



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

OCELOVÝ SKELET TECHNOLOGICKÉHO OBJEKTU

STEEL STRUCTURE OF THE TECHNOLOGY BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Adam Paroulek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR BROŠCH

BRNO 2020



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. Adam Paroulek |
| Název | Ocelový skelet technologického objektu |
| Vedoucí práce | Ing. Petr Brosch |
| Datum zadání | 31. 3. 2019 |
| Datum odevzdání | 10. 1. 2020 |

V Brně dne 31. 3. 2019

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Dokumentace ve stupni DSP a DPS nerealizované varianty.

Platné české technické normy

zejména:

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 Zatížení konstrukcí

ČSN EN 1993-1 Navrhování ocelových konstrukcí

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Předmětem práce je zpracování řešení nosné ocelové konstrukce objektu pro umístění papírenské technologie v lokalitě Štětí ve stupni Dokumentace pro provedení stavby. Práce se bude věnovat hlavním statickým a konstrukčním prvkům: sloupy, ztužidla, konstrukce plošin a stropů, případně související.

Objekt má půdorysný rozměr cca 30 x 13 m a výšku cca 30 m. Stavba má nepravidelný půdorysný tvar a rozdílnou výšku v jednotlivých modulech.

Hlavním úkolem je optimalizace návrhu konstrukce z hlediska volby a posouzení vhodnosti ztužujícího systému (využití rámu, ztužidel aj.) a využití materiálu. Řešení se předpokládá ve variantách. K podrobnějšímu rozpracování vybere student nejvhodnější variantu.

Předepsané přílohy:

Technická zpráva - s odůvodněním zvolené varianty

Statický výpočet - hlavních částí konstrukce

Výkaz materiálu

Výkresová část

Hodnocení variant z hlediska statického a konstrukčního systému, účinků na spodní stavbu a spotřeby materiálu.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Petr Brosch
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce byl návrh ocelového skeletu technologického objektu v lokalitě Štětí. Objekt slouží pro umístění papírenské technologie. Geometrie ocelového skeletu byla přizpůsobena požadavkům pro osazení technologie. Statický systém byl zvažován ve dvou variantách – kloubová a kombinace rámové a kloubové konstrukce. K detailnějšímu zpracování byla vybrána podélně kloubové a příčně rámové konstrukce. Byl proveden statický výpočet pomocí programu Scia Engineer 19, následně byly posouzeny přípoje pomocí programu Idea statica. Práce je zpracována podle platných normativů ČSN.

KLÍČOVÁ SLOVA

nosná konstrukce, ocelová konstrukce, technologický objekt, rám, kloub, ztužidla, svarové spoje, šroubové spoje, statické posouzení

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the design of a steel technological structure in the locality of Štětí. The structure is used for the paper production technology. The geometry of the structure was customized to technological requests. The static system was considered in two versions – joint connections and frame – joint connections. The frame – joint connections system was chosen for detail processing. The steel structure was calculated by Scia Engineer 19 software. The connections were calculated by Idea statica software. The thesis is processed according to valid standards of ČSN EN.

KEYWORDS

load – bearing structure, steel structure, technological structure, frame, joint, bracing, weld joint, bolt joint, static calculation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Adam Paroulek *Ocelový skelet technologického objektu*. Brno, 2019. 15 s., 294 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Petr Brosch

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Ocelový skelet technologického objektu* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 29. 12. 2019

Bc. Adam Paroulek
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Ocelový skelet technologického objektu* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29. 12. 2019

Bc. Adam Paroulek
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Petru Broschovi, za odborné vedení a poskytnuté rady, které mi pomohly při tvorbě diplomové práce a za čas, který mi věnoval.

V Brně dne 29. 12. 2019

Bc. Adam Paroulek
autor práce



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

OCELOVÝ SKELET TECHNOLOGICKÉHO OBJEKTU

STEEL STRUCTURE OF THE TECHNOLOGY BUILDING

ČÁST A: TECHNICKÁ ZPRÁVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Adam Paroulek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PETR BROSCHE

BRNO 2020



| | |
|---|----------|
| 1. Všeobecně | 3 |
| 2. Zatížení | 3 |
| 2.1. Zatížení stálá | 3 |
| 2.2. Užitné zatížení | 3 |
| 2.3. Klimatické zatížení | 3 |
| 3. Popis konstrukce | 4 |
| 3.1. Geometrie konstrukce | 4 |
| 3.2. Statické řešení konstrukce | 4 |
| 3.3. Opláštění konstrukce | 4 |
| 4. Ochrana konstrukce | 5 |
| 4.1. Ochrana proti požáru..... | 5 |
| 4.2. Ochrana proti korozi..... | 5 |
| 4.3. Zemnění konstrukce | 5 |
| 5. Materiál a zatřídění | 5 |
| 6. Výroba a montáž konstrukce | 6 |
| 7. Kontroly konstrukce a bezpečnosti při práci | 6 |
| 8. Závěr | 6 |
| 9. Seznam použité literatury | 7 |



1. Všeobecně

Tato technická zpráva je součástí diplomové práce s názvem Ocelový skelet technologického objektu.

Podklady pro vypracování diplomové práce byly poskytnuty firmou OKF s.r.o.

2. Zatížení

Zatížení pro výpočet konstrukce bylo stanoveno v souladu s ČSN EN 1991 – Zatížení konstrukcí, část 1-1: Obecná zatížení; část 1-3: Zatížení sněhem; část 1-4: Zatížení větrem.

2.1. Zatížení stálá – normové hodnoty: $\gamma_F=1,35$

| | |
|--|------------------------|
| Vlastní tíha ocelové konstrukce | |
| Opláštění | 0,3 kN/m ² |
| ŽB deska včetně trapézového plechu | 5,06 kN/m ² |
| Zatížení schodiště: | |
| Pororošty | 0,28 kN/m ² |
| Zábradlí | 0,3 kN/m ² |
| Zatížení od technologie | 10 kN/m ² |
| Zatížení od zdvihacího zařízení v úrovni +27,29m | 15 kN |
| Zatížení od zdvihacího zařízení v úrovni +21,33m | 50 kN |

2.2. Užitné zatížení $\gamma_F=1,5$

| | |
|------------------------------|----------------------|
| Na technologických podlažích | 10 kN/m ² |
| Na ostatních plochách | 3 kN/m ² |

2.3. Klimatická zatížení

| | |
|------------------------------------|-----------------------|
| Zatížení sněhem – sněhová oblast 1 | 0,7 kN/m ² |
| Zatížení větrem – větrová oblast 1 | 22,5 m/s |



3. Popis konstrukce

3.1. Geometrie konstrukce:

Výškové úrovně:

| | |
|--|----------|
| Technologické podlaží 1 | +5,18m |
| Technologické podlaží 2 | +10,355m |
| Technologické podlaží 3 | +18,805m |
| Horní hrana střechy (ocelové konstrukce) | +29,775m |

Podélný modul:

| | |
|----------------|----------|
| Hlavní moduly | 4 x 7m |
| Vedlejší modul | 1x 2,08m |

Příčný modul:

| | |
|-----------------|------|
| Hlavní moduly | 8,1m |
| Vedlejší moduly | 4m |

3.2. Statické řešení konstrukce

Ocelová nosná konstrukce je řešena jako pravoúhlý rastr nosných příčných patrových ráků. V podélném směru je stabilita zajištěna pomocí soustavy stěnových ztužidel v osách 2 a 3. Hlavní nosná konstrukce je navržena z válcovaných profilů HEB 500.

Kotvení konstrukce je navrženo jako kloubové na předem zabetonované šrouby do železobetonového základu. Podlití sloupů je uvažováno 50mm, dále je kotvení navrženo přes rektifikační otvory v patním plechu

Podlahové konstrukce jsou řešeny z příčně uloženého trapézového plechu, který má funkci bednění pro ŽB desku. Tuhost technologických podlaží přispěje k celkové stabilitě objektu.

3.3. Opláštění konstrukce

Konstrukce je opláštěna minerálními panely Kingspan KS1150FR s tloušťkou jádra 120mm kladenými vodorovně. Pro splnění maximálního zatížení dle tabulky dané výrobcem je navržen svislý paždík z profilu SHS 200/10. Ten je kloubově uložen do vodorovných prvků.

Střešní opláštění je rozděleno do dvou částí:

- Sedlová střecha je opláštěna minerálními panely Kingspan KS1000FF s tloušťkou jádra 120mm. Panely jsou uloženy na vaznice z profilu IPE 240.
- Střešní plášť dvojice pultových střech je složený z hydroizolace, tepelné izolace a parozábrany skládané na trapézový plech. Důvodem tohoto řešení je sklon střech, který nespĺňuje minimální sklon střechy daný výrobcem panelů.

Barva opláštění v odstínech RAL bude upřesněna podle požadavků investora. Montáž panelů musí být provedena v souladu s návodem na montáž daným výrobcem.



4. Ochrana konstrukce

4.1. Ochrana konstrukce proti požáru

Požadavky na požární odolnost nosných ocelových konstrukcí nejsou obsahem diplomové práce.

4.2. Ochrana konstrukce proti korozi

Pro danou lokalitu je stanoven stupeň korozní agresivity C2, konstrukce bude opatřena protikorozním nátěrovým systémem pro předepsaný stupeň korozivní agresivity. Uzavřené profily (SHS 200/10; CHS 139,7/8) musí být zavíčkované a opatřeny souvislými svary.

Životnost nátěru je stanovena dle normy ISO 12944 na dobu 5 let. Na stejnou dobu je stanovena i záruka.

Barva vrchního nátěru konstrukce bude upřesněna podle požadavků investora.

První kontrola konstrukce bude provedena v polovině záruční doby.

4.3. Zemnění konstrukce

Ocelová konstrukce musí být vodivě propojena a napojena na uzemněné části stavby. Propojení a zakončení k zemním vodičům musí být provedeno odbornou firmou a musí odpovídat požadavkům ČSN i jejich částí.

5. Materiál a zatřídění

Ocelová konstrukce

Veškeré konstrukce jsou navrženy z oceli řady S235 s výjimkou nosníku zdvihacího zařízení v úrovni +21,33m (IPE 400) ten je navržen z oceli řady S355.

Trapézové plechy jsou navrženy z oceli s mezí kluzu 320 MPa.

Přípoje

Mezi jednotlivými montážními dílci ocelových prvků jsou navrženy dle charakteru části konstrukce šroubované popřípadě svařované montážní přípoje.

Svařované přípoje

Všechny dílenské svary jsou provedeny na plnou únosnost

Šroubované přípoje

Navržené šrouby jsou z materiálu 10.9 a 8.8. Pro všechny spojovací prostředky je navržena povrchová úprava pozinkováním. Čelní desky rámových a momentových přípojů musí být kontrolovány proti zdvojení materiálu ultrazvukem.

5.3. Zatřídění konstrukce

Podle „ČSN EN 1090-2- Provádění ocelových konstrukcí“ je konstrukce zařazena třídy provedení EXC2.



6. Výroba a montáž konstrukce

Výrobní odchylky podle ČSN EN 1090-2 – Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí, část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce.

Montáž konstrukce bude provedena odbornou firmou, která bude povinna postupovat dle projektu montáže a zajistit stabilitu konstrukce v nutných případech i dočasným ztužením. Postup montáže se předpokládá od ztužidlových polí. Před zahájením montážních prací je nutné zkoordinovat postup montáže ocelové konstrukce s montáží technologického vybavení objektu.

Montáž konstrukce bude prováděna pomocí jeřábu. Pro výstup montérů k montovaným dílcům bude sloužit lešení, případně mobilní pracovní plošiny. Každý montážní dílec bude mít navržena bezpečnostní oka pro jištění pracovníků, vždy v blízkosti montážních přípojí. Pohyb na plošných dílcích střechy je možná až po ukotvení k nosné konstrukci.

7. Kontroly konstrukce

Kontrola konstrukce bude prováděna 1x ročně se zápisem do provozní knihy. Kontrola bude zaměřena na stav konstrukce – uvolnění šroubů a vizuální kontrolu možného porušení materiálu.

Kontrola nátěrů viz. odst. 4.2. Ochrana konstrukce proti korozi.

8. Závěr

V rámci diplomové práce je zpracován návrh a posouzení ocelového skeletu technologické budovy. Vybrané řešení vyplynulo z porovnání variant řešení konstrukce. Varianty řešení jsou porovnány z hlediska deformací, hmotnosti a využití posuzovaných prvků konstrukce. Tyto prvky jsou dále posouzeny v podle platných norem pomocí programu Scia Engineer 19. Pro vybraný prvek je proveden ruční srovnávací výpočet. Dále je součástí diplomové práce výkresová dokumentace pro provedení stavby, výkaz materiálu (z hlediska řady oceli, typu válcovaných prvků) a příloha diplomové práce, ve které jsou detailní posudky jednotlivých prvků a detailní posouzení vybraných styčnic. Posouzení styčnic bylo provedeno pomocí programu Idea statica connection.



9. Seznam použitých zdrojů

Normy:

- ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004
- 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, 2007
- ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2007
- ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007
- 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
- ČSN EN 1993-1-8. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků*. Praha: Český normalizační institut, 2013
- ČSN EN 1993-6. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 6: Jeřábové dráhy*. Praha: Český normalizační institut, 2008
- ČSN 73 1401 – *Navrhování ocelových konstrukcí. Příloha C (normativní): Vzpěrné délky prutů*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- ČSN EN ISO 12944. *Nátěrové hmoty: Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí nátěrovými systémy*. Praha: Český normalizační institut, 2013

Literatura:

- 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.
- HOŘEJŠÍ, Jiří. *Statické tabulky: celostátní vysokoškolská příručka pro stavební fakulty*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987
- KARMAZÍNOVÁ, Marcela a Milan PILGR. *Ocelové konstrukce vícepodlažních budov: pomůcka pro cvičení*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004
- LEHAR, František a Jiří OPATŘIL. *Ocelové skelety budov*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1971.
- KUŘÍKOVÁ, Marta, Raffaele LANDOLFO, Mario D'ANIELLO, et al. *Předem kvalifikované styčníky pro ocelové konstrukce vystavené zemětřesení: Equaljoints PLUS*. V Praze: České vysoké učení technické, 2019

Internetové zdroje:

- STATICS TOOLS. Statics tools: Ocelářské tabulky [cit. 12/2019], Dostupné z <http://www.staticstools.eu/>
- Posouzení dolní pásnice podvěsných jeřábů podle EN 1993-6 Dlubal Software. Copyright ©. [cit. 12/2019], Dostupné z: <https://www.dlubal.com/cs/podpora-a-skoleni/podpora/databaze-znalosti/>
- HELP SCIA. Help Scia: Náповěda pro Scia Engineer 19 [cit. 12/2019] 2019, Dostupné z <http://www.help.scia.net/webhelplatest/cs/>
- Stěnové izolační panely pro zateplení fasád: Kingspan stěnové panely: KS1150FR [cit 11/2019], Dostupné z <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/stenove-izolacni-panely>
- Střešní izolační panely pro zateplení střech: Kingspan střešní panely: KS1000FF [cit 11/2019], Dostupné z <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely/stresni-izolacni-panely>