připojení okapových vaznic, zbylých ztužujících vaznic a vaznic mezilehlých
- montáž ztužidel zajišťujících pásy vaznic
- montáž diagonál střešního ztužidla
- montáž jeřábové dráhy
- tato část už je dostatečně ztužená a může se pokračovat dalšími příčnými vazbami, případně souběžně s vedlejší lodí.

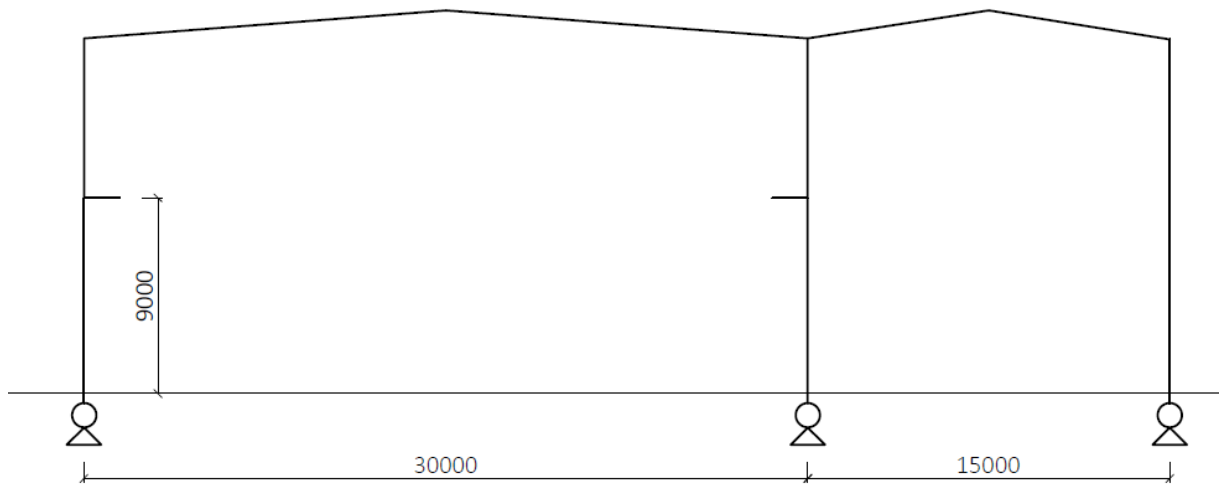
Montážní dílce budou přepraveny nákladními automobily s návěsem.

9 VARIANTY NÁVRHU

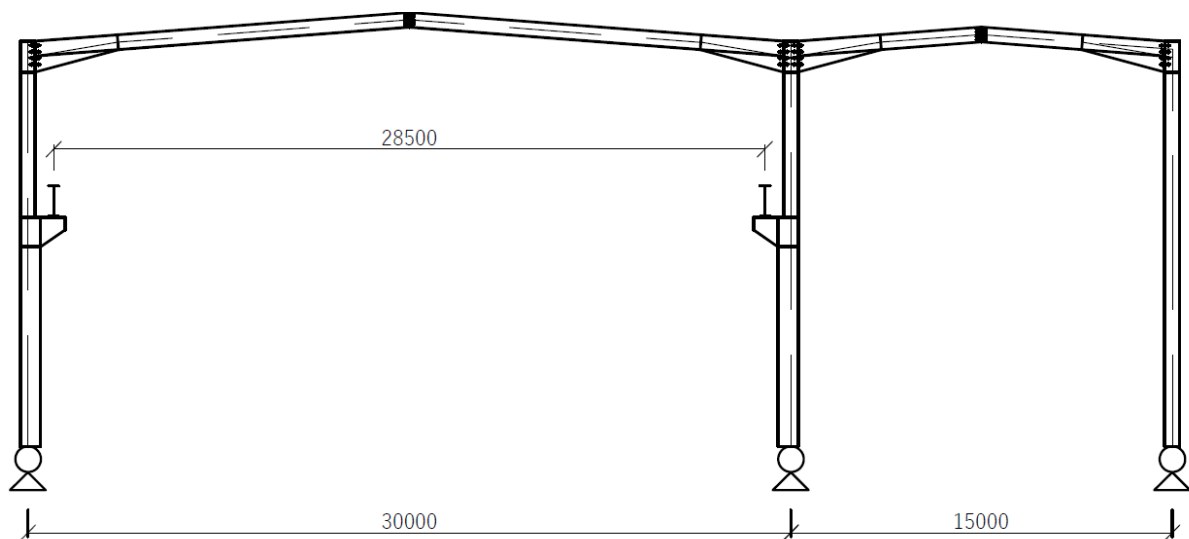
Základním nosným systémem jednopodlažní haly je obvykle rovinná konstrukce příčné vazby, která je vytvořena jako sloupová, rámová, či oblouková. V našem případě dvoulodní haly mohou být tyto soustavy i nakombinovány. V podélném směru je třeba příčné vazby doplnit ztužidly a dalšími nosnými prvky, například pro sestavení střešní konstrukce a uložení střešního pláště.

Na začátku návrhu byly uvažovány 3 základní varianty konstrukce výrobní haly. Tyto varianty jsou zaměřeny právě na příčnou vazbu navrhované dvoulodní výrobní haly.

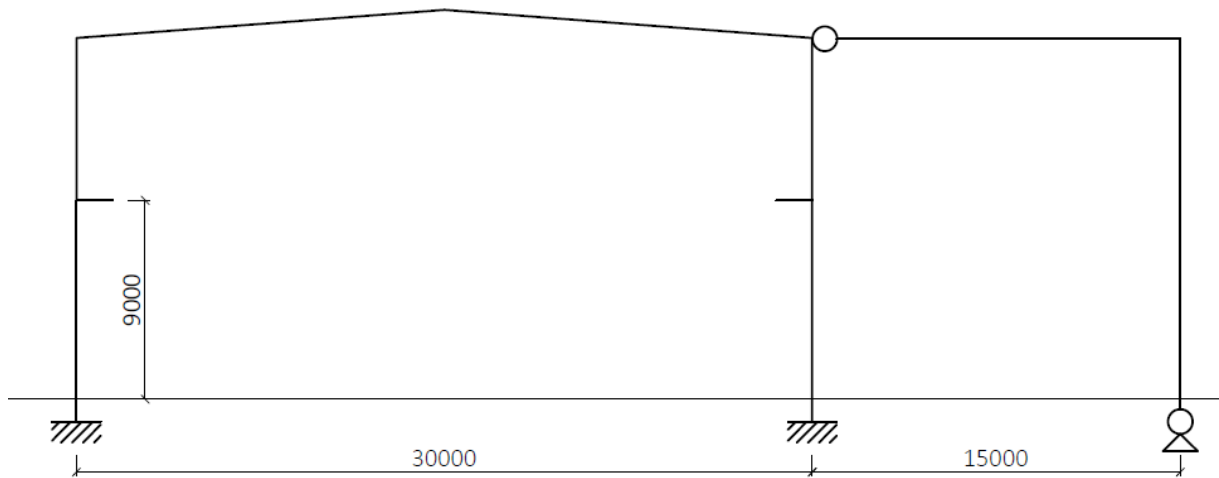
9.1 Varianta č. 1



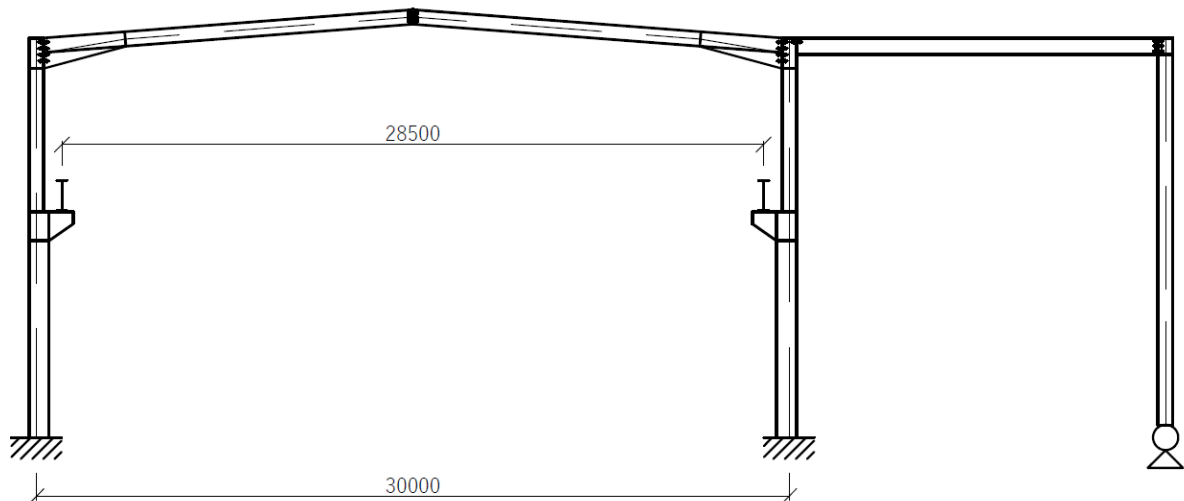
Hlavní nosné střešní nosníky jsou součástí jednoho celku se stojkami. V rovině systému je tedy tuhost zajištěna tuhými rámovými rohy. Uložení sloupů v rovině soustavy obou lodí haly je kloubové. V podélném směru budovy je uložení sloupů idealizováno jako kloubové, je tedy potřeba zajistit tuhost ztužidly. Při návrhu plnostěnného rámu je jeho výška podstatně menší než u příhradového vazníku. Kloubově uložený rám je vhodný pro horší základové poměry.



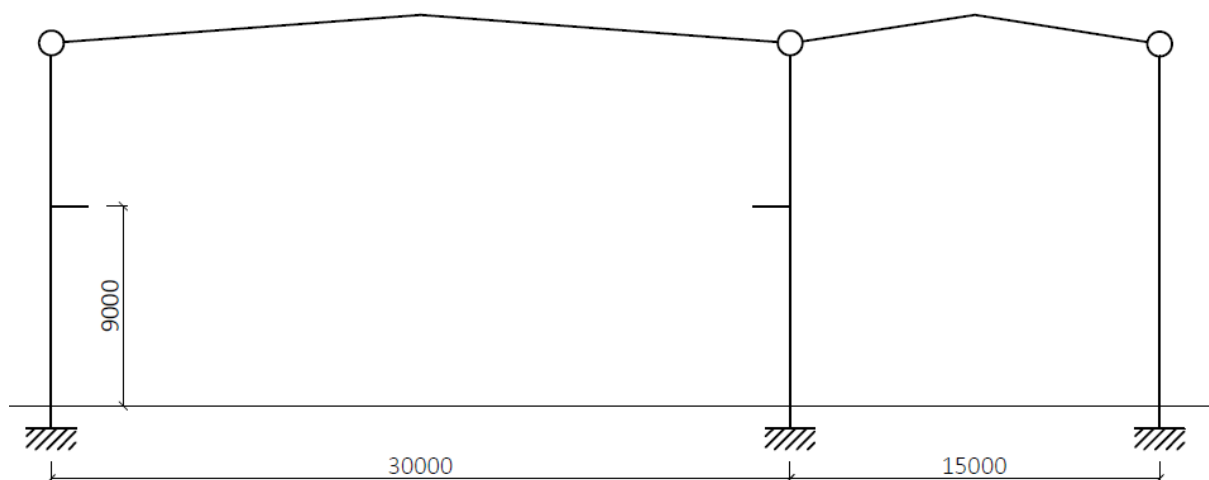
9.2 Varianta č. 2



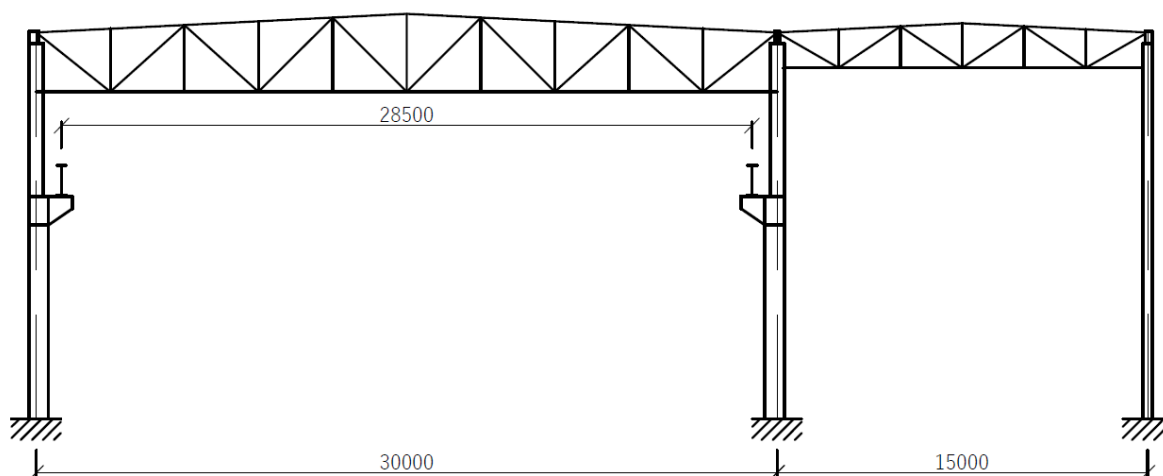
Příčná vazba hlavní lodi působí jako rám uložený kloubově do patek. Vedlejší loď je tvořena jedním rámovým rohem připojeným kloubově k hlavní lodi a kloubově uložený v patce. V podélném směru budovy je uložení sloupů idealizováno jako kloubové, je tedy potřeba zajistit tuhost ztužidly. Vzhledem ke kloubovému připojení vedlejší lodi k lodi hlavní, působí obě samostatně a tento typ příčné vazby je tedy vhodný především pro nepříznivé základové podmínky s rizikem sedání.



9.3 Varianta č. 3



Příčná vazba konstrukce se skládá z hlavních střešních nosníků kloubově podepřených na nosných sloupech. Tuhost této vazby v rovině systému je zajištěna vetknutými sloupy. V podélném směru budovy je uložení sloupů idealizováno jako kloubové, je tedy potřeba zajistit tuhost ztužidly. Střešní nosník je příhradový vazník s horním a dolním pásem průběžným a výplňové pruty vazníku jsou k pásům připojeny kloubově.



Varianty byly posouzeny s přihlédnutím na účel a parametry objektu. Vzhledem k velkému rozpětí hlavní lodi, návrhu jeřábové dráhy a základové půdě byla zvolena varianta č. 3.

10 ORIENTAČNÍ VÝKAZ SPOTŘEBY MATERIÁLU

Vaznice

| Prvek | Průřez | Délka [m] | Jednotková hmotnost [kg/m] | Hmotnost [kg] | Materiál |
|-------------------------------|------------|-----------|----------------------------|---------------|----------|
| Horní pás | svařovaný | 1080.00 | 18.06 | 19504.80 | S 355 |
| Horní pás upravený | svařovaný | 540.00 | 26.85 | 14499.00 | S 355 |
| Dolní pás | L 80x8 | 1417.50 | 9.63 | 13650.53 | S 355 |
| Diagonála | 2 x L 40x4 | 2504.77 | 4.83 | 12098.04 | S 355 |
| Ztužidlo dolního pásu vazníku | L 50x5 | 132.05 | 3.77 | 497.8285 | S 355 |

Vazník hlavní lodi

| Prvek | Průřez | Délka [m] | Jednotková hmotnost [kg/m] | Hmotnost [kg] | Materiál |
|---------------------------|--------------|-----------|----------------------------|---------------|----------|
| Horní pás | L 160x17 | 209.37 | 40.68 | 8517.17 | S 355 |
| Dolní pás DP2 - DP9 | L 120x10 | 177.74 | 18.20 | 3234.94 | S 355 |
| Dolní pás DP1, DP10 | L 80x8 | 30.80 | 9.63 | 296.60 | S 355 |
| Svislice | 2 x L 55x6 | 164.85 | 9.90 | 1632.67 | S 355 |
| Diagonála D1, D2, D9, D10 | 2 x L 100x10 | 74.76 | 30.08 | 2248.78 | S 355 |
| Diagonála D3 - D8 | 2 x L 75x7 | 159.60 | 15.85 | 2529.98 | S 355 |

Vazník vedlejší lodi

| Prvek | Průřez | Délka [m] | Jednotková hmotnost [kg/m] | Hmotnost [kg] | Materiál |
|---------------------|------------|-----------|----------------------------|---------------|----------|
| Horní pás | L 120x11 | 103.53 | 19.92 | 2062.32 | S 355 |
| Dolní pás DP1, DP6 | L 80x8 | 21.70 | 9.63 | 208.97 | S 355 |
| Dolní pás DP2 - DP5 | L 120x10 | 79.10 | 18.20 | 1439.62 | S 355 |
| Svislice S2, S4, S6 | L 60x6 | 30.80 | 5.42 | 167.03 | S 355 |
| Svislice S3, S5 | L 50x5 | 21.14 | 3.77 | 79.70 | S 355 |
| Diagonály | 2 x L 65x7 | 107.94 | 13.65 | 1473.81 | S 355 |

Jeřábová dráha

| Prvek | Průřez | Délka [m] | Jednotková hmotnost [kg/m] | Hmotnost [kg] | Materiál |
|---------------------------|-------------|-----------|----------------------------|---------------|----------|
| Hlavní nosník | svařovaný | 182.00 | 296.26 | 53919.32 | S 355 |
| Vodorovný výztužný nosník | 2L150x75x15 | 175.00 | 24.80 | 4340.00 | S 355 |

| | | | | | |
|-----------------------|---------|--------|-------|---------|-------|
| Diagonály | L 80x10 | 216.32 | 11.86 | 2565.56 | S 355 |
| Svislice | L 60x6 | 86.40 | 5.42 | 468.55 | S 355 |
| Šikmý výztužný nosník | L 60x6 | 248.52 | 5.42 | 1347.72 | S 355 |

Sloupy

| Prvek | Průřez | Délka [m] | Jednotková hmotnost [kg/m] | Hmotnost [kg] | Materiál |
|------------------------|-----------|-----------|----------------------------|---------------|----------|
| Dřík S1, S2 | svařovaný | 139.16 | 175.45 | 24415.62 | S 355 |
| Špička S1, S2 | svařovaný | 92.40 | 367.07 | 33917.27 | S 355 |
| Sloup S3 | svařovaný | 115.78 | 114.61 | 13269.55 | S 355 |
| Mezisloupy boční stěny | IPE 450 | 264.64 | 77.60 | 20536.06 | S 355 |
| Sloupy štítové stěny | IPE 500 | 311.40 | 90.70 | 28243.98 | S 355 |
| Upravený mezisloup | IPE 500 | 198.48 | 90.70 | 18002.14 | s 355 |

Paždíky

| Prvek | Průřez | Délka [m] | Jednotková hmotnost [kg/m] | Hmotnost [kg] | Materiál |
|-------------------|------------------|-----------|----------------------------|---------------|----------|
| Paždíky | SHS 90x90x5 | 2023.20 | 13.10 | 26503.92 | S 355 |
| Upravený v řadě B | RHS 160x80x10 | 30.00 | 33.70 | 1011.00 | S 355 |
| Upravený v řadě A | RHS 120x80x10 | 70.00 | 27.40 | 1918.00 | S 355 |
| Upravený v řadě C | SHS 90x90x5 | 70.00 | 13.10 | 917.00 | S 355 |

Kotvení

| Prvek | Průřez | ks | Jednotková hmotnost [kg/ks] | Hmotnost [kg] | Materiál |
|----------------------------|-------------------|----|-----------------------------|---------------|----------|
| Patní plech S1, S2 | P35 - 1800x640 | 14 | 316.51 | 4431.14 | S 355 |
| Výztuha S1, S2 | svařovaná | 14 | 17.25 | 241.50 | S 355 |
| Kotevní příčník | 2 x UPN 180 | 14 | 22.00 | 308.00 | S 355 |
| Smyková zarážka | IPE 450 | 14 | 7.76 | 108.64 | S 355 |
| Patní plech S3 | P25 - 490x1100 | 7 | 105.78 | 740.46 | S 355 |
| Výztuha S3 | svařovaná | 7 | 2.21 | 15.47 | S 355 |
| Kotevní příčník S3 | 2 x UPN 140 | 7 | 16.00 | 112.00 | S 355 |
| Smyková zarážka S3 | IPE 450 | 7 | 7.76 | 54.32 | S 355 |
| Patní plech kloubové patky | P20 - 350x700 | 46 | 38.47 | 1769.62 | S 3535 |
| Smyková zarážka kl. patky | IPE 450 | 46 | 7.76 | 356.96 | S 355 |

Ztužidla

| Prvek | Průřez | Délka [m] | Jednotková hmotnost [kg/m] | Hmotnost [kg] | Materiál |
|------------------------------------|----------------|-----------|----------------------------|---------------|----------|
| Ztužidlo vaznic | L 50x5 | 828.55 | 3.77 | 3123.63 | S 355 |
| Příčné střešní ztužidlo hl. lodi | 2 x L 50x5 | 153.82 | 7.54 | 1159.80 | S 355 |
| Příčné střešní ztužidlo vedl. lodi | 2 x L 50x5 | 82.70 | 7.54 | 623.56 | S 355 |
| Příčné stěnové ztužidlo v řadě B | 2 x L 60x6 | 89.31 | 10.85 | 968.66 | S 355 |
| Příčné stěnové ztužidlo v řadě A | 2 x L 50x5 | 89.31 | 7.54 | 673.40 | S 355 |
| Příčné stěnové ztužidlo v řadě C | L 50x5 | 89.31 | 3.77 | 336.70 | S 355 |
| Brzdné ztužidlo JD | CHS 21,3 x 2,6 | 100.26 | 1.20 | 120.31 | S 355 |
| Okapové ztužidlo | TR 48,3 x 4 | 235.08 | 4.24 | 996.50 | S 355 |

Hmotnost konstrukce: 301308.23 kg

3 % na svary, spoje: 9039.25 kg

Celková hmotnost: 310347.47 kg

11 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a posoudit nosnou ocelovou konstrukci objektu výrobní haly o půdorysných rozměrech 45 x 90 metrů. Výrobní objekt byl posuzován pro lokalitu Uherské Hradiště. Hlavní konstrukční materiál byla ocel S 355. V hlavní lodi je navržena jeřábová dráha, po které pojíždí mostový jeřáb o nosnosti 32 tun. Ocelový dvoulodní objekt pro objekt výrobní haly byl navržen tak, aby vyhověl na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [2] 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.
- [3] ČSN EN 1991–1–3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1–3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [4] ČSN EN 1991–1–4. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1–1: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [5] ČSN EN 1993–1–1. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1–1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [6] ČSN EN 1993–1–5. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1–5: Boulení stěn. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [7] ČSN EN 1993–1–8. Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1–8: Navrhování styčníků. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [8] ČSN P ENV 1993–6. Navrhování ocelových konstrukcí – Část 6: Jeřábové dráhy. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [9] ČSN EN 1090–2. Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce. Praha: Český normalizační institut, 2012.
- [10] ČSN EN ISO 1461. Žárové povlaky zinku nanášené ponorem na železných a ocelových výrobcích - Specifikace a zkušební metody. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [11] ČSN EN ISO 4063. Svařování a příbuzné procesy – Přehled metod a jejich číslování. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [12] ČSN EN ISO 2553. Svařování a příbuzné procesy – Zobrazování na výkresech – Svarové spoje. Praha: Český normalizační institut, 2014.
- [13] ČSN 731401. Navrhování ocelových konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 1994. (neplatná)
- [14] KRÁL, Jaromír. Navrhování konstrukcí na zatížení větrem: příručka k ČSN EN 1991- 1-4. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. Technická knižnice (ČKAIT). ISBN 978-80-87438-05-3.

- [15] VRANÝ, Tomáš. Ocelové konstrukce 20: pomůcka pro navrhování hal. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999, 113 s. ISBN 80-01-02066-5.
- [16] STUDNIČKA, Jiří a Josef MACHÁČEK. Ocelové konstrukce 20. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 309 s. ISBN 80-01-02529-2.
- [17] VRANÝ, Tomáš, Michal JANDERA a Martina ELIÁŠOVÁ. Ocelové konstrukce 2. Vyd. 2., přeprac. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 149 s. ISBN 978-80-01- 04368-4.
- [18] STUDNIČKA, Jiří, Milan HOLICKÝ a Jana MARKOVÁ. Ocelové konstrukce 2. Vyd. 1. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2007, 138 s. ISBN 978-80-01-03768-3.
- [19] MACHÁČEK, Josef a Jiří STUDNIČKA. Ocelové konstrukce 2. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 152 s. ISBN 80-01-03174-8.
- [20] STUDNIČKA, Jiří, Milan HOLICKÝ a Jana MARKOVÁ. Ocelové konstrukce 2. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2007, 138 s. ISBN 978-80-01-03768-3.
- [21] MACHÁČEK, Josef. Navrhování ocelových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1993-1- 1 a ČSN EN 1993-1-8 ; Navrhování hliníkových konstrukcí : příručka k ČSN EN 1999-1. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2009. Technická knihovna (ČKAIT), 184 s. ISBN 978-80-87093-86-3.
- [22] PILGR, Milan. Kovové konstrukce: výpočet jeřábové dráhy pro mostové jeřáby podle ČSN EN 1991-3 a ČSN EN 1993-6. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012, 200 s. ISBN 978-80-7204-807-6.
- [23] MELCHER, Jindřich a STRAKA, Bohumil. Kovové konstrukce - Konstrukce průmyslových budov, Praha: SNTL, 1. vyd. 1977, 217s.
- [24] VRANÝ, Tomáš. Ocelové konstrukce 20: projekt, haly. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 98 s. ISBN 80-01-02806-2.
- [25] Kingspan. Sendvičové panely – Česká Republika. [online]. Dostupné z: <http://panely.kingspan.cz/sendvicove-panely-zatepleni-izolace-oplasteni1725.html>
- [26] Ocelářské tabulky. [online]. Dostupné z: <http://www.staticstools.eu/index.php?lang=CS>

Seznam použitých zkratk a symbolů

| | |
|---------|--|
| A | plná průřezová plocha šroubu |
| A | průřezová plocha |
| C1 | součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců |
| C2 | součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců |
| C3 | součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců |
| C1,0 | součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců |
| C1,1 | součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců |
| Cdir | součinitel směru |
| Ce | součinitel expozice |
| CmLT | součinitel ekvivalentního konstantního momentu |
| Cmy | součinitel ekvivalentního konstantního momentu |
| Cmz | součinitel ekvivalentního konstantního momentu |
| C0(z) | součinitel orografie |
| Cpe,10 | součinitel tlaku |
| Cr(z) | součinitel drsnosti |
| Cseason | součinitel ročního období |
| Ct | tepelný součinitel |
| Fb,rd | návrhová únosnost šroubu v otláčení |
| Ned | návrhová působící síla |
| Ft,rd | návrhová únosnost šroubu v tahu |
| Fv,rd | návrhová únosnost šroubu ve stříhu |
| E | modul pružnosti v tahu, tlaku |

G modul pružnosti ve smyku

I_t moment setrvačnosti v kroucení

$I_v(z)$ intenzita turbulence

I_w výsečový moment setrvačnosti

I_y moment setrvačnosti průřezu k ose y

I_z moment setrvačnosti průřezu k ose z

L délka svaru

L rozpětí lodi

$L_{cr,t}$ vzpěrná délka při vybočení zkroucením

$L_{cr,y}$ kritická vzpěrná délka kolmo k ose y

$L_{cr,z}$ kritická vzpěrná délka kolmo k ose z

$M_{b,Rd}$ návrhová únosnost v ohybu při klopení

M_{cr} pružný kritický moment při klopení

M_{ed} návrhový ohybový moment

M_{rk} charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu v ohybu

$N_{b,Rd}$ vzpěrná únosnost

N_{cr} kritická síla

$N_{cr,T}$ pružná kritická vzpěrná síla při vybočení zkroucením

$N_{cr,TF}$ pružná kritická síla pro vybočení při prostorovém vzpěru

$N_{cr,y}$ pružná kritická síla při rovinném vzpěru k ose y

$N_{cr,z}$ pružná kritická síla při rovinném vzpěru k ose z

N_{ed} návrhová hodnota osové síly

$N_{pl,Rd}$ návrhová únosnost neoslabeného průřezu

N_{rk} charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu při působení osové síly

$N_{t,rd}$ návrhová únosnost v tahu

$V_{e,d}$ návrhová smyková síla

$V_{pl,rd}$ plastická smyková únosnost

$W_{el,y}$ elastický modul průřezu k ose y

$W_{el,z}$ elastický průřezový modul k ose z

$W_{pl,y}$ plastický modul průřezu k ose y

$W_{pl,z}$ plastický průřezový modul k ose z a účinná výška svaru b šířka průřezu

b_{eff} efektivní šířka

d hloubka konstrukce (délka povrchu rovnoběžného se směrem větru)

d jmenovitý průměr šroubu

d_0 průměr otvoru pro šroub

e excentricita normálové síly

e_1 vzdálenost šroubu od okraje

e_2 vzdálenost šroubu od okraje

f_{cd} výpočtová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku

f_{ck} charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku

f_y mez kluzu

f_u mez pevnosti

f_{ub} mez pevnosti materiálu šroubu

h výška průřezu

h výška konstrukce

i_0 polární poloměr setrvačnosti

i_y poloměr setrvačnosti k ose y

i_z poloměr setrvačnosti k ose z

kr součinitel terénu

kw součinitel vzpěrné délky

kyy součinitel interakce

kyz součinitel interakce

kz součinitel vzpěrné délky

kzy součinitel interakce

kzz součinitel interakce

nr počet stříhových rovin

p1 rozteč mezi šrouby

p2 rozteč mezi šrouby

qp(z) maximální hodnota dynamického tlaku větru

s charakteristická hodnota zatížení sněhem (rovnoměrné spojité zatížení)

sk základní tíha sněhu

t tloušťka

δ průhyb

δ_{max} maximální hodnota průhybu

vb,0 výchozí hodnota základní rychlosti větru

vm střední rychlost větru

w tlak větru (rovnoměrné spojité zatížení)

z0 parametr drsnosti terénu

z0,II parametr drsnosti terénu z výška nad zemí za souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu

zg souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

zs souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu

Φ hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti

Φ_{LT} hodnota pro výpočet součinitele klopení

α součinitel

α součinitel imperfekce

α_{LT} součinitel imperfekce pro klopení

β součinitel vzpěrné délky

β_W korelační součinitel pro svary závislý na druhu oceli

γ_{M1} dílčí součinitel spolehlivosti materiálu

γ_{M2} dílčí součinitel spolehlivosti pro spoje

ϵ součinitel závisející na f_y

ζ_g bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku

ζ_j bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu

k_{wt} bezrozměrný parametr kroucení

λ štíhlost

λ_y štíhlost k ose y

λ_z štíhlost k ose z

λ_{TL} poměrná štíhlost při klopení

λ_t poměrná štíhlost při vybočení zkroucením

λ_y poměrná štíhlost k ose y

λ_z poměrná štíhlost k ose z

μ součinitel tření

μ_{cr} bezrozměrný kritický moment

μ_i tvarový součinitel zatížení sněhem

π Ludolfovo číslo

ρ měrná hmotnost vzduchu

τ smykové napětí

χ_{LT} součinitel klopení

χ_T součinitel vzpěrnosti při prostorovém vzpěru

χ_y součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose y

χ_z součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose z