

České vysoké učení technické v Praze

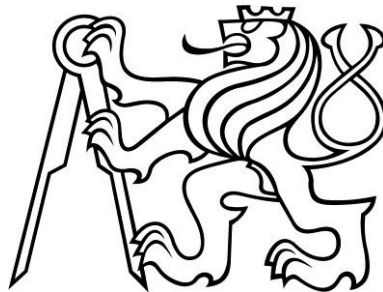
Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Diplomová práce

Návrh ocelové rozhledny u Hořovic

Design of the Steel Lookout Tower near Hořovice



Autor práce: Natálie Štefanovičová

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš

Leden 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Štefanovičová** Jméno: **Natálie** Osobní číslo: **440772**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce pozemních staveb**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh ocelové rozhledny u Hořovic

Název diplomové práce anglicky:

Design of the Steel Lookout Tower near Hořovice

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš, katedra ocelových a dřevěných konstrukcí FSV

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **16.09.2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **03.01.2021**

Platnost zadání diplomové práce: _____

doc. Dr. Ing. Jakub Dolejš
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomantka bere na vědomí, že je povinna vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Ing. Natálie Štefanovičová

Název diplomové práce: Návrh ocelové rozhledny u Hořovic

Základní část: ODK podíl: 100 %

Formulace úkolů: Návrh ocelové rozhledny u Hořovic a porovnání variant pro různé oceli. Statický výpočet všech hlavních prvků, návrh hlavních detailů, dispoziční výkresy a výkresy hlavních detailů, technická zpráva, hodnocení variant.

Podpis vedoucího DP: 

Datum: 16.9.2020

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta:

Datum:

3. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta:

Datum:

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta:

Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

.....

Natálie Štefanovičová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat panu doc. Dr. Ing. Dolejšovi za pomoc s výběrem tématu práce, a za to, že mi jako vedoucí diplomové práce byl vždy nápomocen a odborně mi poradil s tím, co mi nebylo úplně jasné.

ANOTACE

Předmětem mé diplomové práce je návrh a posouzení ocelové rozhledny, včetně porovnání variant. Návrh konstrukce obsahuje návrh dispozice, počítačový model, který byl vytvořen v programu Scia Engineer, dále ruční výpočet částí konstrukce pro mezní stav únosnosti, který je proveden podle evropských norem zavedených do českých norem ČSN EN, a mezní stav použitelnosti, technickou zprávu a výkresovou část. Návrh hlavních nosných prvků konstrukce byl ještě proveden celkem ze tří druhů ocelí – S235, S355 a S690 a následně porovnán.

KLÍČOVÁ SLOVA

rozhledna

statické posouzení

ocelová konstrukce

počítačový model

porovnání variant konstrukce

ANOTATION

The aim of this work is the design and assessment of the steel lookout tower including comparison of variants. Work is including design of disposition, computer model designed in Scia Engineer software, manual calculation of parts of the structure for the limit state of load capacity which is done according to European standard introduced to Czech standards and serviceability limit state. Attachment also included technical report and drawing part. Design of the main part of the lookout tower is calculated for three variants of steel – Steel S235, S355 and S690. Final design is compared in the end.

KEY WORDS

lookout tower

static assessment

steel construction

computer model

comparison of variants of construction

ÚVOD

Hlavním tématem mé závěrečné práce je návrh ocelové rozhledny. Rozhledna je situována na okraj města Hořovice ve Středočeském kraji. Mým cílem v rámci psaní této práce je kromě návrhu a posouzení rozhledny, také variantní porovnání. Tedy přesněji řečeno, pro ocel typu S235 bude vyhotoven kompletní projekt včetně všech detailů a technické zprávy, a dále bude konstrukce navržena ještě ze dvou typů oceli. Tedy hlavní nosné prvky rozhledny budou ještě navrženy z oceli S355 a S690. Chtěla bych tímto porovnat právě náklady (nebo i spotřebu) oceli s ohledem na její rozdílnou pevnost.

Jelikož je nám v průběhu studia vštěpováno, že cenový rozdíl mezi ocelí S235 a S355 je vcelku zanedbatelný, chci proto na své rozhledně zjistit, která z variant je cenově výhodnější. K tomu mi budou sloužit tržní ceny od dodavatelů ocelových profilů v České republice.

Třetí variantu návrhu rozhledny z oceli S690 jsem využila zejména kvůli rostoucímu trendu využívání vysokopevnostních ocelí. Tyto oceli jsou poměrně dost využívány ve strojním průmyslu, avšak ve stavebnictví není ještě příliš rozšířena. Návrh tedy vlastně bude sloužit pouze pro teoretické účely. Zde totiž nebudu moci finanční porovnání provést. Jelikož se tato ocel nedá sehnat u „běžných“ výrobců, jako ocele předcházející. Proto se u této varianty posoudí pouze spotřeba oceli. Tedy přesněji řečeno hmotnost oceli, která by byla na rozhlednu použita.

Úplně prvotním nápadem bylo porovnání těchto ocelí na nějaké jednoduché konstrukci. Pro tento účel byla vybrána právě rozhledna. Návrh dispozice byl vytvořen mnou přímo, a to díky inspiraci z návštěv jiných rozhleden po republice.

Aby práce nebyla příliš rozsáhlá, budu se snažit navrhovat prvky totožného průřezu, avšak s rozdílnou tloušťkou, aby se nemuselo měnit zatížení od větru na konstrukci.

Cílem mé práce je tedy hlavně návrh prvků a jakési porovnání mezi variantami, jak již bylo řečeno výše. Chci hlavně zjistit jaká by byla úspora ceny a úspora oceli při použití odlišných ocelí. Navíc i dalším cílem je zjištění, zda použití vysokopevnostní oceli je při konstrukci rozhledny vhodné. Doufám, že tyto cíle, které jsem si zde vytyčila, budu moci v práci splnit, a dostanu se k nějakému zajímavému závěru.

Součástí práce jsou přílohy obsahující technickou zprávu, statický výpočet a výkresovou dokumentaci.

SEZNAM PŘÍLOH

- 1) Technická zpráva
- 2) Statický výpočet
- 3) Výkresová dokumentace

ZÁVĚR

Dle tabulky s finančním porovnáním (součást technické zprávy) je jasné, že použití oceli S355 dojde nejen k úspoře spotřeby materiálu, ale taktéž financí. Ačkoliv se ceny ocelových profilů liší výrobce od výrobce, není tento rozdíl nijak markantní. Z tohoto hlediska a hlediska navrhování na mezní stav únosnosti je vidět, že pro tento typ konstrukce (mohla by být nazvaná jako „příhradová klec“) je prakticky zbytečné použít ocel S235. Nejenže návrhem dospějeme k větší spotřebě materiálu, ale také k vyšší ceně. Ceny, které výrobci nabízejí za kg daného profilu jsou skutečně u obou typu ocelí, téměř identické. U oceli S355 nepatrně vyšší, ale použití menšího profilu tedy vede k menší spotřebě, a i menší ceně.

Ještě bych tímto chtěla zdůraznit, že e porovnaná pouze cena materiálu, nikoliv montáže. S rostoucí hmotností by taktéž rostla cena montáže. Tedy větší profily u oceli S235 by vedly k vyšší ceně montáže. To však není v mém cenovém porovnání započítáno, ale je důležité si tento fakt uvědomit.

Druhou stránkou je ale mezní stav použitelnosti. Jelikož je ocel materiál, který má stále totožný modul pružnosti, nehledě na její pevnost, tak u průhybu zde rozhoduje moment setrvačnosti. Se zmenšování průřezů dochází ke zmenšování právě momentu setrvačnosti, s čímž roste deformace – průhyb. Pokud by tedy museli být splněny dané limity pro limitní průhyb, ocel S355 by v nějakých situacích nemusela vyhovět. To tedy platí pouze tehdy, pokud by průhyb byl rozhodující a limitní hodnota by se nesměla překročit. V mé konstrukci se toto nestalo. Průhyb u varianty s ocelí S 355 se od varianty S235 nijak markantně nelišil. To souvisí i s tím, že profily vycházely vždy max o „stupeň nižší“. Tedy trubky přibližně o centimetr tenčí a profil IPE o velikost nižší. Toto ale spíše odpovídá tomu, že konstrukce nebyla nijak výrazně zatížena. U prvků, které byly takto porovnány rozhodoval dominantní vítr, který na konstrukci působí (až na krokev, zde byl dominantní sníh). Mým názorem je, že kdyby konstrukce byla opláštěna, tak bychom pozorovali zajímavější výsledky.

Posledním posouzení rozhledny navržené z oceli S690. Tuto variantu jsem chtěla vyzkoušet především z důvodu rostoucího trendu používání vysokopevnostních ocelí. Při návrhu těchto prvků mi většinou vycházeli průřezy, které spadali do 4.třídy. Snažila jsem se optimalizovat návrh průřezu tak, aby vyhověl, a zároveň byl nejhůře 3. třídy. Úspora materiálu tu však není zas tak markantní, i když má ocel mnohonásobně větší pevnost (mez kluzu) než předcházející oceli. Bohužel na trhu ještě není tolik zažitá, proto se nedá příliš posoudit, jak by finančně tato varianta vyšla. Proto u této varianty je uveden pouze přehled spotřeby materiálu, tedy návrh byl teoretický.

Ocel S235 a S355 mají rozdíl mezi kluzu poměrně malou a nejčastěji se uspořil milimetr na tloušťce (nebo menší profil IPE). Přibližně tedy u návrhu varianty II - ocel S355 bylo použito o 697 kg ocele méně, než u návrhu z oceli S235.

Rozdíl mezi kluzu oceli S355 a S690 je mnohem větší, avšak i zde se většinou uspořil milimetr na tloušťce trubky, a dokonce u profilu IPE nedošlo k žádné změně. Při návrhu konstrukce z oceli S690 by tedy došlo k úspoře cca 643 kg ocele, než u konstrukce z oceli S355. Avšak by byla otázka, zda by použití těchto profilů bylo dovoleno kvůli průhybu, který vyvolají. Celou touto prací jsem v úvodu chtěla dospět k úplně jednoduchému závěru. To se mi asi úplně nepovedlo a závěr není jednoznačný. Nedá se přímo říct, kterou ocel z hlediska úspory (udržitelnosti) použít, jelikož toto rozhodnutí přímo záleží na typu konstrukce. V mém případě se rozhodně nevyplatí navrhovat mou konstrukci z vysokopevnostní ocele. Sice se uspoří

materiál, ale průhyby na konstrukci by byly příliš vysoké, což by nezajišťovalo komfort návštěvníků. Tato ocel by se určitě dala využít nějak efektivněji při návrhu rozhledy, ale rozhledna by musela mít trochu odlišnou dispozici. Tedy nesměla by nejspíš být tolik „masivní“ a sloupy by například museli být více u sebe. Ale to by byl předmět dalšího zkoumání.

U variant návrhu z ocelí S235 a S355 je vidět, že i u takovéto konstrukce se vyplatí z hlediska úspory financí a materiálu provést návrh z oceli S355. Tímto bych chtěla potvrdit názor, který často slyším, že se již nevyplatí navrhovat prvky z oceli S235. Alespoň ne u typu konstrukce jako je mnou vymyšlená rozhledna. Ocel S355 je již v akademickém prostředí nazývána jako ocel „běžná“. Avšak u některých výrobců jsem se setkala s názorem, že tato ocel je nazývána jako ocel vyšší pevnosti. Myslím si, že by právě tento typ oceli měl být v budoucnu brát jako úplně běžný typ oceli a dále měl být projektanty standartně navrhován. Ať už z hlediska budoucí úspory finančních prostředků, tak udržitelnosti (úspora materiálu). Ovšem samozřejmě vyjma menších konstrukcí, kde by bylo výhodnější použití oceli S235.

Myslím si, že všechny cíle, které jsem si vytyčila v úvodu mé práce, jsem splnila. Ačkoliv odpovědi na dané otázky nejsou příliš jednoznačné - ANO a NE, jak jsem si na začátku práce myslela, tak zodpovědět jsem se je snažila co nejpodrobněji.

ZDROJE

Normy:

ČSN EN 1990, Zásady navrhování

ČSN EN 1991 - 1 - 4, Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem

ČSN EN 1991 - 1 - 3, Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení sněhem

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

ČSN 73 4130, Schodiště a rampy

ČSN 74 3305, Ochranná zábradlí

Výrobci:

<https://www.kondor.cz/e-shop-pohodlne-nakupovani/t-284/>

<https://ferostav.cz/divize-tatra-prodej-hutniho-materialu/sortiment/>

<http://www.sga-schody.cz/rodinne-domy-venkovni-schodiste-vretenova/>

<https://www.tahokov-derovaneplechycy.cz/wp-content/uploads/2018/10/Katalog-Ocelov%C3%A9-ro%C5%A1ty.pdf>

<https://www.vykov.cz/prachatice>

Použitý software:

SCIA Engineer – studentská verze

Autodesk Autocad – studentská verze

Microsoft Word

Microsoft Excel