

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



Visutá lávka přes Labe u obce Hradištko

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Johanka Drábková

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Netušil, Ph.D.

2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Drábková Jméno: Johanka Osobní číslo: 438029
Zadávající katedra: K134 - Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Visutá lávka přes Labe u obce Hradištko

Název diplomové práce anglicky: Cable-stayed footbridge across the Labe river in Hradištko

Pokyny pro vypracování:

Návrh dispozice a konstrukčního řešení, vytvoření statického výpočetního modelu konstrukce, návrh a posouzení hlavní nosné konstrukce lávky a klíčových detailů, výkresová dokumentace - dispozice, pohledy, řezy, detaily. Technická zpráva s odborným popisem konstrukce, zhodnocení PKO, postupu montáže.

Seznam doporučené literatury:

Skriptá OK (K134) - ocelové konstrukce, ocelové mosty

Normy řady ČSN EN 1990-1993

Další odborná literatura

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Michal Netušil, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 25. 9. 2020 Termín odevzdání diplomové práce: 3. 1. 2021

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

25.9.2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

v Křeseticích, 30. ledna 2021

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych moc poděkovat své rodině, která mi umožnila práci dokončit a zvýšit tak naději na ukončení studií. Předně jsem vděčná svému manželovi za veškerou pomoc rodinou i odbornou. Dále maminkám – babičkám za domácí servis a vůbec všem, co byli ochotni chovat či vozit. Své dcerušce děkuji, že je a že v noci hezky spinká.

Dále děkuji vedoucímu práce Ing. Michalu Netušilovi, Ph.D. za motivaci práci dokončit ještě tento semestr.

Firmě Pontex děkuji za poskytnuté podklady.

Abstrakt

Anotace

Diplomová práce se zabývá návrhem visuté konstrukce lávky přes řeku Labe. Práce obsahuje průvodní zprávu, podrobný statický nosné konstrukce a výkresovou část. Lávka byla modelována nelineárně, pro posouzení byl brán v potaz montážní stav a zvolený postup výstavby. Průvodní zpráva obsahuje identifikační a technické údaje o projektu a navržený postup výstavby. Statický výpočet se zabývá především modelováním a posouzením nosné konstrukce lávky i s hlavními detaily. Ve výkresové části byli koncepčně vyřešeny návaznosti na stávající stav a konstrukčně navrženy hlavní detaily kotvení lan, založení pylonu a tvar kotevních bloků. Lávka byla posouzena v souladu s normami řady ČSN EN.

Jméno a příjmení autora:

Johanka Drábková

Název práce:

Visutá lávka přes Labe u obce Hradištko

Typ práce:

Diplomová práce

Pracoviště:

ČVUT Praha, Fakulta Stavební, Thákurova 7, 166 29, Praha 6, K134 Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Vedoucí práce:

Ing. Michal Netušil, Ph.D.

Rok obhajoby:

2021

Klíčová slova

Visutá lávka, lávka, most, nelineární modelování, Labe, Hradištko, Kostomlaty

Jazyk:

Čeština

Abstract

Annotation

The diploma thesis deals with the design of a suspension footbridge over the river Elbe. Thesis contains a technical report, a detailed static calculation of the main load bearing structure and a part with drawings. Nonlinear analysis was used for the calculation. And for the design was also considered mounting state and the chosen construction method. The static calculation mainly deals with modelling and assessment of the supporting structure of the footbridge with the key details. In the drawings, the connections to the current state were conceptually solved. Also, the main details of cable anchoring, tower foundation and the shape of anchor blocks were designed. The footbridge was assessed in accordance with the standards of the ČSN EN series.

Author's first name and surname:

Johanka Drábková

Title:

Suspension footbridge across the river Labe near Hradištko

Type of thesis:

Diploma thesis

Department:

Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Microenvironmental and Building Services Engineering, Thákurova 7, 166 29 Prague 6

Supervisor:

Ing. Michal Netušil, Ph.D.

The year of presentation:

2021

Keywords

Suspension footbridge, footbridge, bridge, nonlinear analysis, Labe, Hradištko, Kostomlaty

Language:

Czech

Zdroje

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, ČNI 2004, vč. změn a oprav.
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb, ČNI 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-2 (73 6203): Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem, ČNI 2007, vč. změn a oprav.
- [5] ČSN EN 1991-1-5 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení - Zatížení teplotou, ČNI 2007, vč. změn a oprav.
- [6] ČSN EN 1992-1-1 ed.2 (73 1201): Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [7] ČSN EN 1993-1-1 – Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, ČNI 2006, vč. změn a oprav.
- [8] ČSN EN 1993-1-8 - Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků
- [9] ČSN EN 1994-2 (736210): Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty. Praha: Český normalizační institut, 2007
- [10] RYJÁČEK, Pavel. Ocelové mosty 2: Visuté mosty. Praha, 2021. Přednášky. FSv ČVUT.
- [11] RYJÁČEK, Pavel. Ocelové mosty 2: Lávky. Praha, 2021. Přednášky. FSv ČVUT.
- [12] STANČÍK, Vojtěch. Ocelové mosty 2: Návrh zavěšeného silničního mostu. Praha, 2021. Přednášky. FSv ČVUT.
- [13] STRÁSKÝ, Jiří. Stress ribbon and cable-supported pedestrian bridges. Londýn: Thomas Telford Publishing, 2005.
- [14] STUDNIČKA, Jiří, Milan HOLICKÝ a Jana MARKOVÁ. *Ocelové konstrukce 2: Zatížení*. Praha: České vysoké učení technické, 2015.
- [15] *Vzorové listy: Staveb pozemních komunikací*. Praha: Ministerstvo dopravy, 2015.
- [16] KEIL, Andreas. Pedestrian bridges. Mnichov: Institut fur internationale Architektur-Dokumentation, 2013.
- [17] RYJÁČEK, Pavel. Ocelové mosty. Cvičení. Praha: České vysoké učení technické, 2017.
- [18] RYJÁČEK, Pavel. Ocelové konstrukce. Normy. Praha: České vysoké učení technické, 2014.

- [19] PONTEX, spol. s r. o. Stavební záměr: Lávka pro pěší a cyklisty přes Labe mezi Kostomlaty nad Labem a Hradištěm, 2019
- [20] Řetězovka [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%98et%C4%9Bzovka>
- [21] Visuté mosty [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/186-visute-mosty>
- [22] Předpínací výztuž [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <http://www.freyssinet.cz/176-predpinaci-vyztuz>
- [23] Táhla Macalloy [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <http://www.tension.cz/produkty/tahla-macalloy>
- [24] GRP PERMANENT FORMWORK [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <http://www.emjplastics.com/assets/files/permadec-technical-literature-2.pdf>
- [25] Hydroizolace dopravních a inženýrských staveb [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://www.firesta.cz/hydroizolace-dopravnich-a-inzenyrskych-staveb>
- [26] Stavební úprava lávky přes Švýcarskou zátoku Vranovské přehrady [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://silnice-zeleznice.cz/silnicni-infrastruktura/stavebni-udrzba-lavky-pres-svycarskou-zatoku-vranovske-prehrady-48>
- [27] Lávka do Toušeně [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://www.karany.cz/nase-obec/historie/lavka-do-tousene/lavka-do-tousene-28cs.html>
- [28] Mostní závěsy [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <http://www.vsl.cz/mostni-zavesy/>
- [29] VSL SSI 2000 STAY CABLE SYSTEM [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <http://www.vsl.cz/brozury/>
- [30] DYWIDAG Multistrand Stay Cable Systems [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://www.dywidag-systems.com/emea/downloads/dsi-brochures/europe-middle-east-africa-emea/>
- [31] Mapy.cz [online]. [cit. 2020-01-31]. Dostupné z: <https://en.mapy.cz/turisticka?x=14.9496232&y=50.1834201&z=13&q=kostomlaty%20nad%20labem>

Seznam příloh

001 Úvod

002 Průvodní zpráva

003 Půdorys a podélný řez

004 Příčné řezy

005 Pohledy

006 Detaily

007 Statický výpočet

<p>České vysoké učení technické v Praze Fakulta stavební - Katedra ocelových konstrukcí</p>			
<p>Vypracoval: Bc. Johanka Drábková</p>		<p>Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Netušil, Ph.D.</p>	
<p>Téma diplomové práce Visutá lávka přes Labe u obce Hradištko</p>		<p>Měřítko:</p>	
		<p>Datum:</p>	<p>Leden 2021</p>
<p>Název přílohy: Průvodní zpráva</p>		<p>Číslo přílohy: 002</p>	

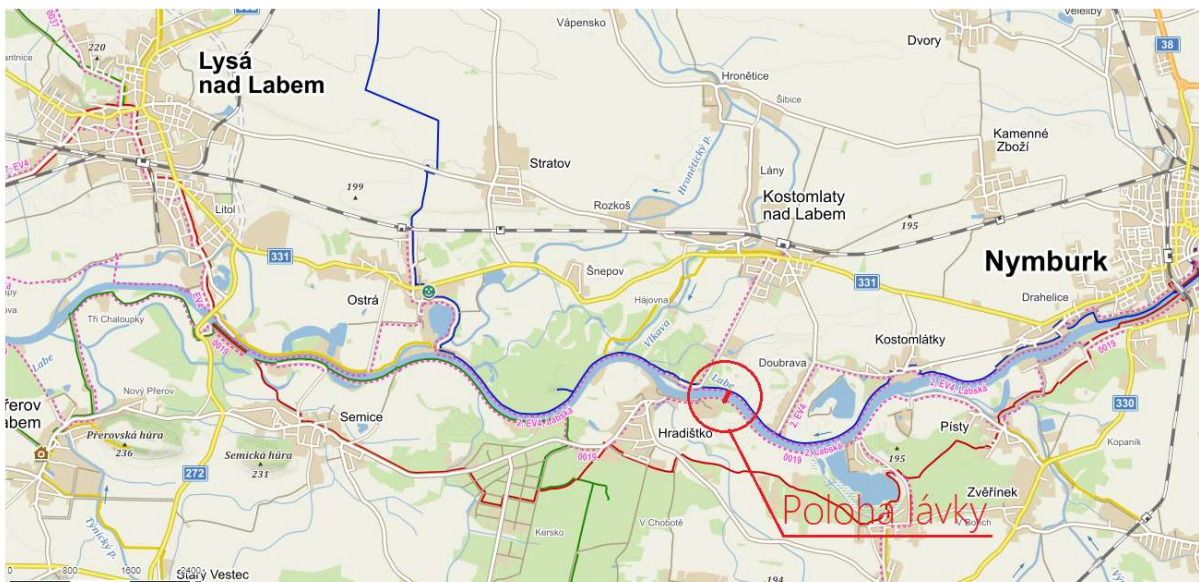
Průvodní zpráva

Umístění a účel stavby

Tato práce zpracovává projekt lávky přes Labe mezi obcemi Hradištko a Kostomlaty nad Labem.

Stavba je součástí územního plánu obce Kostomlaty. Byl již zpracován stavební záměr objektu firmou Pontex, která v současné době pracuje na dalším stupni projektové dokumentace. Stavební záměr obsahuje tři varianty směrového řešení lávky, přičemž oproti územnímu plánu bylo nakonec zvoleno umístění dále proti proudu Labe, kde je řeka užší.

Mezi obcemi Nymburk a Lysá nad Labem zcela chybí přemostění toku, a to přestože po obou březích vedou frekventované turistické a cyklistické trasy. Umístění je v souladu s dlouhodobým projektem a Memorandem z roku 2010 "Labská cyklotrasa od pramene k moři napříč Evropou bez bariér". Zároveň lávka propojuje Přírodní park Kersko se zříceninou hradu Mydlovar či hojně navštěvovanou historickou vesnicí Botanicus v obci Ostrá. V neposlední řadě zpřístupňuje obyvatelům Hradištká železnici procházející obcí Kostomlaty nad Labem.



Technické požadavky na stavbu

- Podjezdné výšky:
 - nad místními komunikacemi 4,80 m
 - nad maximální plavební hladinou 177,724 m n.m. (odpovídá Q1) 7,50 m
- Ochrana náspů v úrovni Q100 = 179,848 m n.m.
- Lávka bude sloužit pěším, cyklistům i handikepovaným (max. spád 6%).

Popis konstrukce

Lávka je navržena jako ocelová visutá konstrukce. Rozpětí hlavního pole je 99 m. Přiléhající rampy nejsou součástí této práce. Jejich rozpětí bylo odhadnuto na 7-10m viz výkresová část.

Hlavní nosné lano je tvořeno 31 sedmidrátovými pramenci. Nad pylonem je půdorysně zalomeno a následně kotveno do kotevního bloku. Příčný řez tvoří dvojice hlavních nosníků (RHS 500 x 300 x 20) půdorysně v ose nosného lana. Mezi hlavními nosníky je každé 3 m přivařený příčník (HEA 160), na kterém je uložena ŽB deska. Deska je spřažena s příčníky, nikoliv však s hlavními nosníky. Lávka má příčný jednostranný sklon 2% vytvořený proměnnou tloušťkou desky. Podélný sklon lávky je proměnný v čase v závislosti na teplotě. Dosahuje hodnot 2,2% - 3,0%.

Pylon je tvořen z hlavních sloupů (CHS 500 x 32), které jsou spojeny dolní (RHS 500 x 300 x 20) a horní příčlí (CHSCF 139,7 x 3). Na dolní příčli jsou rovněž umístěny čepy pro uložení trámu mostu. Pylon je vysoký 19,6 m od základu po vrchol, horní příčel je v úrovni 18,6 m a dolní v 4,9 m.

Na levém pylonu ve směru toku (P1) je umístěna dvojice čepů představující pevnou podporu. Na pravém pylonu (P2) jsou čepy opatřeny oválnou dírou pro vytvoření podélně posuvné podpory. Předpokládané podélné pohyby mostovky jsou kolem 10 cm od teplotního zatížení. Příčná dilatace konstrukce, rovna přibližně 5 mm, je umožněna vůlí mezi plechy čepu.

Na dolní příčli pylonu je rovněž připraven čep pro připojení navazující rampy viz výkresová část.

Z hlavního nosného lana jsou spuštěny každé 3m závěsy. Závěs je vždy kotven do hlavního nosníku v místě přípoje příčníku.

Trám mostovky je také vybavený ztužidlem pro montážní stav, kdy deska ještě není vybetonována, ale ocelová konstrukce už je zavěšena na lanech.

Postup výstavby

Nosná konstrukce bude vyrobena v mostárně po dílcích vhodných k přepravě, a to včetně příčníků, vodorovného ztužení i styčnickových plechů pro kotvení závěsů a zábradlí. Přepravované dílce budou mít šířku 3,8m a přibližnou délku 6m. Na březích Labe budou vybudovány montážní plošiny, na kterých budou dílce svařeny do dvou velkých celků (každý na jednom břehu) a následně symetricky vysouvány do středu. K výsuvu budou využita nosná lana. Na celkem 4 montážní vozíky budou zavěšeny konce hlavních nosníků. Při výsuvu bude průběžně rektifikována délka montážních závěsů a tak i poloha konstrukce. Nosné lano v poli, tedy mezi pylony, bude kotveno napevno přes styčnickové plechy do pylonů a předpínáno pomocí krajních kotevních lan náklonem pylonů. Postup výstavby je popsán níže, znázorněn pak v příloze 007 Postup výstavby.

1. Nejprve budou zbudovány štetové jímky. V nich bude provedeno založení – piloty, vybetonování základů a kotevního bloku
2. Dále budou vztyčeny pylony a provizorně zajištěny kotevními lany pro montáž
3. Na pylony budou připevněna nosná lana a zakotvena do kotevních bloků. Na březích budou zbudovány montážní plošiny, na nich se svaří dílce do celků pro výsun. V místech svaru bude provedena protikorozní ochrana.
4. Z obou břehů budou symetricky vysouvány poloviny konstrukce hydraulickými lisy. První styčnickový plech dílce (směrem do středu) pro definitivní závěs bude zesílen a využit k zavěšení na montážní vozík. Konec vysouvané konstrukce je tak po celou dobu držen a svisle rektifikován. Je možné využít více montážních vozíků a konstrukci tak držet na více místech, což povede k eliminaci jak namáhání, tak průhybů.

5. Po vysunutí dílců do středu bude upevněna část definitivních závěsů, které pomohou konstrukci srovnat do vodorovné roviny. Takto budou dílce svařeny a opatřeny protikorozií ochranou. Také musí být namontováno ztužení mezi příčníky nejbližší středu.
6. Poté bude doplněn zbytek závěsů, nosné lano bude předepruto v místech kotevních bloků, důsledkem bude změna náklonu pylonů. Vzepětí hlavních nosníků bude přibližně 1,1m. Následně se umístí na příčníky ztracené bednění a vybetonuje deska. Tíha desky tak vnese do konstrukce zbylé předpětí, přičemž vzepětí konstrukce klesne po dokončení všech procesů na projektovaných 650mm.
7. Na hotovou mostovku je aplikována přímopochází izolace, na hlavní nosníky je namontováno zábradlí.

Protikorozií ochrana

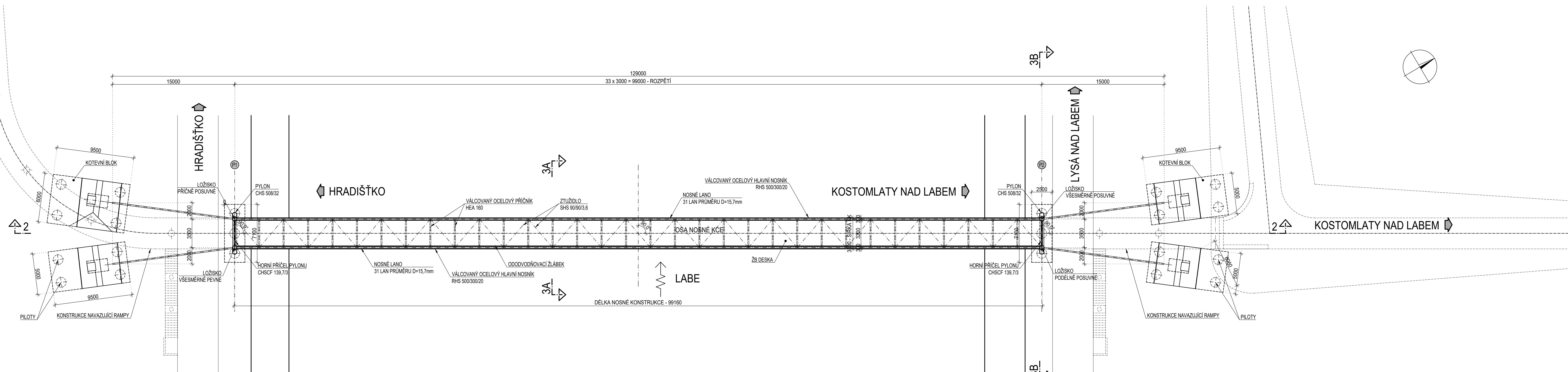
PKO ocelové konstrukce navrhuji jako duplexní systém s velmi vysokou životností.

Uzavřené profily (neprůlezná) navrhuji vzduchotěsně a vodotěsně uzavřít. Před uzavřením je nutné důkladně pročistit vnitřní části průřezu a uložit do nich sorbenty vlhkosti. Následně se otvory uzavřou vnějším svarem.

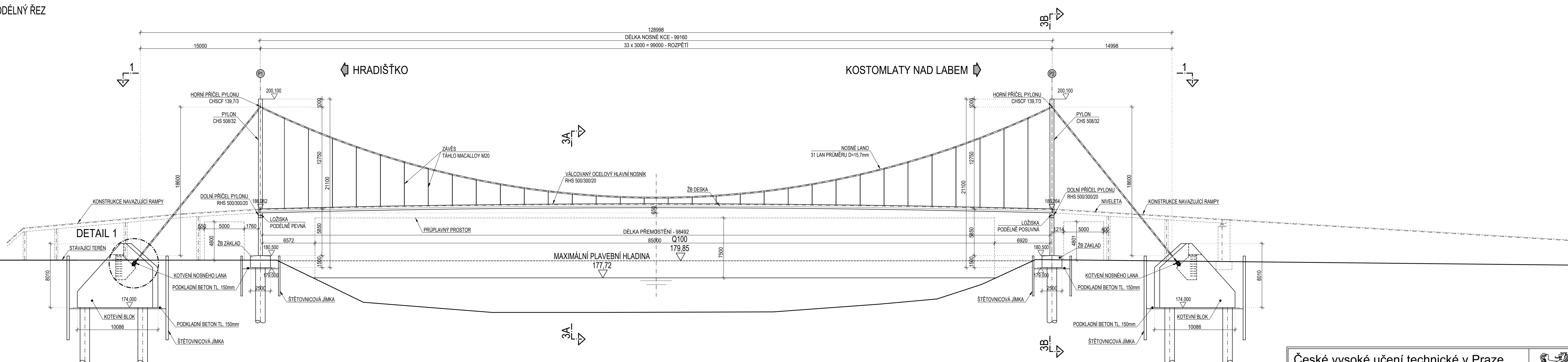
VISUTÁ LÁVKA PŘES LABE U OBCE HRADIŠŤKO

PŮDORYS A PODÉLNÝ ŘEZ

ŘEZ 1-1: PŮDORYS
M 1:200



ŘEZ 2-2: PODÉLNÝ ŘEZ
M 1:200

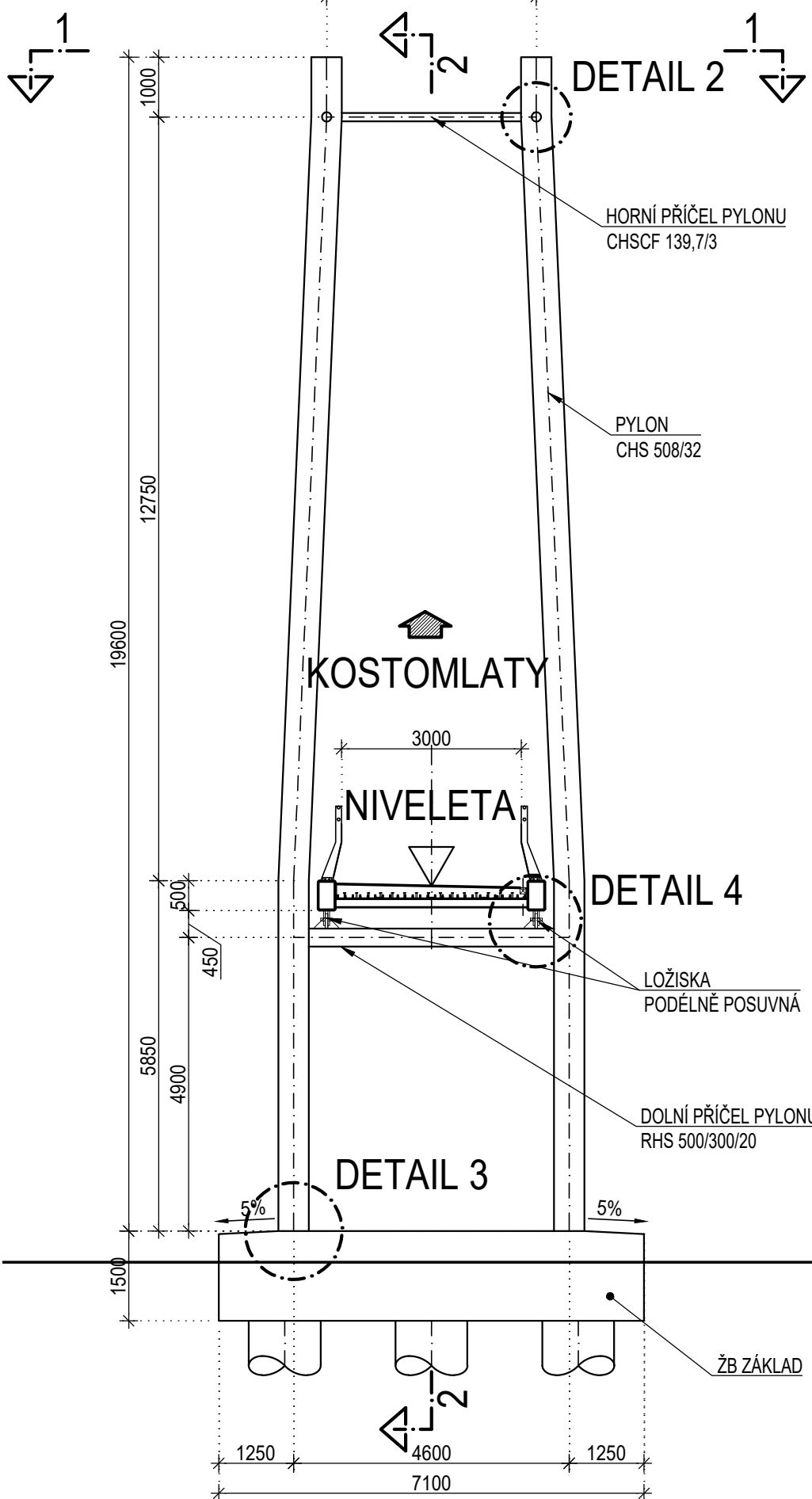


České vysoké učení technické v Praze Fakulta stavební - Katedra ocelových konstrukcí			
Vypracoval: Bc. Johanka Drábková		Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Netušil, Ph.D.	
Téma diplomové práce: Visutá lávka přes Labe u obce Hradištko		Měřítko: 1:200	Datum: Leden 2021
Název přílohy: Půdorys a podélný řez		Číslo přílohy: 003	

VISUTÁ LÁVKA PŘES LABE U OBCE HRADIŠŤKO

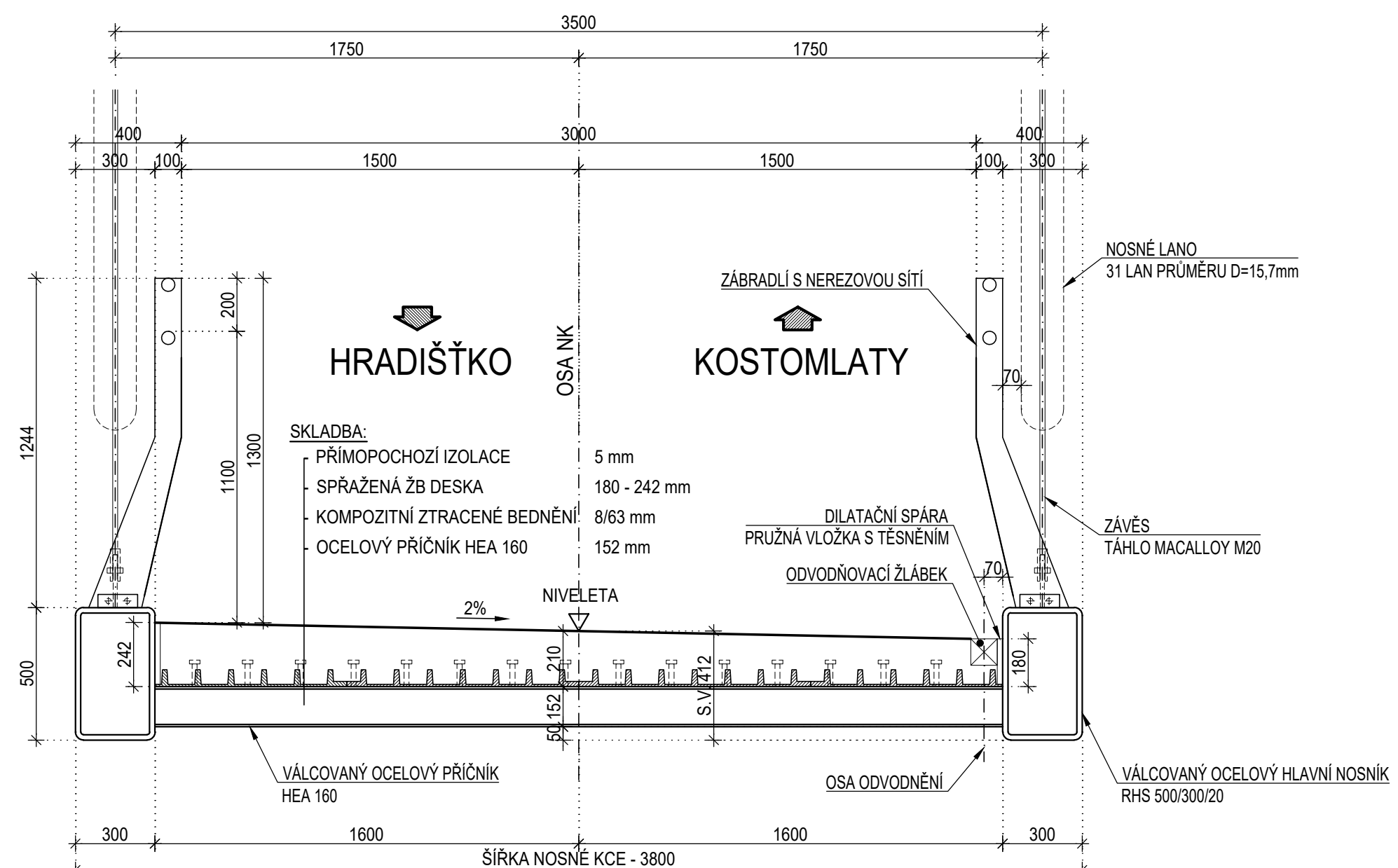
ŘEZ 3B-3B : POHLED NA PYLON 2

M 1:100




ŘEZ 3A-3A : VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ

M 1:20



PŘÍČNÉ ŘEZY

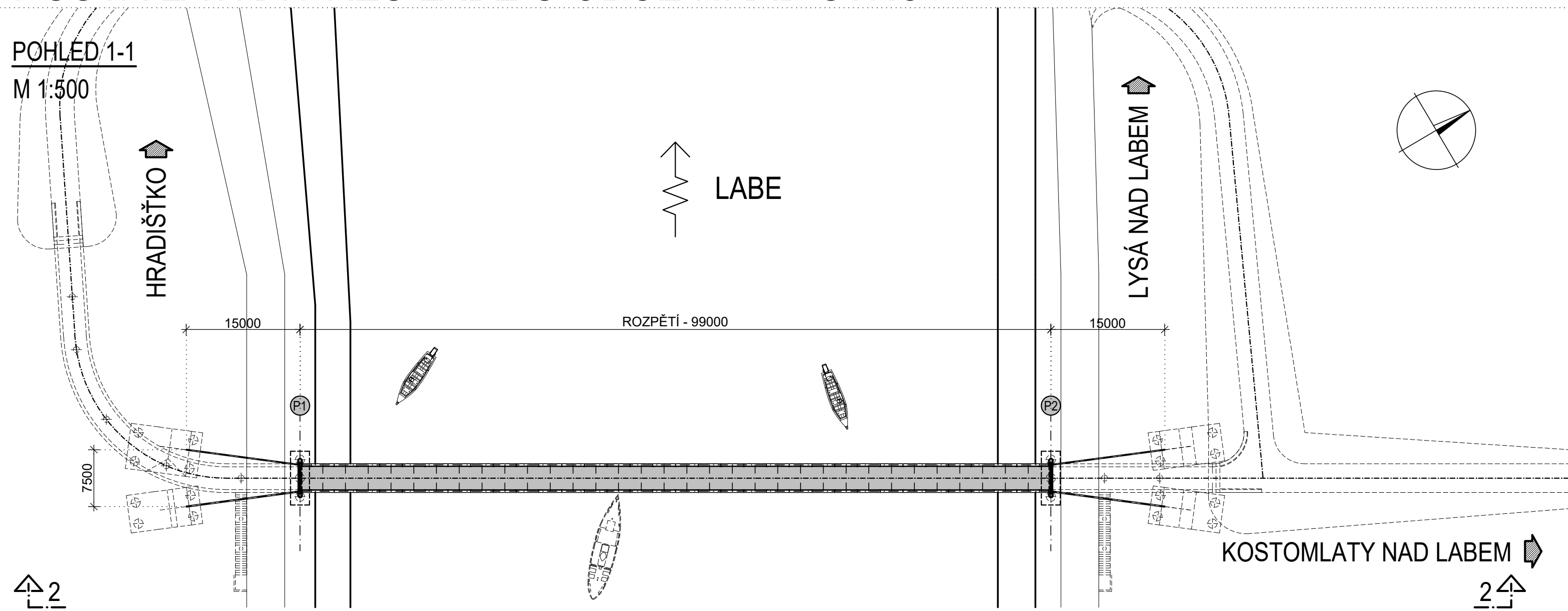
České vysoké učení technické v Praze			
Fakulta stavební - Katedra ocelových konstrukcí			
Vypracoval: Bc. Johanka Drábková		Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Netušil, Ph.D.	
Téma diplomové práce Visutá lávka přes Labe u obce Hradištko		Měřítko:	1:20, 1:100
		Datum:	Leden 2021
Název přílohy: Příčné řezy		Číslo přílohy: 004	

VISUTÁ LÁVKA PŘES LABE U OBCE HRADIŠŤKO

POHLEDY

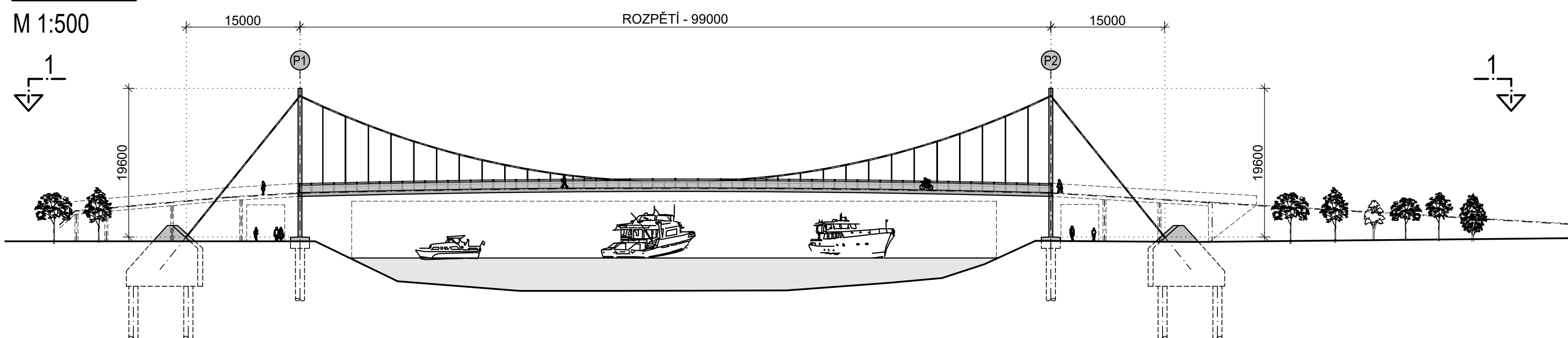
POHLED 1-1


M 1:500



POHLED 2-2

M 1:500



České vysoké učení technické v Praze Fakulta stavební - Katedra ocelových konstrukcí			
Vypracoval: Bc. Johanka Drábková		Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Netušil, Ph.D.	
Téma diplomové práce Visutá lávka přes Labe u obce Hradištko		Měřítko: 1:500	Datum: Leden 2021
Název přílohy: Pohledy		Číslo přílohy: 005	

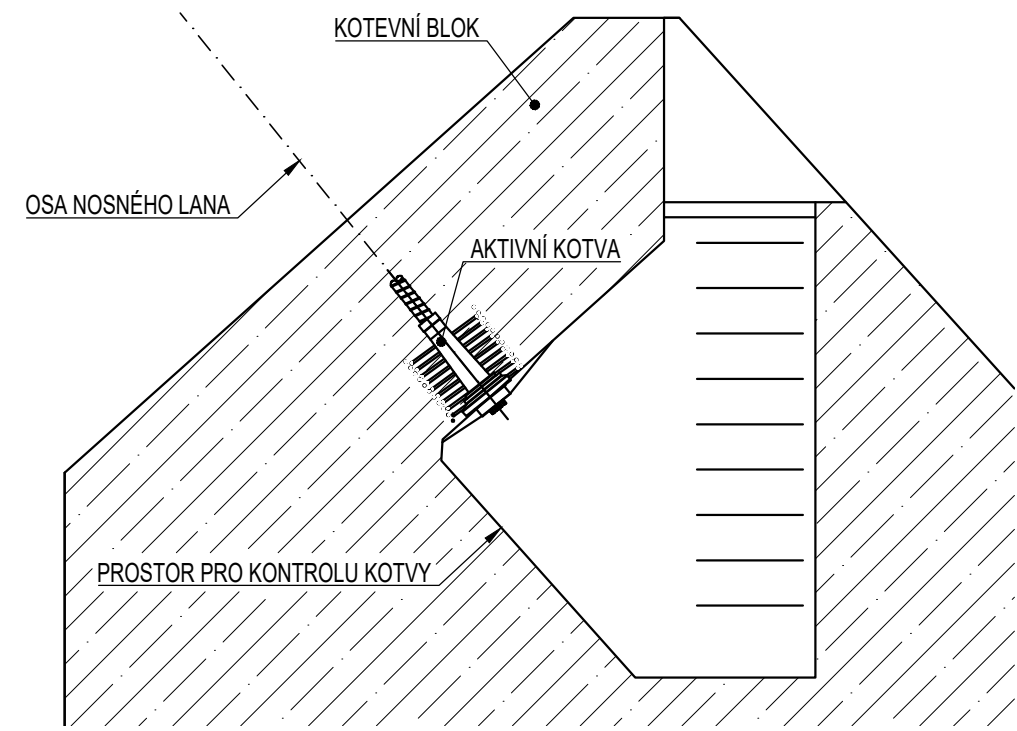
VYTVOŘENO VE STUDENTSKÉ VERZI PRODUKTU AUTODESK

VYTVOŘENO VE STUDENTSKÉ VERZI PRODUKTU AUTODESK

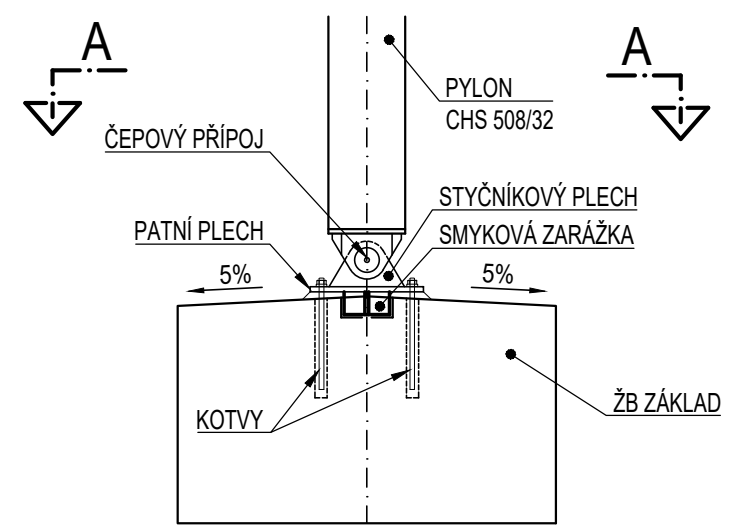
VISUTÁ LÁVKA PŘES LABE U OBCE HRADIŠŤKO

DETAILS

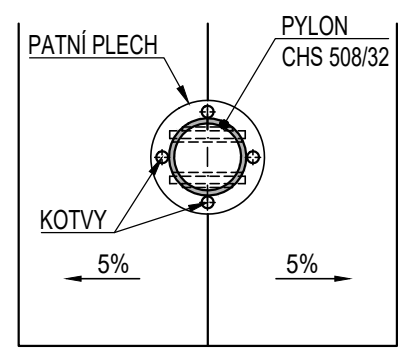
DETAIL 1: KOTVENÍ NOSNÉHO LANA DO KOTVENÍHO BLOKU
M 1:50



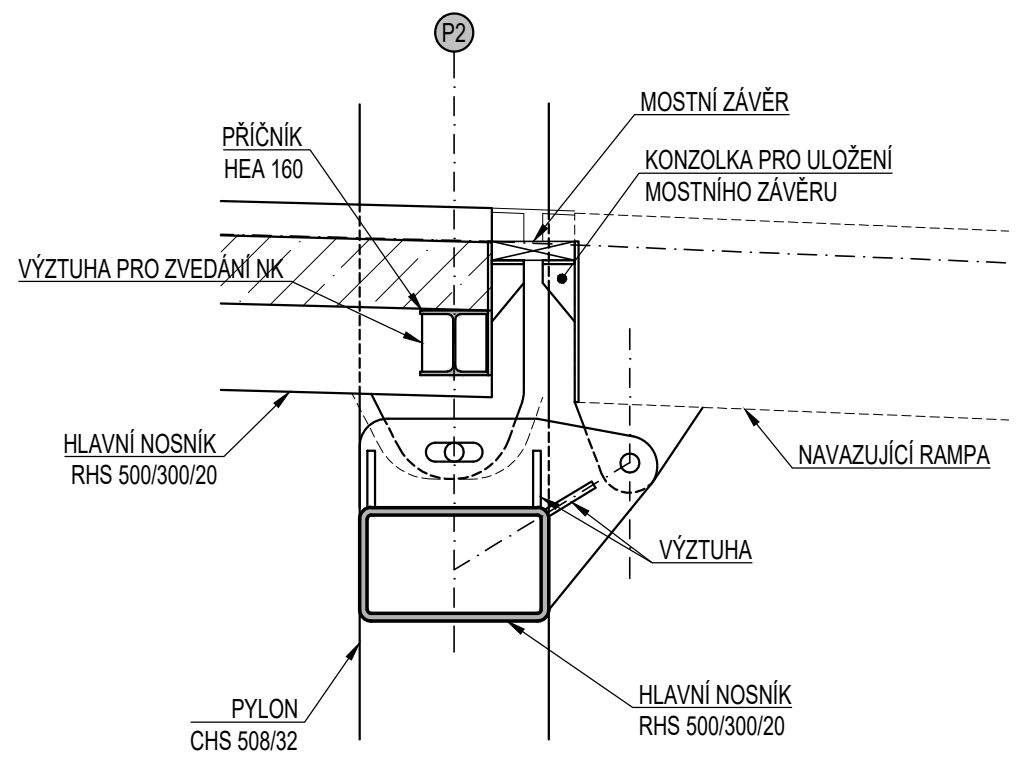
DETAIL 3: ULOŽENÍ PYLONU
M 1:50



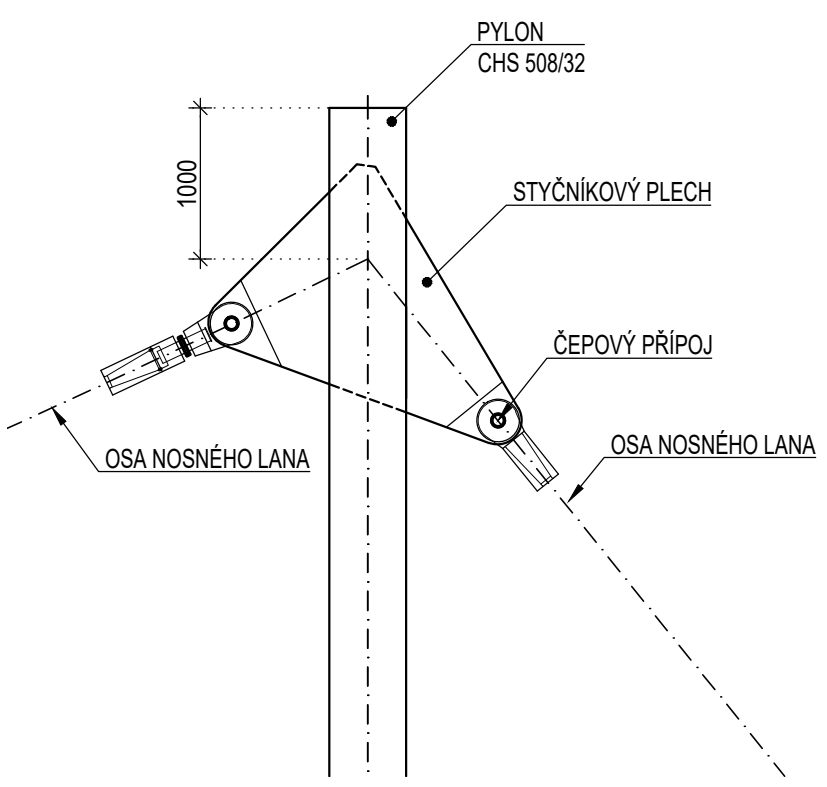
ŘEZ A-A
M 1:50



DETAIL 4: POSUVNÝ ČEP
M 1:20



DETAIL 2: KOTVENÍ NOSNÉHO LANA DO PYLONU
M 1:50



<p>České vysoké učení technické v Praze Fakulta stavební - Katedra ocelových konstrukcí</p>			
<p>Vypracoval: Bc. Johanka Drábková</p>		<p>Vedoucí diplomové práce: Ing. Michal Netušil, Ph.D.</p>	
<p>Téma diplomové práce Visutá lávka přes Labe u obce Hradištko</p>		<p>Měřítko: 1:20, 1:50</p>	<p>Datum: Leden 2021</p>
<p>Název přílohy: Detaily</p>		<p>Číslo přílohy: 006</p>	

VYTVOŘENO VE STUDENTSKÉ VERZI PRODUKTU AUTODESK

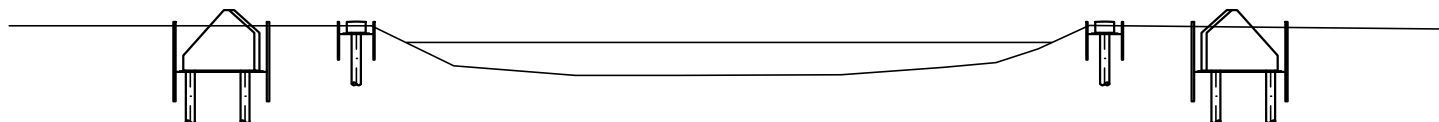
VYTVOŘENO VE STUDENTSKÉ VERZI PRODUKTU AUTODESK

VISUTÁ LÁVKA PŘES LABE U OBCE HRADIŠŤKO

POSTUP VÝSTAVBY

1 - ZALOŽENÍ

M 1:1000



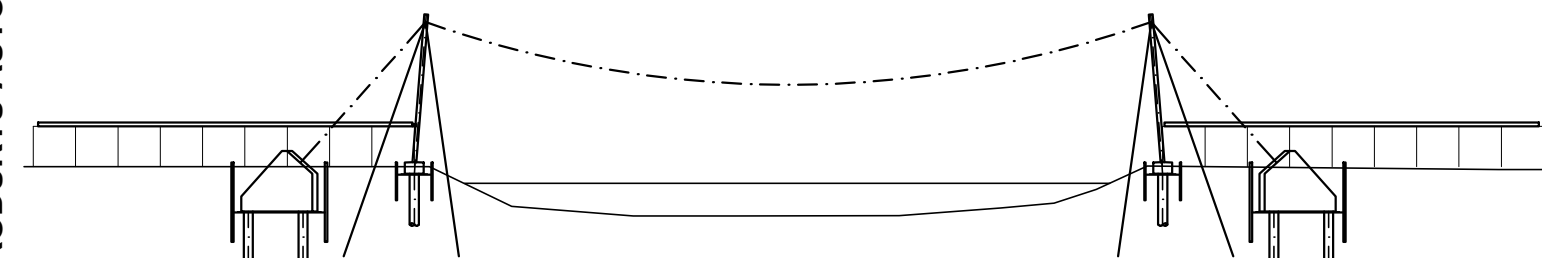
2 - VZTYČENÍ A UKOTVENÍ PYLONŮ

M 1:1000



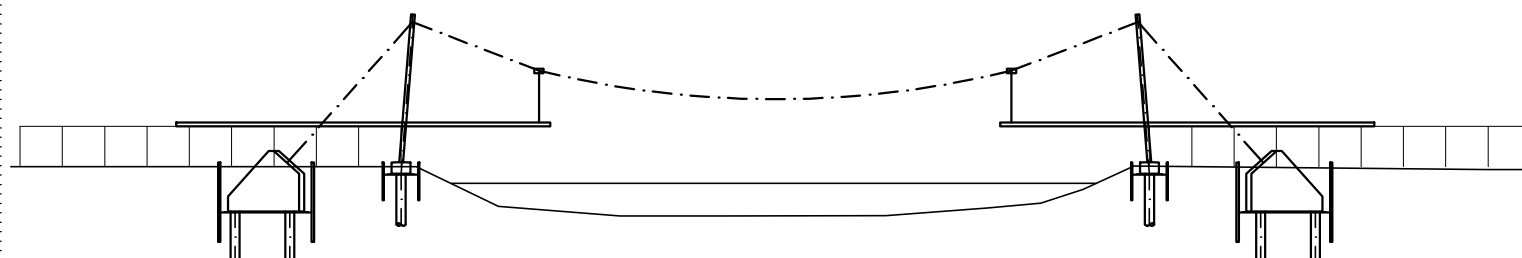
3 - UMÍSTĚNÍ A PŘEDEPNUTÍ NOSNÉHO LANA, PŘÍPRAVA DÍLCŮ NA BŘEZÍCH

M 1:1000



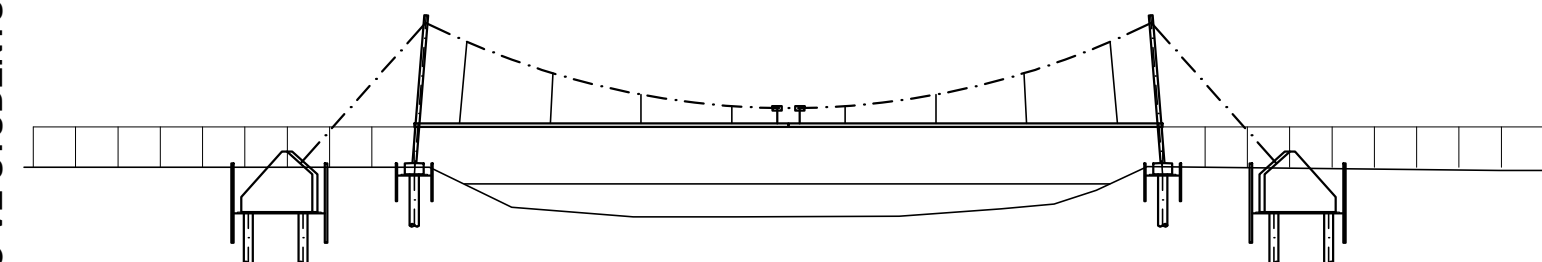
4 - SYMETRICKÝ VÝSUN DÍLCŮ Z OBOU BŘEHŮ SE ZAVĚŠENÍM NA NOSNÉM LANĚ

M 1:1000



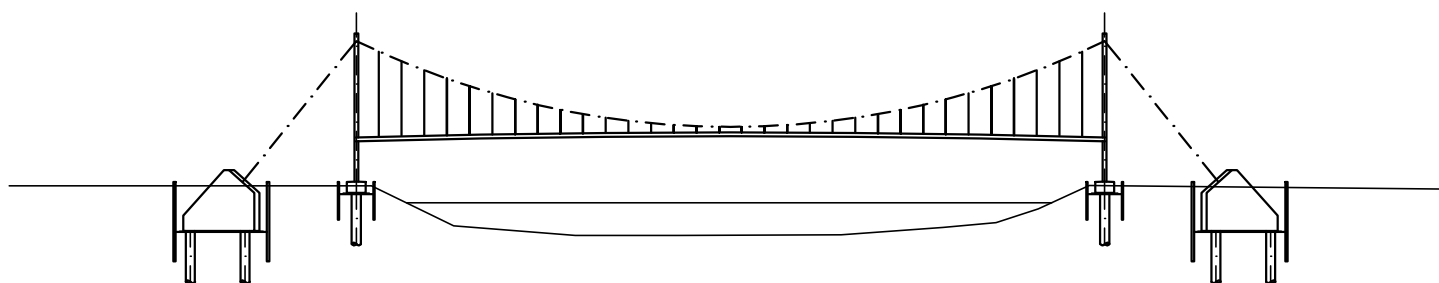
5 - UMÍSTĚNÍ ČÁSTI ZÁVĚSŮ, SVAŘENÍ DÍLCŮ

M 1:1000



6 - UMÍSTĚNÍ ZBYTKU ZÁVĚSŮ, PŘEDEPNUTÍ, UMÍSTĚNÍ BEDNĚNÍ, BETONÁŽ DESKY

M 1:1000



České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební - Katedra ocelových konstrukcí



Vypracoval:

Bc. Johanka Drábková

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Netušil, Ph.D.

Téma diplomové práce

Visutá lávka přes Labe
u obce Hradištko

Měřítko:

1:1000

Datum:

Leden 2021

Název přílohy:

Postup výstavby

Číslo přílohy:

007


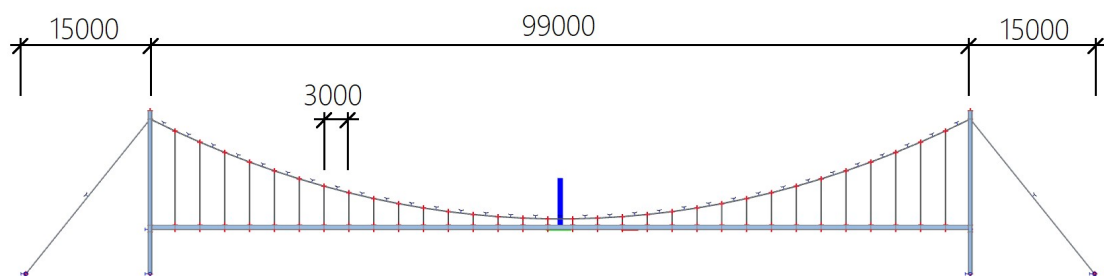
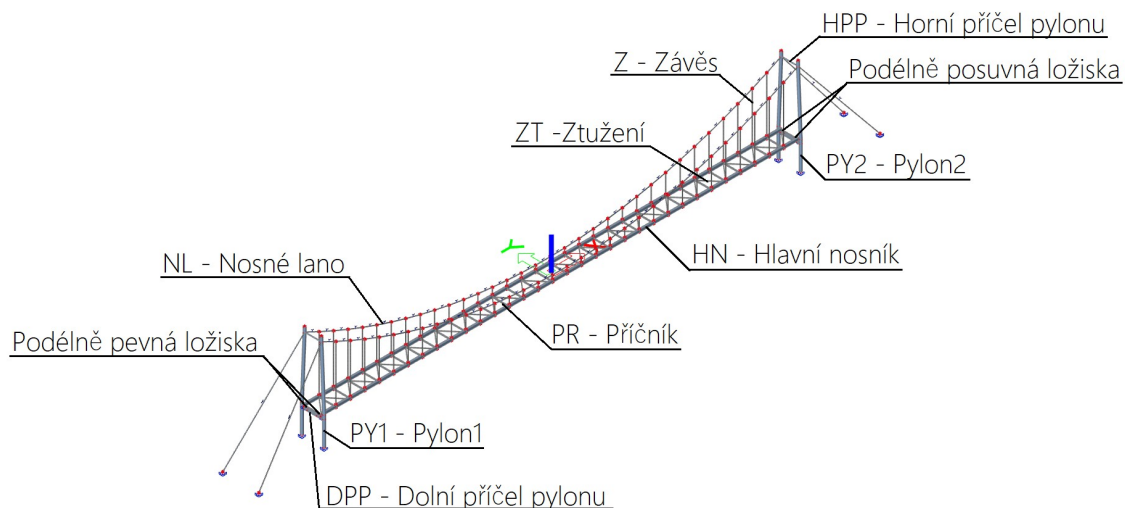
<p>České vysoké učení technické v Praze</p> <p>Fakulta stavební - Katedra ocelových konstrukcí</p>			
<p>Vypracoval:</p> <p>Bc. Johanka Drábková</p>		<p>Vedoucí diplomové práce:</p> <p>Ing. Michal Netušil, Ph.D.</p>	
<p>Téma diplomové práce</p> <p>Visutá lávka přes Labe u obce Hradištko</p>		<p>Měřítko:</p>	
		<p>Datum:</p>	<p>Leden 2021</p>
<p>Název přílohy:</p> <p>Statický výpočet</p>		<p>Číslo přílohy:</p> <p>008</p>	

SCHÉMA KONSTRUKCE



Rozpětí lávky	$L := 99 \text{ m}$
Vzdálenost příčníků, závěsů v podélném směru, rozpon desky	$a := 3 \text{ m}$
Délka příčníku	$L_p := 3.2 \text{ m}$
Osová vzd. HN, kotvení závěsů v příčném směru	$a_{HN} := 3.5 \text{ m}$
Šířka průchozího prostoru	$b := 3 \text{ m}$
Šířka NK	$B := 3.8 \text{ m}$
Výška HN	$H := 500 \text{ mm}$
Průměr průřezu pylonu	$d := 508 \text{ mm}$
Průměr průřezu horní příčle pylonu	$d_p := 139.7 \text{ mm}$
Dolní příčel pylonu - výška	$h_p := 300 \text{ mm}$
- šířka	$\check{s}_p := 500 \text{ mm}$

MATERIÁL

1. Ocel - S355

$$f_y := 355 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235}{355}} = 0.81$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G_s := 78.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

2. Beton - C 30/37

$$\gamma_{MC} := 1.5$$

$$f_{ck} := 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_{MC}} = 20 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} := 32 \text{ GPa}$$

3. Výztuž - B500B

$$f_{ys.k} := 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{MS} := 1.15$$

$$f_{ys.d} := \frac{f_{ys.k}}{\gamma_{MS}} = 434.78 \text{ MPa}$$

4. Nosné lano - - předpínací výztuž

$$E_l := 195 \text{ GPa}$$

$$f_{pk} := 1860 \text{ MPa}$$

5. Závěsy - S460

$$E_t := 190 \text{ GPa}$$

$$f_{y.t} := 460 \text{ MPa}$$

ZATÍŽENÍ

1. STÁLÁ ZATÍŽENÍ

1.1. Vlastní tíha nosné kce

1.1.1. Ocelová konstrukce

- generováno softwarem

1.1.2. Železobetonová deska

- suchý beton

$$G_c := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Průměrná tl. desky

$$t_p := \frac{180 + 240}{2} \text{ mm} = 210 \text{ mm}$$

Liniové zatížení aplikované na příčník

$$g_c := G_c \cdot t_p \cdot a = 15.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{na délku } L_p = 3.2 \text{ m}$$

- mokrý beton - montážní stav

$$G_{c.m} := 26.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Liniové zatížení aplikované na příčník

$$g_{c.m} := G_{c.m} \cdot t_p \cdot a = 16.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{na délku } L_p = 3.2 \text{ m}$$

$$a = 3 \text{ m}$$

$$t_p = 0.21 \text{ m}$$

1.2. Ostatní stálé

- izolace

$$G_i := 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$t_i := 5 \text{ mm}$$

Liniové zatížení aplikované na příčník

$$g_i := G_i \cdot t_i \cdot a = 0.33 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$a = 3 \text{ m}$$

- zábradlí

$$g_z := 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- izolace + ŽB deska

Liniové zatížení aplikované na příčník

$$g_{ci} := g_c + g_i = 16.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

1.3. Odhad reakce od navazující rampy

celková na dvě ložiska pro uvažované max rozpětí 8m

$$R_{r.g} := (G_c \cdot t_p \cdot L_p + G_i \cdot t_i \cdot L_p + 2 \cdot g_z) \cdot 4 \text{ m} = 76.61 \text{ kN}$$

$$\frac{R_{r.g}}{2} = 38.3 \text{ kN}$$

$$L_p = 3.2 \text{ m}$$

2. PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ

2.1. Chodci (gr1)

2.1.1. Chodci na celé rozpětí

$$L_z := L = 99 \text{ m}$$

$$q_{fk} := \left(2 + \frac{120}{\frac{L_z}{\text{m}} + 30} \right) \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2.93 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} > 2,5 \text{ kN/m}^2$$

Vzd. příčníků

$$a = 3 \text{ m}$$

Liniové zatížení aplikované na příčník

$$q_{fk.p} := q_{fk} \cdot a = 8.79 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Celková vodorovná síla

$$Q_{flk} := 0.1 \cdot q_{fk} \cdot L_p \cdot L_z = 92.83 \text{ kN}$$

2.1.2. Chodci na 1/2 rozpětí

$$L_z := \frac{L}{2} = 49.5 \text{ m}$$

$$q_{fk} := \left(2 + \frac{120}{\frac{L_z}{\text{m}} + 30} \right) \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 3.51 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Liniové zatížení aplikované na příčník

$$q_{fk.p} := q_{fk} \cdot a = 10.53 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Celková vodorovná síla

$$Q_{flk} := 0.1 \cdot q_{fk} \cdot L_p \cdot L_z = 55.59 \text{ kN}$$

2.1.3. Chodci lokálně na příčnick

$$q_{fk} := 5 \frac{kN}{m^2}$$

Liniové zatížení aplikované na příčnick

$$q_{fk.p} := q_{fk} \cdot a = 15 \frac{kN}{m}$$

2.1.4. Odhadovaná reakce od zat. chodci na rampě

$$R_{r.q} := q_{fk} \cdot L_p \cdot 4 \text{ m} = 64 \text{ kN}$$

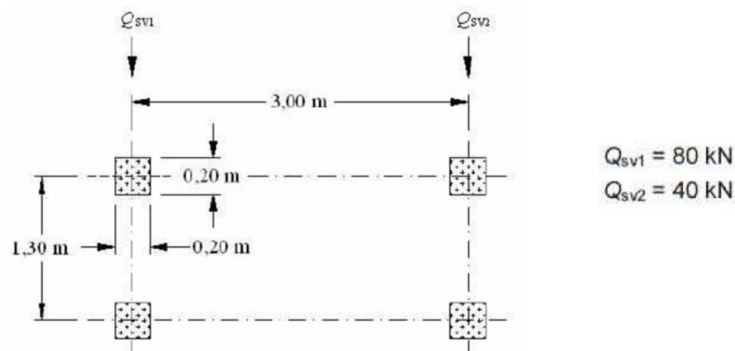
$$\frac{R_{r.q}}{2} = 32 \text{ kN}$$

2.2. Obslužné vozidlo (gr2)

$$Q_{sv1} := 80 \text{ kN} \quad Q_{sv2} := 40 \text{ kN} \quad Q_{sv} := Q_{sv1} + Q_{sv2} = 120 \text{ kN}$$

$$\text{Celková vodorovná síla} \quad Q_{flk} := 0.1 \cdot Q_{sv} = 12 \text{ kN}$$

- návrh příčnicku - nápravy na příčnickách
- návrh desky - nápravy ve středu pole desky (pro ohyb)



2.3. Soustředěné zatížení (Qfwk)

$$Q_{fwk} := 10 \text{ kN} \text{ na ploše } 0,1 \times 0,1 \text{ m.}$$

V tomto případě, kdy je povrch mostovky tvořen betonovou deskou, je zat. nevýznamné, větší účinky vyvolá obslužné vozidlo.

2.4. Vítr

- Lokalita - Hradištko
- větrná oblast I

$$v_{b,0} := 22.5 \frac{m}{s}$$

- kategorie terénu II

$$z_0 := 0.05$$

$$z_{min} := 2 \text{ m}$$

$$C_{dir} := 1 \quad C_{season} := 1$$

výška HN
H = 0.5 m

$$v_b := C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 22.5 \frac{m}{s} \quad \text{základní rychlost větru}$$

$$\rho := 1.25 \frac{kg}{m^3} \quad \text{základní tlak větru}$$

d_{tot}
0,3m pro
prodyšné
zábradlí

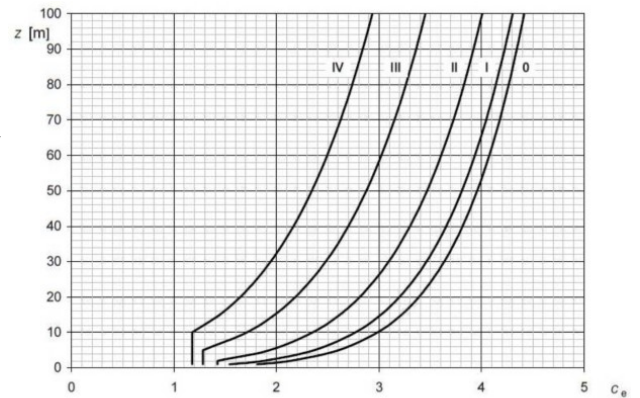
$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0.32 \frac{kN}{m^2}$$

základní dynamický tlak větru

- Součinitel expozice

$C_{e.6} := 2$
pro $z := 6 \text{ m}$ - úroveň mostovky

$C_{e.20} := 2.8$
pro $z := 20 \text{ m}$ - vršek pylonu



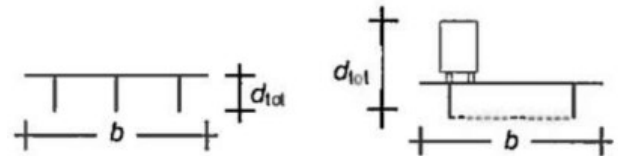
Stanovení parametru C_e – součinitel expozice

- Součinitel síly pro mostovku

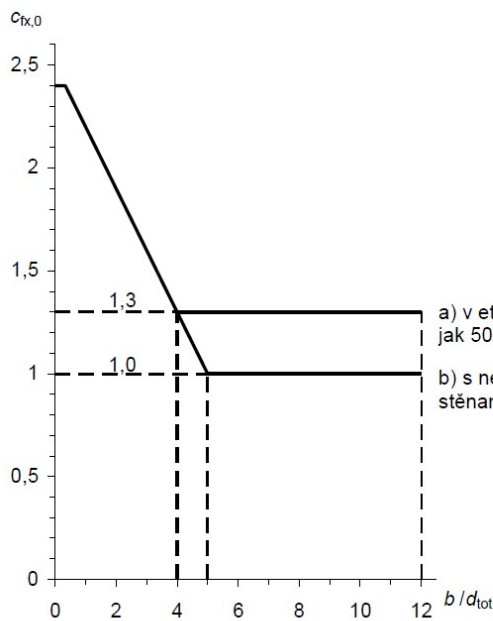
$b := B = 3.8 \text{ m}$ $d_{tot} := H + 0.6 \text{ m} = 1.1 \text{ m}$

$$\frac{b}{d_{tot}} = 3.45$$

$C_{fx0} := 1.6$



Definice parametrů b , d_{tot} – most bez dopravy a s dopravou



Součinitel síly pro mosty $c_{fx,0}$

- a) v etapě výstavby, prodyšné zábradlí (více jak 50% otvorů a svodidla se svodnicí);
- b) s neprodyšnými zábradlími, protihlukovými stěnami, plnými svodidly nebo dopravou.

- Součinitel síly pro pylon

Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) := c_e(z) \cdot q_b$$

$$q_{p.6} := C_{e.6} \cdot q_b = 0.63 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{p.20} := C_{e.20} \cdot q_b = 0.89 \frac{kN}{m^2}$$

Maximální rychlost větru

$$v_6 := \sqrt{2 \cdot \frac{q_{p.6}}{\rho}} = 31.82 \frac{m}{s}$$

$$v_{20} := \sqrt{2 \cdot \frac{q_{p.20}}{\rho}} = 37.65 \frac{m}{s}$$

$C_{e.6} = 2$

$C_{e.20} = 2.8$

Kinematická viskozita vzduchu

$$\nu := 15 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

Reynoldsovo číslo

pylon

$$b := d = 508 \text{ mm}$$

příčel pylonu

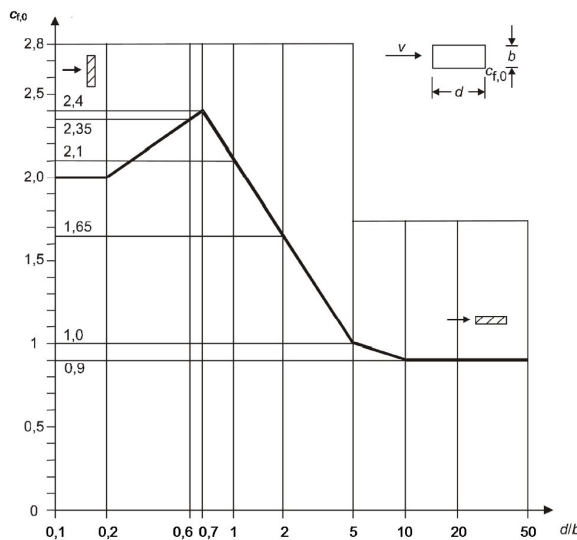
$$b_p := d_p = 139.7 \text{ mm}$$

$$R_{e.P.6} := \frac{b \cdot v_6}{\nu} = 1.0776 \cdot 10^6$$

$$R_{e.P.20} := \frac{b \cdot v_{20}}{\nu} = 1.2751 \cdot 10^6$$

$$R_{e.PP.20} := \frac{b_p \cdot v_{20}}{\nu} = 3.5064 \cdot 10^5$$

Součinitel síly pro obdélníkové průřezy s ostrými rohy a bez vlivu koncových vírů



RHS400/200/16 na měkkou osu

$$h_p = 0.3 \text{ m}$$

$$\check{s}_p = 0.5 \text{ m}$$

$$\frac{\check{s}_p}{h_p} = 1.67$$

$$c_{f.0.PP.6} := 1.65$$

Součinitel síly pro válce bez vlivu proudění kolem volných konců

$k := 0.02 \text{ mm}$ ekvivalentní drsnost povrchu (stříkaný nátěr)

$$\frac{k}{b} = 3.94 \cdot 10^{-5}$$

$$\frac{k}{b_p} = 1.43 \cdot 10^{-4}$$

$$b = 508 \text{ mm}$$

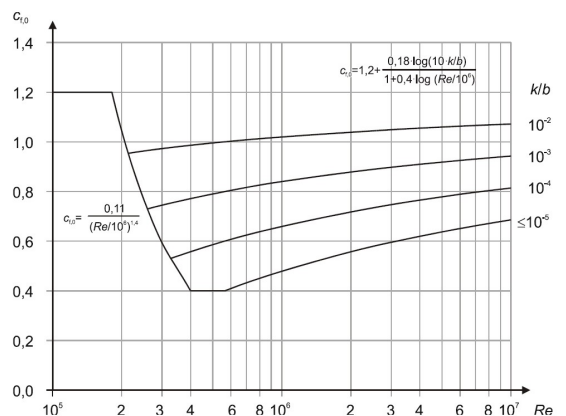
$$b_p = 139.7 \text{ mm}$$

$$R_{e.P.6} = 1.08 \cdot 10^6$$

$$c_{f.0.P.6} := 1.2 + \frac{0.18 \cdot \log\left(10 \cdot \frac{k}{b}\right)}{1 + 0.4 \cdot \log\left(\frac{R_{e.P.6}}{10^6}\right)} = 0.59$$

$$R_{e.P.20} = 1.28 \cdot 10^6$$

$$c_{f.0.P.20} := 1.2 + \frac{0.18 \cdot \log\left(10 \cdot \frac{k}{b}\right)}{1 + 0.4 \cdot \log\left(\frac{R_{e.P.20}}{10^6}\right)} = 0.61$$



$$R_{e,PP.20} = 3.51 \cdot 10^5$$

$$c_{f,0,PP.20} := 1.2 + \frac{0.18 \cdot \log\left(10 \cdot \frac{k}{b_p}\right)}{1 + 0.4 \cdot \log\left(\frac{R_{e,P.20}}{10^6}\right)} = 0.71$$

Součinitel koncového efektu

$\varphi := 1$ souč. plnosti

Pylon - 6m
CHS508/20
 $l := 6 \text{ m}$
 $b = 508 \text{ mm}$

$$\lambda := \min\left(\frac{l}{b}, 70\right) = 11.8$$

$$\psi_{\lambda,P.6} := 0.71$$

Pylon - 20m
CHS508/20
 $l := 14 \text{ m}$
 $b = 508 \text{ mm}$

$$\lambda := \min\left(\frac{l}{b}, 70\right) = 27.6$$

$$\psi_{\lambda,P.20} := 0.82$$

Dolní příčel pylonu - 6m
RHS500/300/20
na měkkou osu
 $l := 4.6 \text{ m}$
 $b := h_p = 300 \text{ mm}$

$$\lambda := \min\left(\frac{2l}{b}, 70\right) = 30.67$$

$$\psi_{\lambda,PP.6} := 0.87$$

Horní příčel pylonu - 20m
CHSCF139.7/3
 $l := 3.3 \text{ m}$
 $b_p = 139.7 \text{ mm}$

$$\lambda := \min\left(\frac{l}{b_p}, 70\right) = 23.6$$

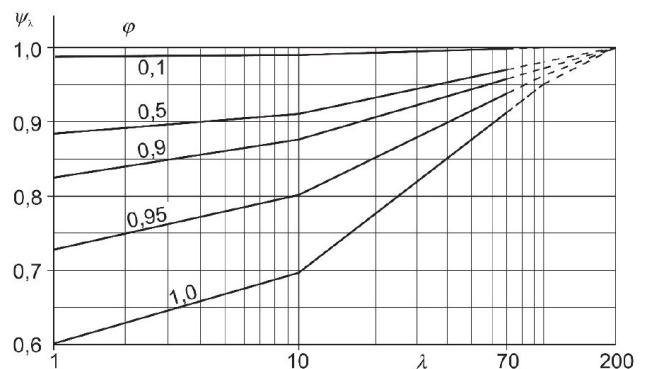
$$\psi_{\lambda,PP.20} := 0.8$$

Redukční součinitel pro zaoblené rohy

Dolní příčel pylonu - RHS400/200/16 na měkkou osu
- uvažován roven jedné

$$\psi_r := 1$$

Č.	Poloha konstrukce, vítr kolmý k rovině strany	Efektivní šířkost \bar{b}
1		Pro mnohoúhelníkové, obdélníkové a ostrohranné průřezy a příhradové konstrukce: pro $l \geq 50 \text{ m}$, menší z hodnot $\lambda = 1.4/l$ nebo $\lambda = 70$; pro $l < 50 \text{ m}$, menší z hodnot $\lambda = 2/l$ nebo $\lambda = 70$. Pro válce s kruhovým průřezem: pro $l \geq 50 \text{ m}$, menší z hodnot $\lambda = 0.7/l$ nebo $\lambda = 70$; pro $l < 50 \text{ m}$, menší z hodnot $\lambda = l/b$ nebo $\lambda = 70$.
2		Pro mezilehlé hodnoty l se doporučuje použít lineární interpolaci.
3		Pro mezilehlé hodnoty l se doporučuje použít lineární interpolaci.
4		Pro $l \geq 50 \text{ m}$, větší z hodnot $\lambda = 0.7/l$ nebo $\lambda = 70$. Pro $l < 50 \text{ m}$, větší z hodnot $\lambda = l/b$ nebo $\lambda = 70$. Pro mezilehlé hodnoty l se doporučuje použít lineární interpolaci.



Součinitel síly

- pylon - CHS508/20

úroveň 6m

$$c_{f,0,P,6} = 0.59$$

$$\psi_{\lambda,P,6} = 0.71$$

$$c_{f,P,6} := c_{f,0,P,6} \cdot \psi_{\lambda,P,6} = 0.42$$

úroveň 20m

$$c_{f,0,P,20} = 0.61$$

$$\psi_{\lambda,P,20} = 0.82$$

$$c_{f,P,20} := c_{f,0,P,20} \cdot \psi_{\lambda,P,20} = 0.5$$

- dolní příčel pylonu - RHS500/300/20 na měkkou osu

$$c_{f,0,PP,6} = 1.65$$

$$\psi_{\lambda,PP,6} = 0.87 \quad \psi_r = 1$$

$$c_{f,PP,6} := c_{f,0,PP,6} \cdot \psi_{\lambda,PP,6} \cdot \psi_r = 1.44$$

- horní příčel pylonu - CHSCF139.7/3

$$c_{f,0,PP,20} = 0.71$$

$$\psi_{\lambda,PP,20} = 0.8$$

$$c_{f,PP,20} := c_{f,0,PP,20} \cdot \psi_{\lambda,PP,20} = 0.57$$

$$C_{e,6} = 2$$

$$C_{fx0} = 1.6$$

$$c_{f,P,6} = 0.42$$

- Součinitel zatížení větrem pro mostovku

$$C_m := C_{e,6} \cdot C_{fx0} = 3.2$$

- Součinitel zatížení větrem pro pylon

- pylon - CHS508/20

úroveň 6m

$$c_{f,P,6} = 0.42$$

$$C_{p,6} := C_{e,6} \cdot c_{f,P,6} = 0.84$$

úroveň 20m

$$c_{f,P,20} = 0.5$$

$$C_{p,20} := C_{e,20} \cdot c_{f,P,20} = 1.41$$

$$C_{e,6} = 2$$

$$C_{e,20} = 2.8$$

- dolní příčel pylonu - RHS500/300/20 na měkkou osu

$$c_{f,PP,6} = 1.44$$

$$C_{pp,6} := C_{e,6} \cdot c_{f,PP,6} = 2.87$$

- horní příčel pylonu - CHSCF139.7/3

$$c_{f,PP,20} = 0.57$$

$$C_{pp,20} := C_{e,20} \cdot c_{f,PP,20} = 1.59$$

$$v_b = 22.5 \frac{m}{s}$$

- Zatížení větrem na mostovku

$$f_{w,k} := \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2 \cdot C_m = 1.01 \frac{kN}{m^2}$$

$$b_{ref} := d_{tot} = 1.1 \text{ m}$$

$$f_{w,HN,k} := f_{w,k} \cdot b_{ref} = 1.11 \frac{kN}{m}$$

na rameni r vzhledem k ose HN

$$r := \frac{d_{tot}}{2} - \frac{H}{2} = 0.3 \text{ m}$$

$$C_m = 3.2$$

$$d_{tot} = 1.1 \text{ m}$$

$$H = 0.5 \text{ m}$$

Přídavný moment

$$m_{w,HN,k} := f_{w,HN,k} \cdot r = 0.33 \frac{kN \cdot m}{m}$$

$$q_b = 0.32 \frac{kN}{m^2}$$

- Zatížení větrem na pylon

úroveň mostovky

Pylon $b_{ref} := d = 508 \text{ mm}$ (= d průřezu)

CHS508/20

$$f_{w.k} := q_b \cdot C_{p.6} = 0.27 \frac{kN}{m^2}$$

$$C_{p.6} = 0.84$$

$$f_{w.P6.k} := q_b \cdot C_{p.6} \cdot b_{ref} = 0.14 \frac{kN}{m}$$

Dolní příčel $b_{ref} := h_p = 300 \text{ mm}$ (= výška průřezu)

RHS500/300/20 na měkkou osu

$$f_{w.k} := q_b \cdot C_{pp.6} = 0.91 \frac{kN}{m^2}$$

$$C_{pp.6} = 2.87$$

$$f_{w.PP6.k} := q_b \cdot C_{pp.6} \cdot b_{ref} = 0.27 \frac{kN}{m}$$

vršek pylonu

Pylon $b_{ref} := d = 508 \text{ mm}$ (= d průřezu)

CHS508/20

$$f_{w.k} := q_b \cdot C_{p.20} = 0.44 \frac{kN}{m^2}$$

$$C_{p.20} = 1.41$$

$$f_{w.P20.k} := q_b \cdot C_{p.20} \cdot b_{ref} = 0.23 \frac{kN}{m}$$

Horní příčel $b_{ref} := b_p = 139.7 \text{ mm}$ (= d průřezu)

CHSCF139.7/3

$$f_{w.k} := q_b \cdot C_{pp.20} = 0.5 \frac{kN}{m^2}$$

$$C_{pp.20} = 1.59$$

$$f_{w.PP20.k} := q_b \cdot C_{pp.20} \cdot b_{ref} = 0.07 \frac{kN}{m}$$

-> Analýza zatížení větrem na pylon byla provedena zbytečně podrobně.

2.5. Zatížení teplotou

Z důvodu výpočetního programu v zápise nahrazeny °C kelviny K

- Lokalita - Hradištko:

$$T_{max} := 39 \text{ K}$$

$$T_{min} := -32 \text{ K}$$

2.5.1. Rovnoměrná složka

- Typ 1 - Ocel (nosné lano, závěsy, pylon)

$$T_{e.max} := T_{max} + 16 \text{ K} = 55 \text{ K}$$

$$T_{e.min} := T_{min} - 3 \text{ K} = -35 \text{ K}$$

$$\left. \begin{array}{l} 1. \text{ typ } T_{e,max} = T_{max} + 16 \text{ °C} \\ 2. \text{ typ } T_{e,max} = T_{max} + 4,5 \text{ °C} \\ 3. \text{ typ } T_{e,max} = T_{max} + 1,5 \text{ °C} \end{array} \right\} \text{ pro } 30 \text{ °C} \leq T_{max} \leq 50 \text{ °C}$$

Referenční teplota $T_0 := 10 \text{ K}$

$$\left. \begin{array}{l} T_{e,min} = T_{min} - 3 \text{ °C} \\ T_{e,min} = T_{min} + 4,5 \text{ °C} \\ T_{e,min} = T_{min} + 8 \text{ °C} \end{array} \right\} \text{ pro } -50 \text{ °C} \leq T_{min} \leq 0 \text{ °C}$$

Zatížení teplotou:

$$\Delta T_{N.exp.1} := T_{e.max} - T_0 = 45 \text{ K}$$

$$\Delta T_{N.con.1} := T_{e.min} - T_0 = -45 \text{ K}$$

- Pro návrh ložisek a dilatačních spar

$$\Delta T_{N.exp.1} + 20 \text{ K} = 65 \text{ K}$$

$$\Delta T_{N.con.1} - 20 \text{ K} = -65 \text{ K}$$

- Typ 2 - Ocel + beton (HN, příčníky, deska)

$$T_{e.max} := T_{max} + 4.5 \text{ K} = 43.5 \text{ K}$$

$$T_{e.min} := T_{min} + 4.5 \text{ K} = -27.5 \text{ K}$$

Zatížení teplotou:

$$\Delta T_{N.exp.2} := T_{e.max} - T_0 = 33.5 \text{ K}$$

$$\Delta T_{N.con.2} := T_{e.min} - T_0 = -37.5 \text{ K}$$

- Pro návrh ložisek a dilatačních spar

$$\Delta T_{N.exp.2} + 20 \text{ K} = 53.5 \text{ K}$$

$$\Delta T_{N.con.2} - 20 \text{ K} = -57.5 \text{ K}$$

ZATĚŽOVACÍ STAVY

Zatěžovací stavy uvažované ve výpočetním modelu.

1. PROVOZNÍ STAV

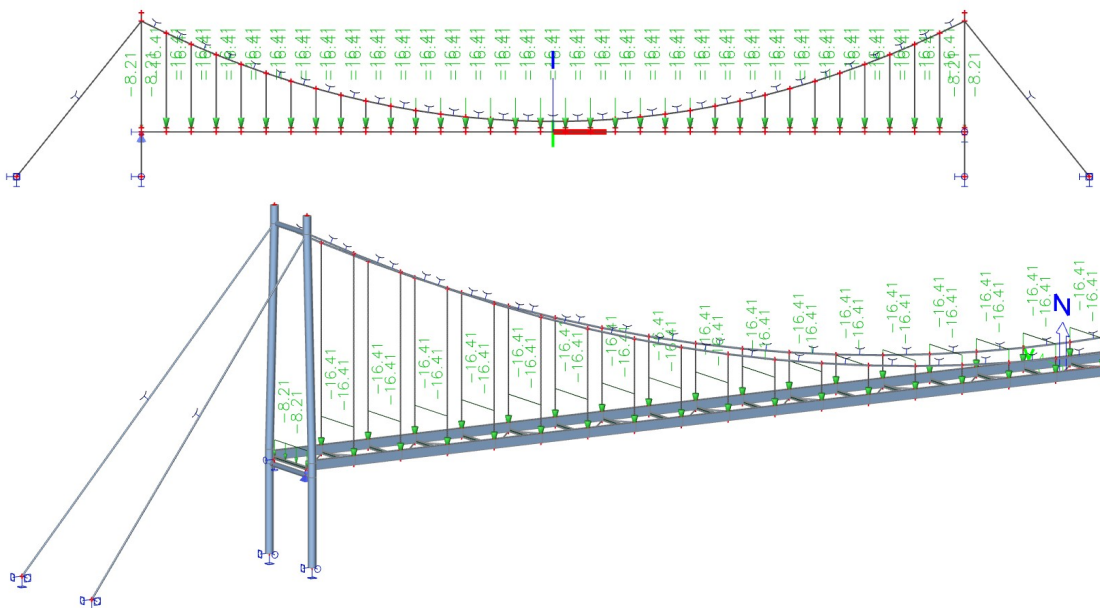
ZS1 - Vlastní tíha

Vlastní tíha ocelové konstrukce - generováno softwarem.

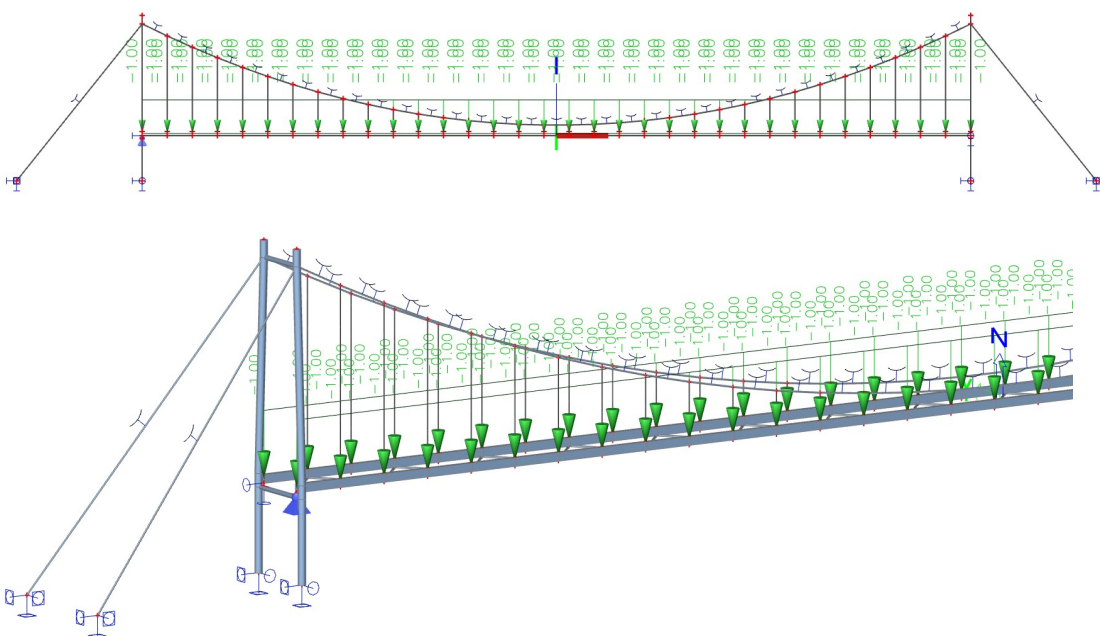
ZS2 - Ostatní stálé

Ostatní stálé zatížení (izolace, zábradlí) + vlastní tíha ŽB desky

Příčnický (izolace + ŽB deska)



Hlavní nosníky (zábradlí)



ZS3 - Předpětí_NL

Předpětí nosného lana zavedené pomocí zatížení teplotou (ochlazení).

1. Ladění předpětí nosného lana v souvislosti s deformací kce

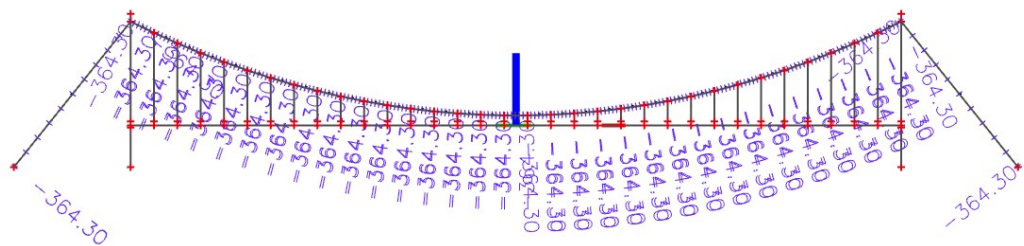
Hledaná projektovaná poloha je se vzepětím HN ve středu rozpětí **650mm**
 Odpovídá tak stavu, kdy při max teplotě je vzepětí větší než 500mm
 (Proveditelnost odvodnění v podélném směru)

Přehled ladění

ΔT [°C]	wz [mm]
-371	674
-365	653
-364	649
-364.3	650

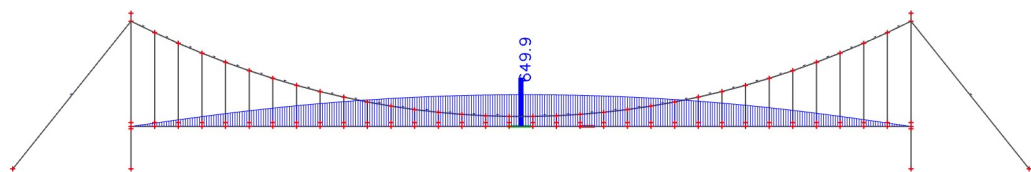
2. Výsledné navržené předpětí

$$\Delta T := -364.3 \text{ K}$$



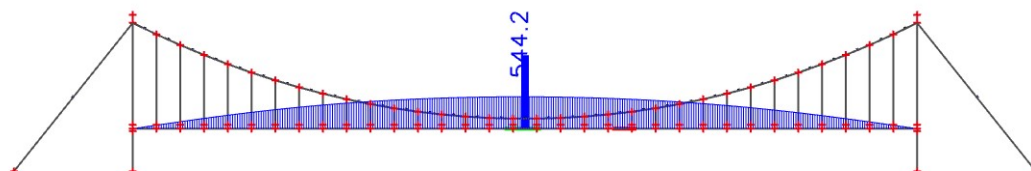
Deformace HN - G+P - Výstavba

$$w_z := 650 \text{ mm}$$



Deformace HN - G+P - max T+ návrhová

$$w_z := 544 \text{ mm}$$

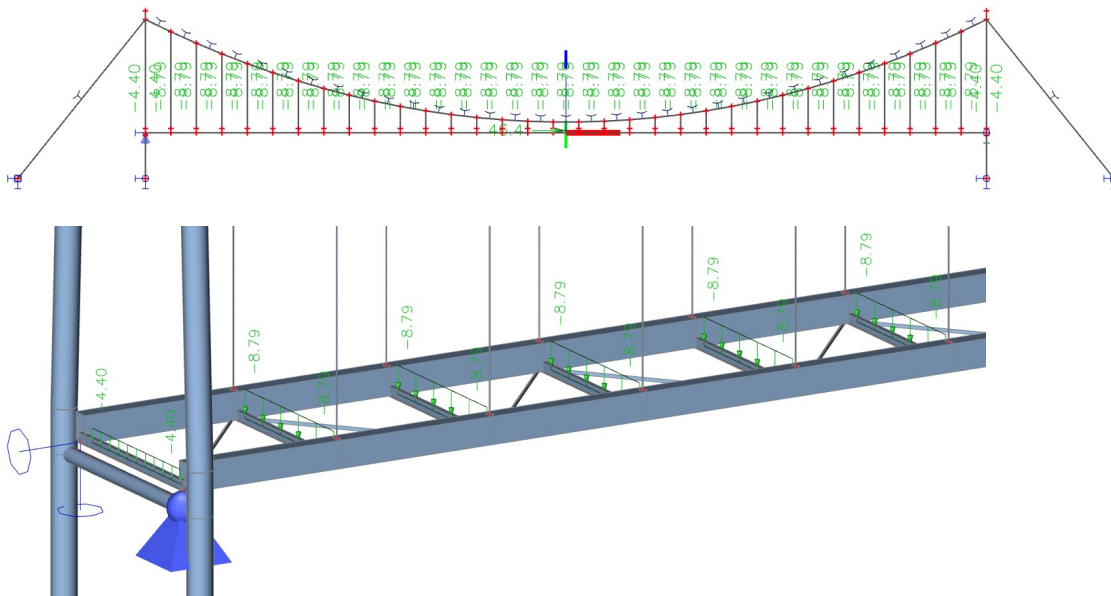


ZS4 - Předpětí_Z

Předpětí závěsů zavedené pomocí zatížení teplotou (ochlazení). Nevyužito, prázdný zatěžovací stav.

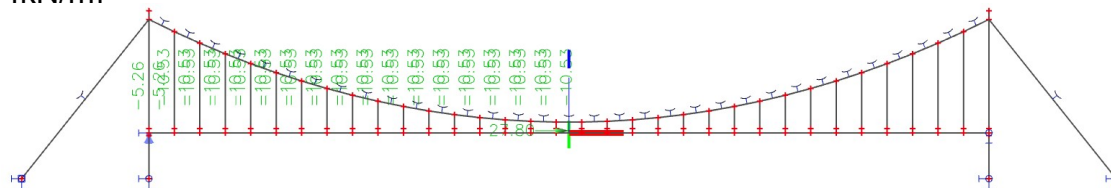
ZS5 - Chodci_cele

Zatížení chodci na celé pole kce + odpovídající vodorovná síla.
[kN/m]



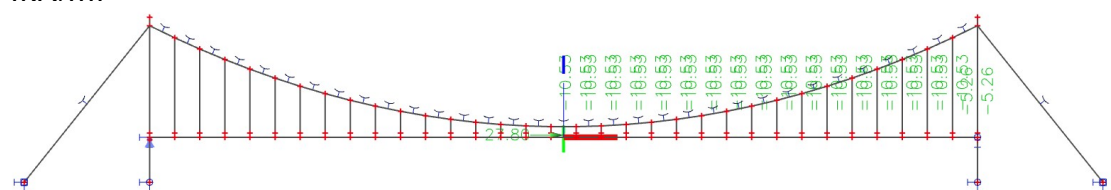
ZS6 - Chodci_1/2

Zatížení chodci na 1. polovinu pole kce + odpovídající vodorovná síla.
[kN/m]



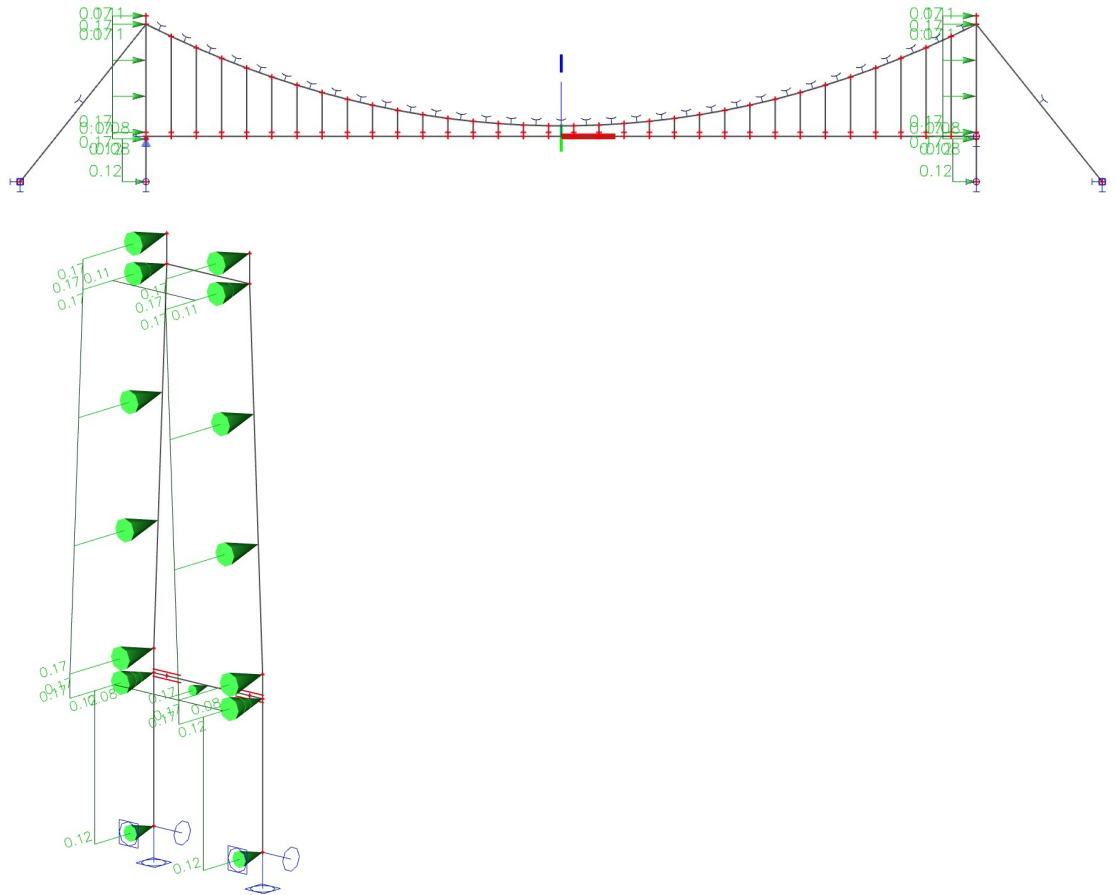
ZS7 - Chodci_2/2

Zatížení chodci na 2. polovinu pole kce + odpovídající vodorovná síla.
[kN/m]



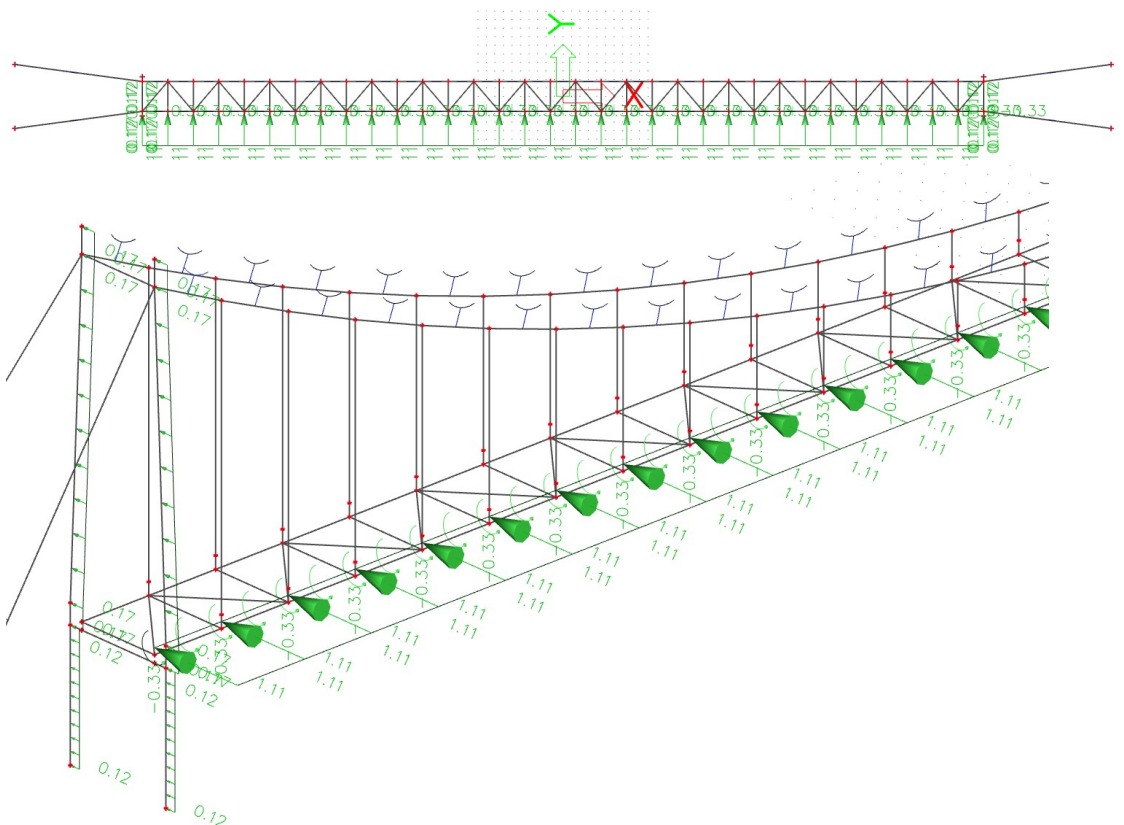
ZS8 - Vítr_x

Zatížení větrem v podélném směru (ve směru osy x)
[kN/m]



ZS9 - Vítr_y

Zatížení větrem v příčném směru (ve směru osy y)
[kN/m, kNm]

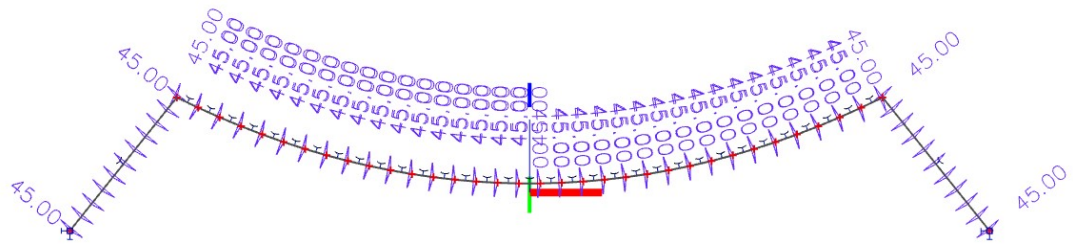


ZS10 - Teplota+

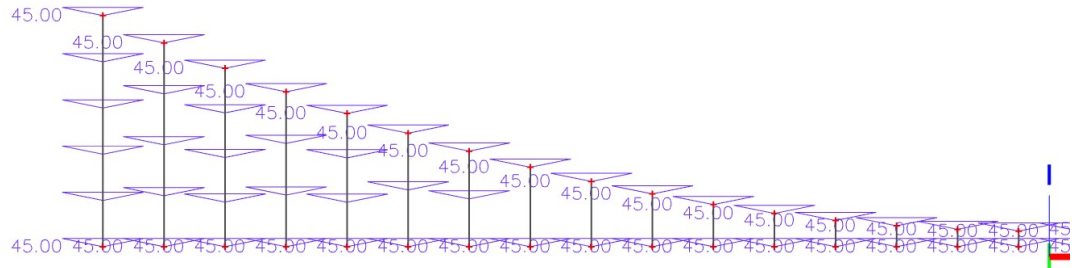
Rovnoměrné ohřátí kce.

$[\Delta^{\circ} C]$

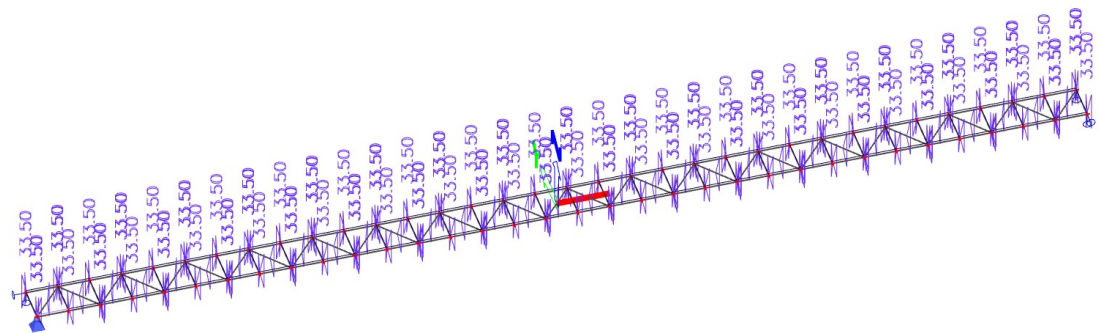
Nosné lano



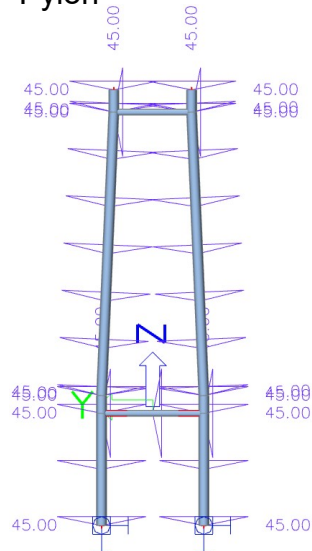
Závěšv



Mostovka



Pylon

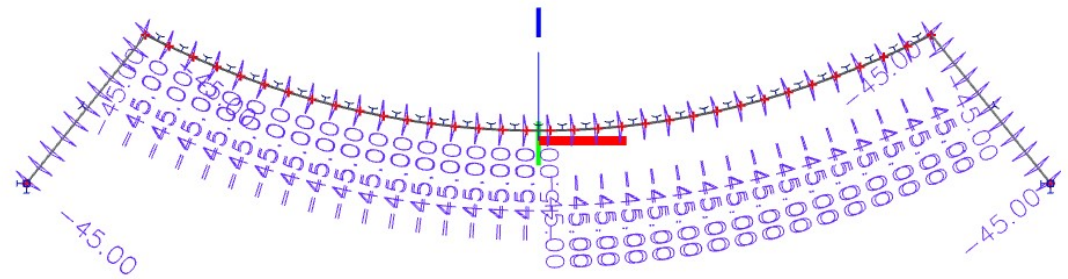


ZS11 - Teplota-

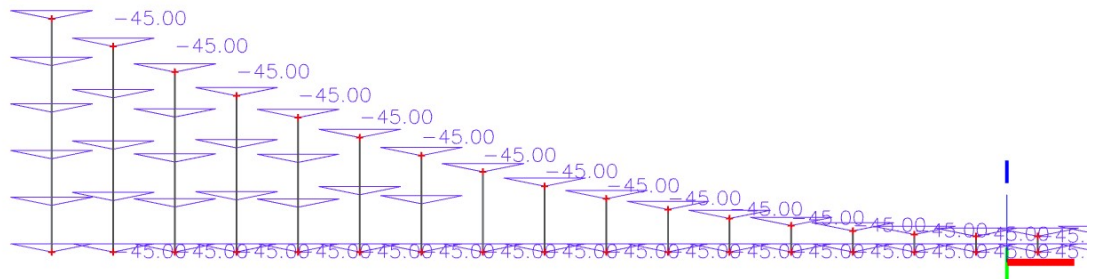
Rovnoměrné ochlazení kce.

[$\Delta^\circ C$]

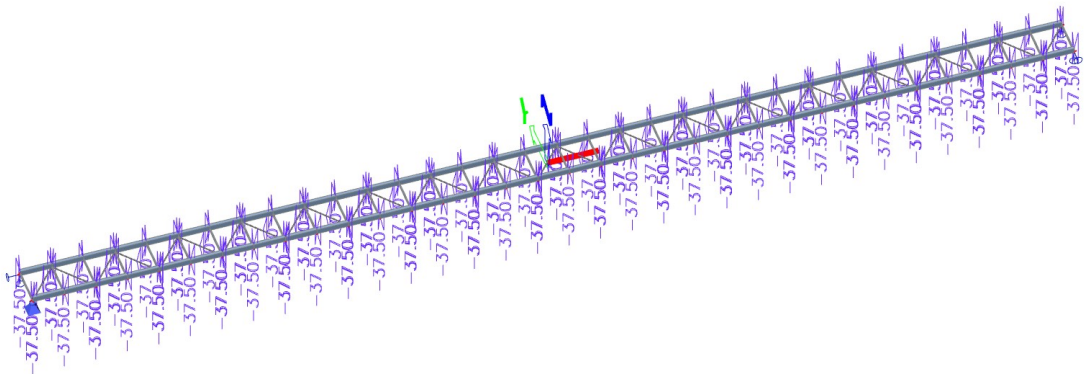
Nosné lano



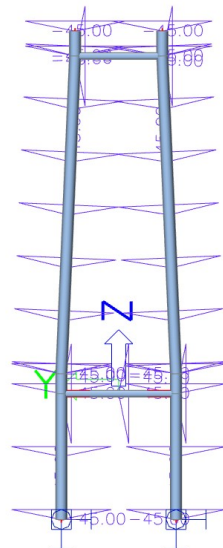
Závěsy



Mostovka



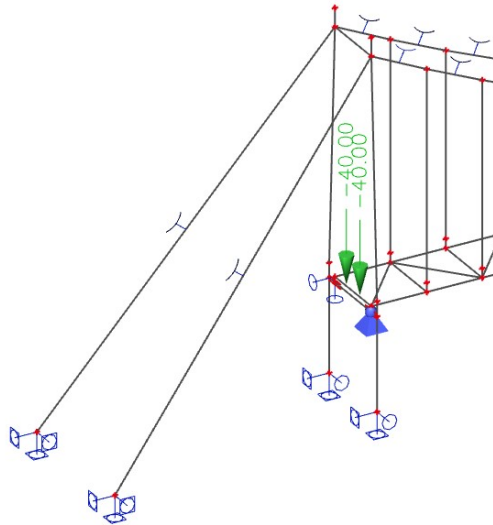
Pylon



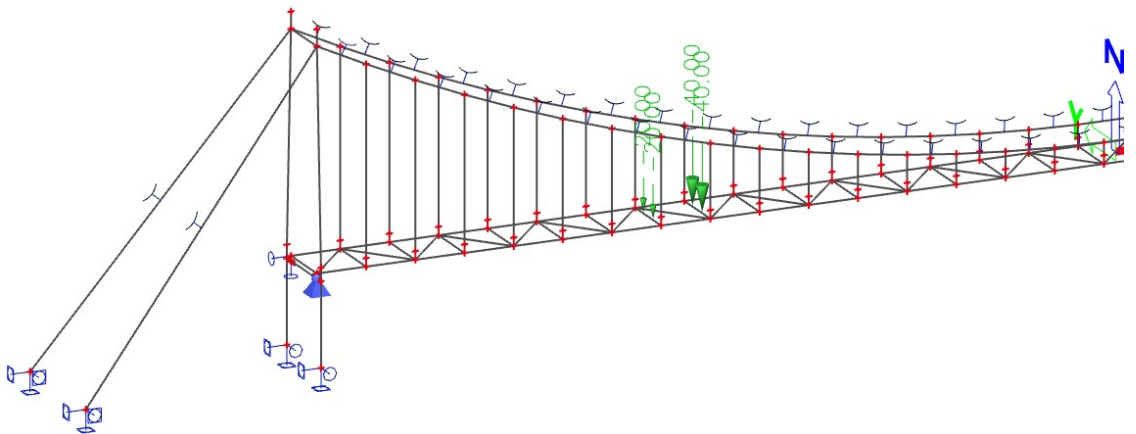
ZS12 - ZS15 - Vozidlo

4 polohy služebního vozidla vyvolávající největší účinky na prvky kce. Účinky na kci byly analyzovány na samostatném 3D modelu, kdy se normové vozidlo pohybuje po kci s krokem 3m.

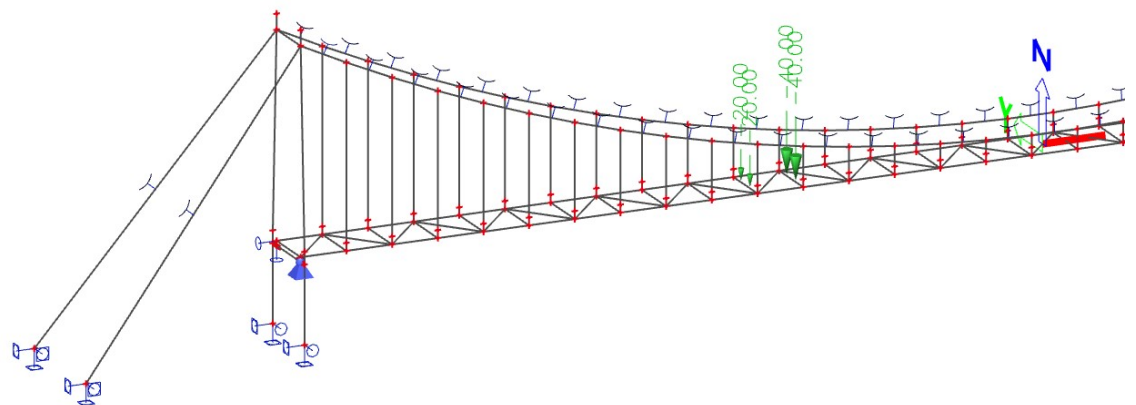
ZS12 - Vozidlo_pylon
[kN]



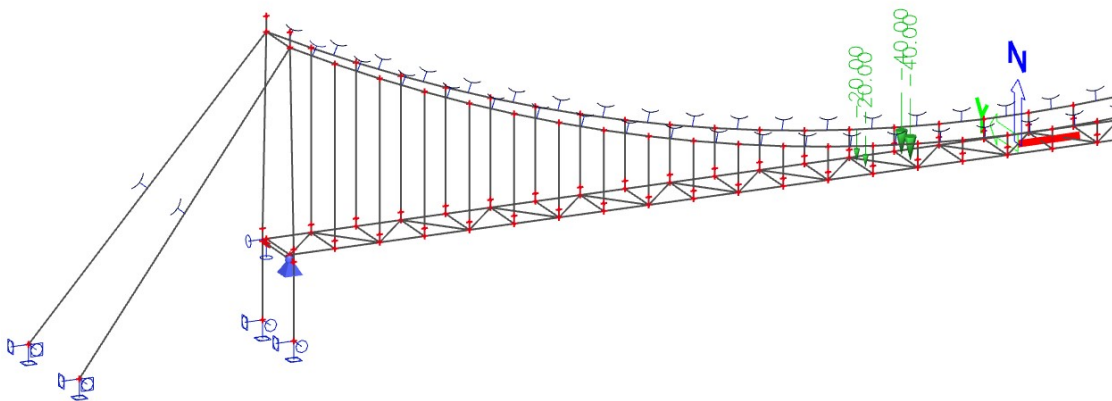
ZS13 - Vozidlo_PR_8_9
[kN]



ZS13 - Vozidlo_PR_11_12
[kN]



ZS13 - Vozidlo_PR_14_15
[kN]



2. MONTÁŽNÍ STAV

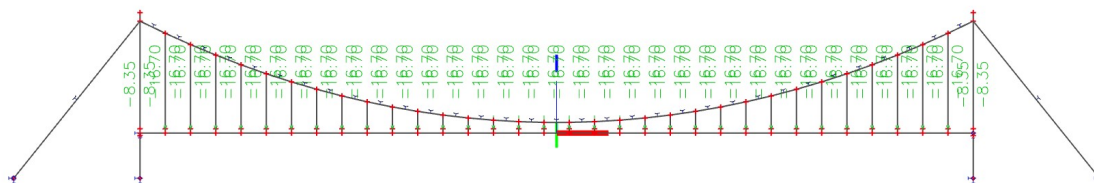
ZS1 - Vlastní tíha

Vlastní tíha ocelové konstrukce - generováno softwarem.

ZS2 - Deska

VI. tíha mokrého betonu

$$G_{c.m} = 26.5 \frac{kN}{m^3}$$



ZS3 - Předpětí_NL

Předpětí nosného lana zavedené pomocí zatížení teplotou (ochlazení).

ZS8 - Vítr_x

Zatížení větrem v podélném směru (ve směru osy x)
[kN/m]

ZS9 - Vítr_y

Zatížení větrem v příčném směru (ve směru osy y)
[kN/m, kNm]

SKUPINY ZATÍŽENÍ

1. POUŽITÉ VZTAHY VE SKUPINÁCH ZATÍŽENÍ

Výběrová - Žádné dva zatěžovací stavy ze skupiny tohoto typu se nikdy neobjeví ve stejné kombinaci.

2. VYTVOŘENÉ SKUPINY ZATÍŽENÍ

Stálá zatížení - ZS1 (Vlastní tíha), ZS2 (Ostatní stálé), ZS3 (Předpětí_NL), ZS4 (Předpětí_Z)

Chodci - Výběrová - ZS5 (Chodci_cele), ZS6 (Chodci_1/2), ZS7 (Chodci_2/2)

Vítr - Výběrová - ZS8 (Vítr_x), ZS9 (Vítr_y)

Teplota - Výběrová - ZS10 (Teplota+), ZS11 (Teplota-)

Vozidlo - Výběrová - ZS12 (Vozidlo_pylon), ZS13 (Vozidlo_PR_8_9), ZS14 (Vozidlo_PR_11_12), ZS15 (Vozidlo_PR_14_15)

KOMBINACE ZATÍŽENÍ

1. KOMBINAČNÍ SOUČINITELE

STR/GEO - Soubor B

Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Předpětí	Hlavní proměnné zatížení (*)	Vedlejší proměnná zatížení (*)	
	Nepříznivá	Příznivá			Nejúčinnější (pokud se vyskytuje)	Ostatní
(Výraz (6.10a))	$\gamma G_{j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma G_{j,inf} G_{k,j,inf}$	γ_{PP}		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(Výraz (6.10b))	$\xi \gamma G_{j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma G_{j,inf} G_{k,j,inf}$	γ_{PP}	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

	Stálá zatížení		Předpětí	Hlavní proměnné	Vedlejší proměnná zatížení
	Nepříznivá	Příznivá			
6.10.a	1,35	1,00	1	0	$1,35 \cdot 0,40 = 0,54$ - doprava $1,35 \cdot 0,6 = 0,81$ - teplota $1,50 \cdot 0,30 = 0,45$ - vítr $1,5 \cdot 0,80 = 1,2$ - sníh $1,5 \cdot 1 = 1,5$ - staveništní
6.10.b	$0,85 \cdot 1,35 = 1,15$	1,00	1	1,35 - doprava 1,50 - vítr, teplota, sníh, staveništní	$1,35 \cdot 0,40 = 0,54$ - doprava $1,35 \cdot 0,6 = 0,81$ - teplota $1,50 \cdot 0,30 = 0,45$ - vítr $1,5 \cdot 0,80 = 1,2$ - sníh $1,5 \cdot 1 = 1,5$ - staveništní

2. KOMBINACE

Zatížení větrem a zatížení teplotou se nemusí uvažovat současně.

(Kombinační pravidla pro lávky pro chodce -
- A2.2.3 normy ČSN EN 1990 ed. 2)

2.1. Sestava zatížení gr1 - chodci

2.1.1. Dominantní chodci

	Stálé zatížení	Předpětí	Chodci	Vítr	Teplota
6.10a	1,35	1,00	0,54	0,45	0
	1,00			0	0,81
6.10b	1,15	1,00	1,35	0,45	0
	1,00			0	0,81

2.1.2. Dominantní vítr

	Stálé zatížení	Předpětí	Vítr	Chodci
6.10b	1,15	1,00	1,5	0,54
	1,00			

2.1.3. Dominantní teplota

	Stálé zatížení	Předpětí	Teplota	Chodci
6.10b	1,15	1,00	1,5	0,54
	1,00			

2.2. Sestava zatížení gr2 - obslužné vozidlo

	Stálé zatížení	Předpětí	Vozidlo
6.10b	1,15	1,00	1,50
	1,00		

3. POSTUP ZADÁNÍ KOMBINACÍ

3.1. Lineární kombinace

Zadány dle tabulek výše jako typ Obálka - únosnost. Pomocí funkce Skupiny zatížení jsou tak postihnuty všechny možné varianty v rámci zadané kombinace. Celkem se jedná o 14 kombinací (obálek kombinací) na únosnost.

3.2. Nelineární kombinace - nejnebezpečnější

V první fázi nelineárních výpočtů bylo z každé obálky lineárních kombinací vzato 5 nejnebezpečnějších kombinací. Vyhodnocení nejnebezpečnějších kombinací bylo provedeno na základě lineárního výpočtu. Celkem tak bylo generováno $14 \cdot 5 = 70$ nejnebezpečnějších nelineárních kombinací na únosnost.

3.3. Nelineární kombinace - všechny nebezpečné

V další fázi po odladění nastavení parametrů výpočtu a předběžných posudcích byly vygenerovány všechny nebezpečné nelineární kombinace. Vyhodnocení nebezpečných kombinací bylo provedeno na základě lineárního výpočtu. Celkem tak bylo generováno 154 nebezpečných nelineárních kombinací na únosnost.

PARAMETRY VÝPOČTU

1. NELINEÁRNÍ VÝPOČET

Výpočet v programu SCIA Engineer 19.1

Nastavení řešiče nelineárního výpočtu

- Geometrická nelinearita - 3. řád (velké deformace)
- Metoda výpočtu - Newton-Raphson
- Počet přírůstků - 50
- Max. počet iterací - 500
- Poměr přesnosti řešiče - 1
- Poměr robustnosti řešiče - 1

Odporovaná přesnost výsledků při opakování výpočtů

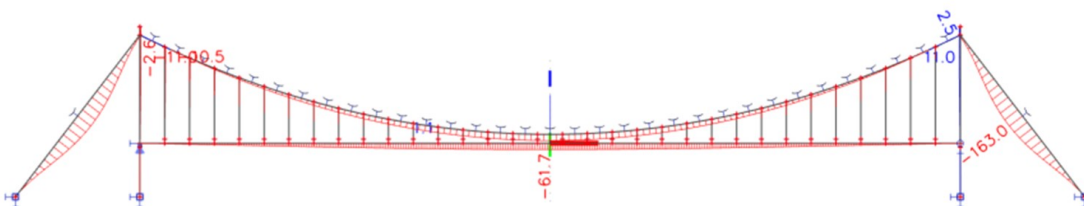
- deformace +/- 0,5mm
 - síly +/- 0,5 kN (kNm)
- => výsledky výpočtů jsou zaokrouhlovány na celé mm a kN (kNm)

2. VLIV METODY VÝPOČTU

Vliv metody výpočtu byl zkoumán na průhybu konstrukce od vlastní tíhy.

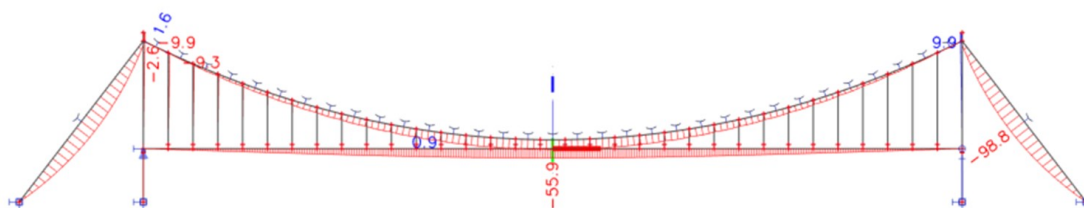
Následuje vykreslení svislých deformací v mm pro lineární výpočet a nelineární výpočet. Pro všechny metody nelineárního výpočtu byly výsledné průhyby stejné s přesností na desetinu milimetru.

Lineární výpočet



Nelineární výpočet:

Picard, Picard + Newton-Raphson, Newton-Raphson, Modifikovaná Newton-Raphson met.



Při složitějších kombinacích iteruje dobře pouze metoda Newton-Raphson a její modifikace (pro tuto konstrukci). Dle doporučení vydavatelů softwaru byla pro výpočet konstrukce obsahující lanový prvek zvolena metoda výpočtu Newton-Raphson.

VNITŘNÍ SÍLY

1. HLAVNÍ NOSNÍK

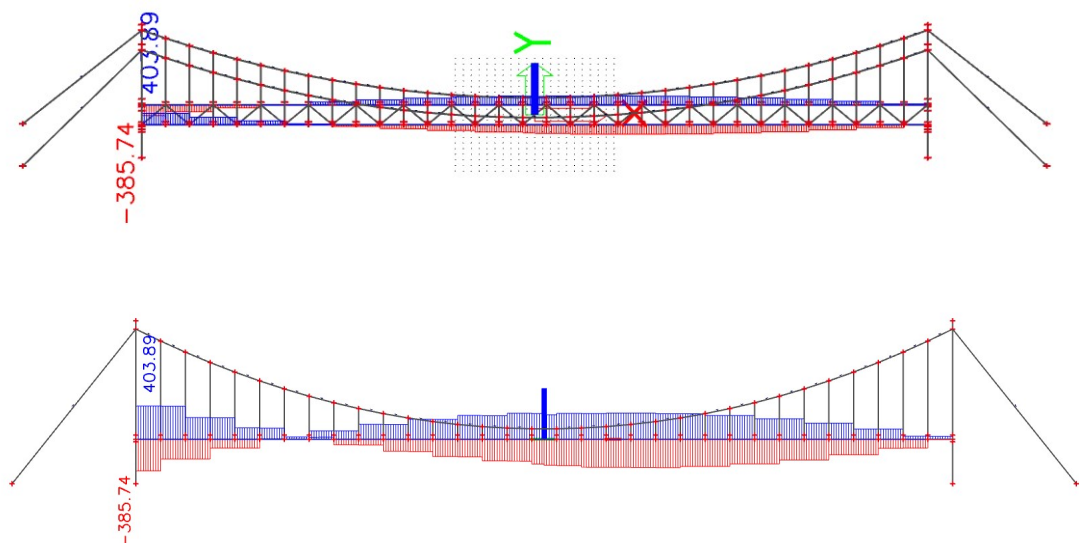
1.1. Normálová síla N

1.1.1. Maximální tah

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_C10_6.10b_1G_W_CH.2		Únosnost	ZS7 - Chodci_2/2	0.54
			ZS9 - Vitr_y	1.50
			ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé	1.00
			ZS3 - Předpětí_NL	1.00
			ZS4 - Předpětí_Z	1.00

N [kN]

$$N_{Ed.t.HN} := 404 \text{ kN}$$

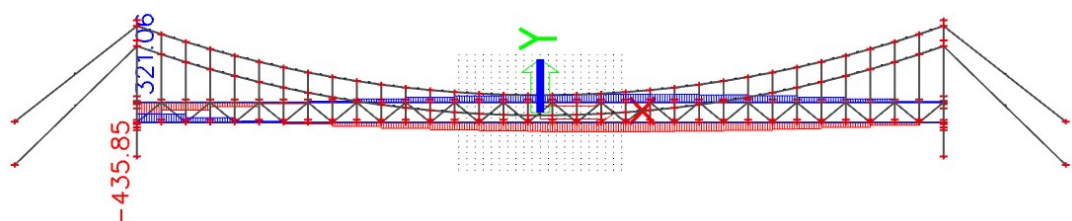


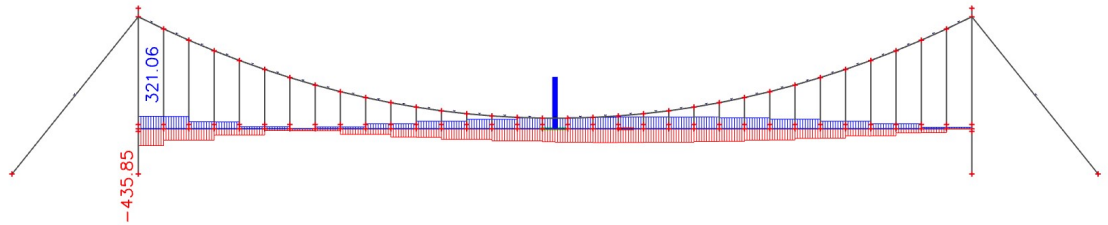
1.1.2. Maximální tlak

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_C10_6.10b_1G_W_CH.1		Únosnost	ZS6 - Chodci_1/2	0.54
			ZS9 - Vitr_y	1.50
			ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé	1.00
			ZS3 - Předpětí_NL	1.00
			ZS4 - Předpětí_Z	1.00

N [kN]

$$N_{Ed.c.HN} := -436 \text{ kN}$$



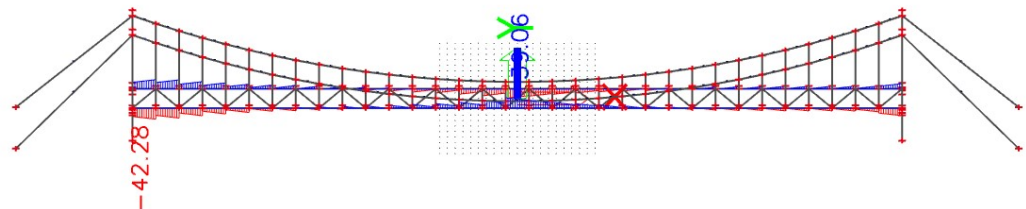


1.2. Posouvající síla Vz

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_C6_6.10b_1G_CH_W.2		Únosnost	ZS7 - Chodci_2/2	1.35
			ZS9 - Vitr_y	0.45
			ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé	1.00
			ZS3 - Předpětí_NL	1.00
			ZS4 - Předpětí_Z	1.00

Vz [kN]

$$V_{z,Ed,HN} := 42 \text{ kN}$$

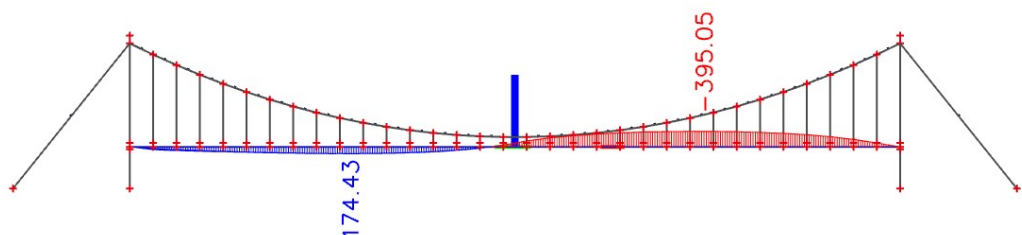
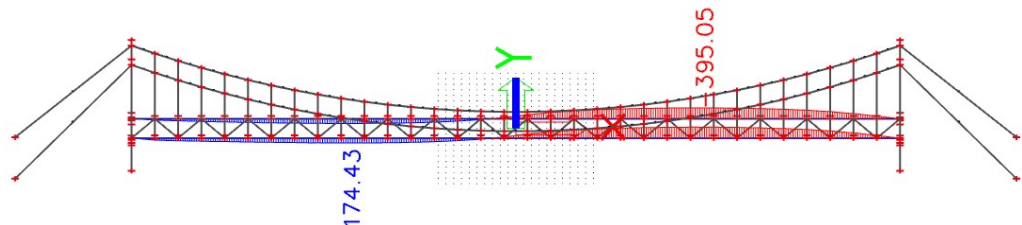


1.3. Ohybový moment My

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_C8_6.10b_1G_CH_T.5		Únosnost	ZS6 - Chodci_1/2	1.35
			ZS11 - Teplota-	0.81
			ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé	1.00
			ZS3 - Předpětí_NL	1.00
			ZS4 - Předpětí_Z	1.00

My [kNm]

$$M_{y,Ed,HN} := 395 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

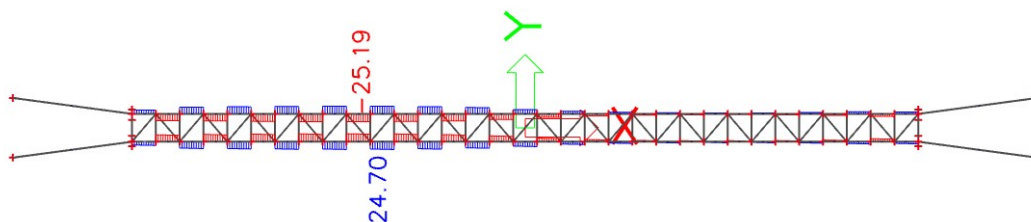


1.4. Posouvající síla Vy

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.1		Únosnost	ZS6 - Chodci_1/2	1.35
			ZS9 - Vítr_y	0.45
			ZS1 - Vlastní tíha	1.15
			ZS2 - Ostatní stálé	1.15
			ZS3 - Předpětí_NL	1.00
			ZS4 - Předpětí_Z	1.00

Vy [kN]

$$V_{y.Ed.HN} := 25 \text{ kN}$$

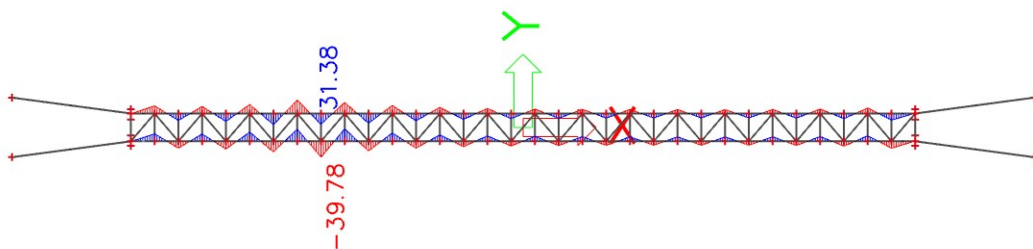


1.5. Ohybový moment Mz

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.4		Únosnost	ZS13 - Vozidlo_PR_8_9	1.50
			ZS1 - Vlastní tíha	1.15
			ZS2 - Ostatní stálé	1.15
			ZS3 - Předpětí_NL	1.00
			ZS4 - Předpětí_Z	1.00

Mz [kNm]

$$M_{z.Ed.HN} := 40 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

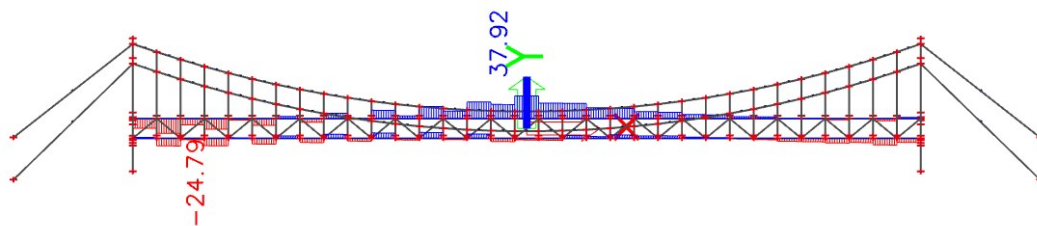


1.6. Kroutící moment Mx

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_C6_6.10b_1G_CH_W.1		Únosnost	ZS6 - Chodci_1/2	1.35
			ZS9 - Vítr_y	0.45
			ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé	1.00
			ZS3 - Předpětí_NL	1.00
			ZS4 - Předpětí_Z	1.00

M_x [kNm]

$M_{x.Ed.HN} := 38 \text{ kN} \cdot \text{m}$



1.7. Přehled kritických vnitřních sil

Návrhové vnitřní síly							
Průřez	Stav	NEd [kN]	Vz.Ed [kN]	My.Ed [kNm]	Vy.Ed [kN]	Mz.Ed [kNm]	Mx.Ed [kNm]
RHS500/300/20.0	NK_C10_6.10b_1G_W_CH.2	404	-34	11	9	20	5
RHS500/300/20.0	NK_C6_6.10b_1G_CH_W.2	243	-42	-52	6	16	5
RHS500/300/20.0	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.2	93	-4	157	24	37	8
RHS500/300/20.0	NK_C6_6.10b_1G_CH_W.1	82	28	-33	12	22	38
RHS500/300/20.0	NK_C8_6.10b_1G_CH_T.5	-23	6	-395	-1	2	4
RHS500/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.2	-41	41	95	18	-27	30
RHS500/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.5	-43	-29	202	-17	26	-33
RHS500/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.4	-44	-29	216	24	-40	-20
RHS500/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.4	-51	29	217	18	26	30
RHS500/300/20.0	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.1	-103	7	173	-25	35	-5
RHS500/300/20.0	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.2	-116	-9	155	25	34	10
RHS500/300/20.0	NK_C10_6.10b_1G_W_CH.1	-436	-16	-109	9	0	-10

2. NOSNÉ LANO

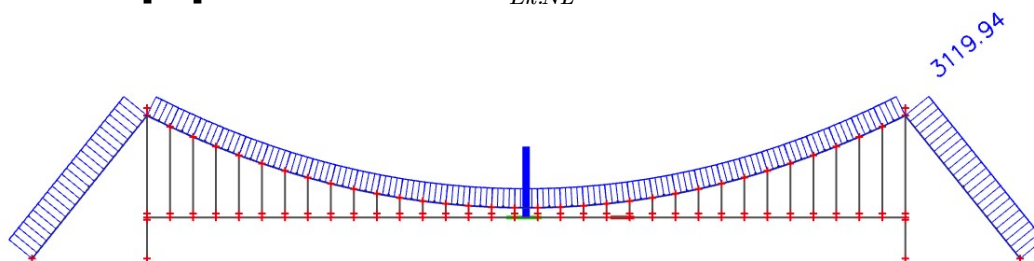
2.1. Normálová síla N

2.1.1 Max N v MSP

Stálé + předpětí + chodci_celé + Teplota-

N [kN]

$N_{Ek.NL} := 3174 \text{ kN}$

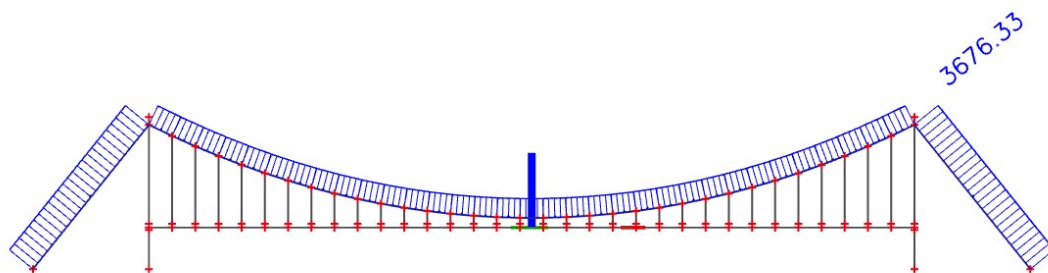


2.1.1 Max N v MSÚ

Průřez	Stav	Únosnost	ZS - Chodci_cele	ZS11 - Teplota-	ZS1 - Vlastní tíha	ZS2 - Ostatní stálé	ZS3 - Předpětí_NL	ZS4 - Předpětí_Z
NK_C7_6.10b_1.15G_CH_T.4			1.35	0.81	1.15	1.15	1.00	1.00

N [kN]

$$N_{Ed.NL} := 3676 \text{ kN}$$



3. ZÁVĚSY

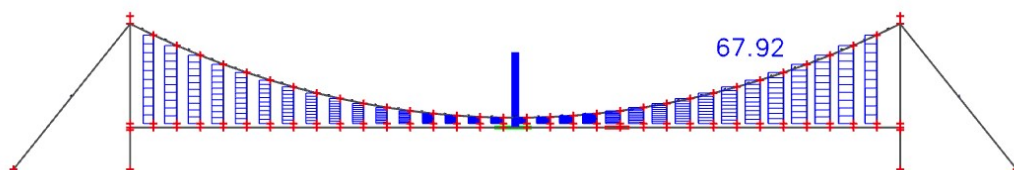
3.1. Normálová síla N

3.1.1. Maximální normálová síla

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_C7_6.10b_1.15G_CH_T.3		Únosnost	ZS7 - Chodci_2/2	1.35
			ZS11 - Teplota-	0.81
			ZS1 - Vlastní tíha	1.15
			ZS2 - Ostatní stálé	1.15
			ZS3 - Předpětí_NL	1.00
			ZS4 - Předpětí_Z	1.00

N [kN]

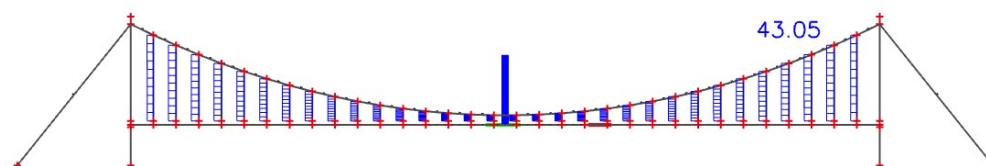
$$N_{Ed.Z} := 68 \text{ kN}$$



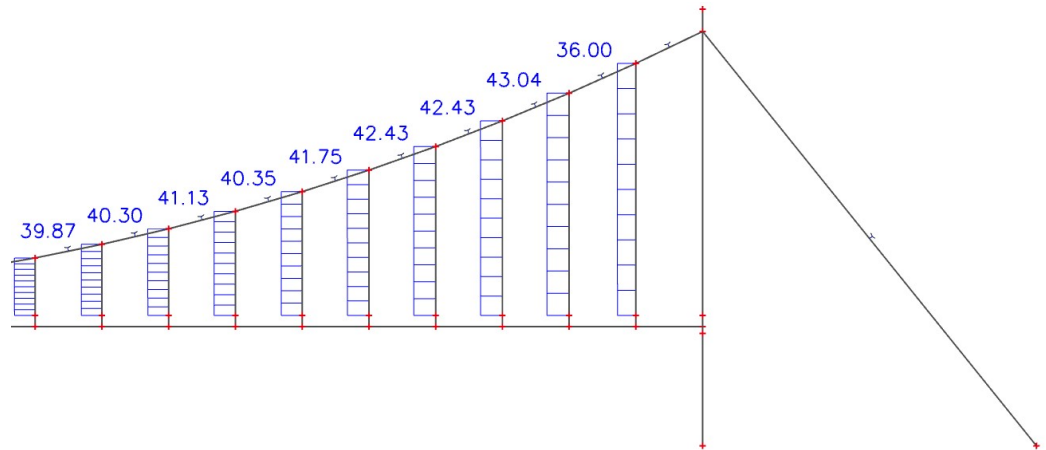
3.1.2. Minimální normálová síla

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_C12_6.10b_1G_T_CH.6		Únosnost	ZS11 - Teplota-	1.50
			ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé	1.00
			ZS3 - Předpětí_NL	1.00
			ZS4 - Předpětí_Z	1.00

N [kN]



$$N_{Z.min} := 36 \text{ kN} > 0 \text{ OK}$$



4. PŘÍČNÍK

Viz MSÚ 4.3.

5. DESKA

Viz MSÚ 5.3

6. ZTUŽIDLA

Navrhována v montážním stavu.

Kombinace zatížení:

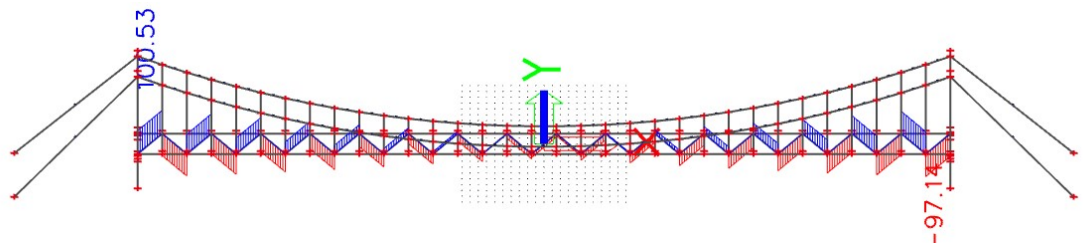
VI. tíha ocelové konstrukce + předpětí + 1,5 x vítr_y

6.1. Normálová síla N

N [kN]

$$N_{t.Ed.ZT} := 101 \text{ kN}$$

$$N_{c.Ed.ZT} := -98 \text{ kN}$$



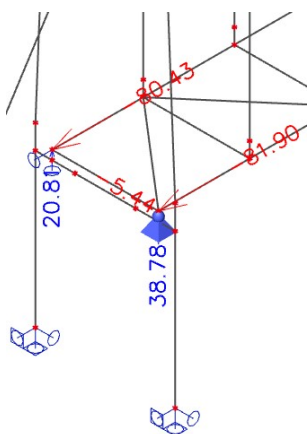
7. PYLON

Pro kombinace zatížení vyvolávající extrémní účinky na pylon (C7.4, C9.6, C9.9) byly odečteny reakce od mostovky a následně zavedeny jako zatížení na dolní příčel pylonu, viz níže. Uvažovány byly také kombinace zatížení s maximálními reakcemi od mostovky (C10.1, C10.2, C13.3).

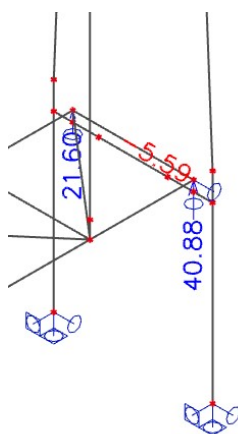
Dominantní zatížení: chodci_celé

Reakce od mostovky [kN]
Kombinace zatížení **C7.4**

P1

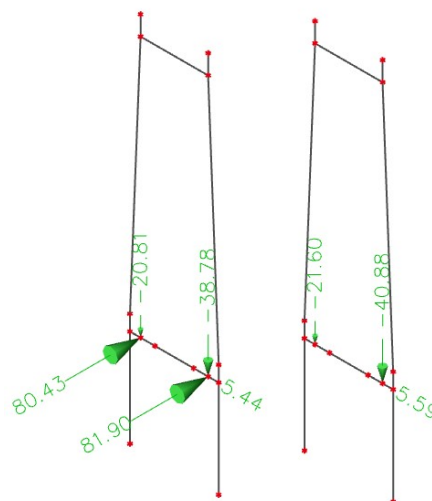


P2

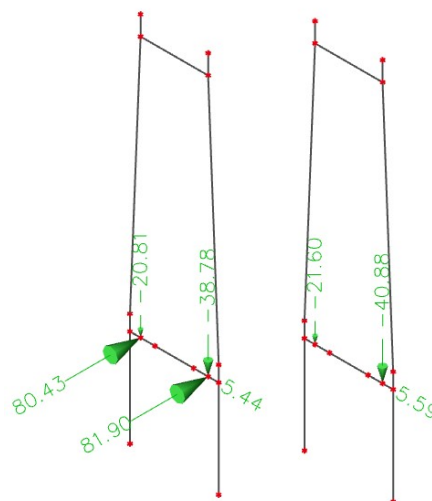


Reakce byly zadány jako zatížení do nového zatěžovacího stavu **ZS16 - Reakce_C7.4 [kN]**

P1



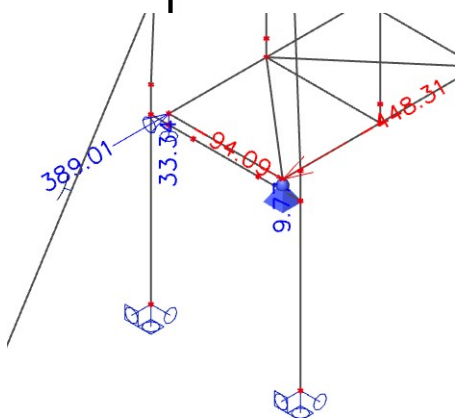
P2



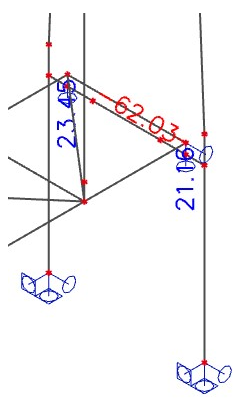
Dominantní zatížení: vítr_y

Reakce od mostovky [kN]
Kombinace zatížení **C9.6**

P1

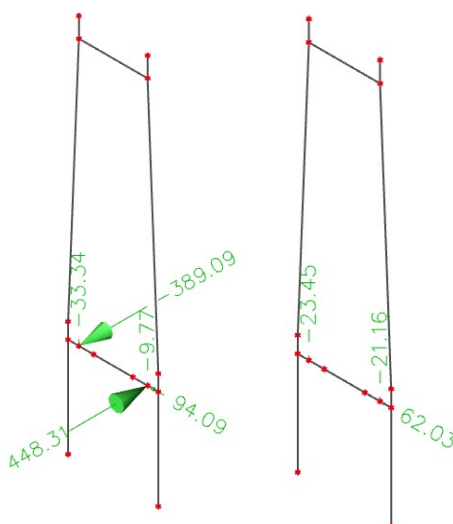


P2

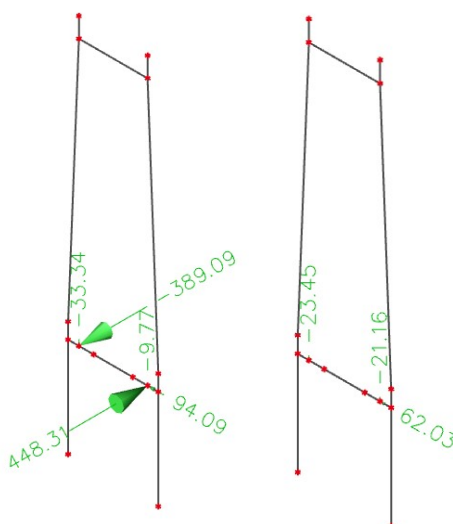


Reakce byly zadány jako zatížení do nového zatěžovacího stavu **ZS17 - Reakce_C9.6 [kN]**

P1

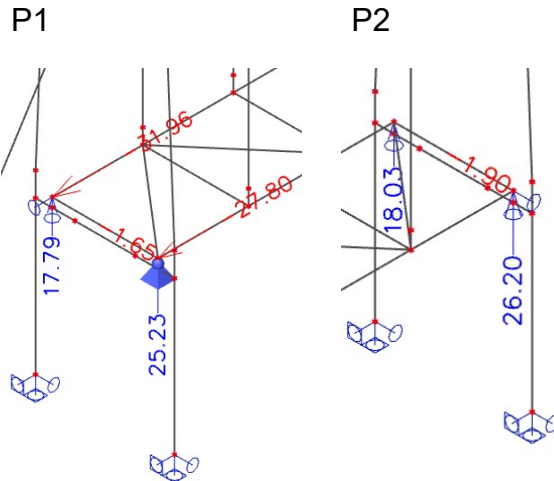


P2

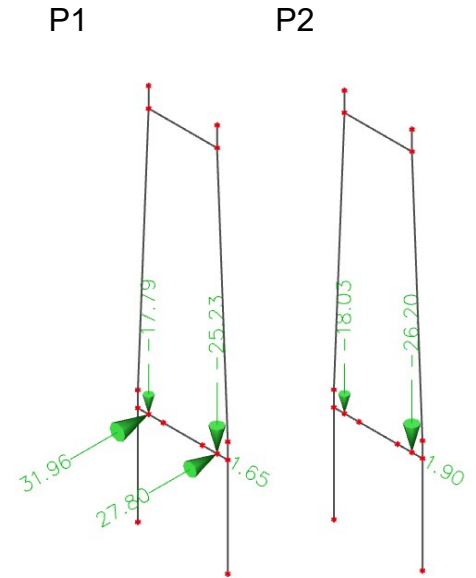


Dominantní
zatížení:
vítr_x

Reakce od mostovky [kN]
Kombinace zatížení **C9.9**

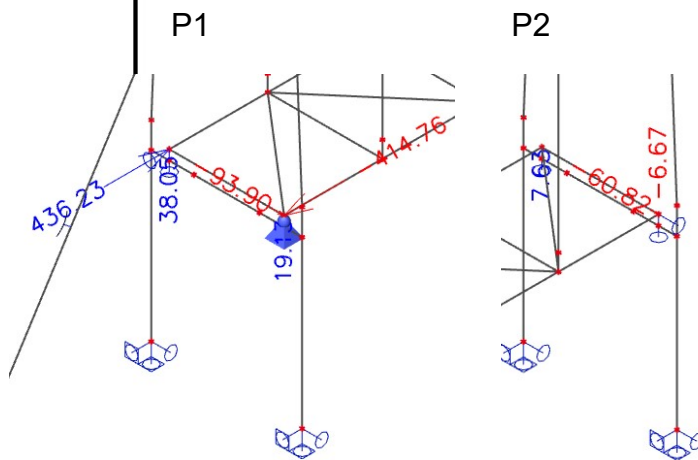


Reakce byly zadány jako zatížení
do nového zatěžovacího stavu
ZS18 - Reakce_C9.9 [kN]

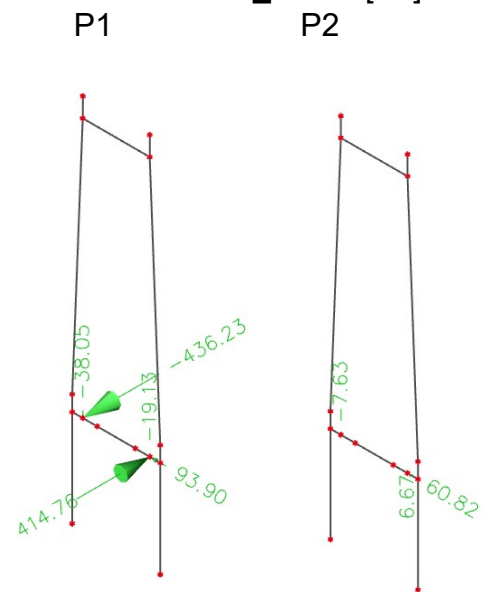


Dominantní
zatížení:
vítr_y

Reakce od mostovky [kN]
Kombinace zatížení **C10.1**



Reakce byly zadány jako zatížení
do nového zatěžovacího stavu
ZS19 - Reakce_C10.1 [kN]

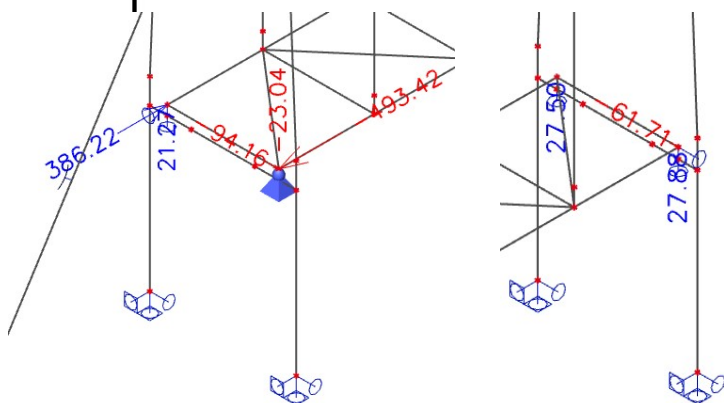


Dominantní
zatížení:
vítr_y

Reakce od mostovky [kN]
Kombinace zatížení **C10.2**

P1

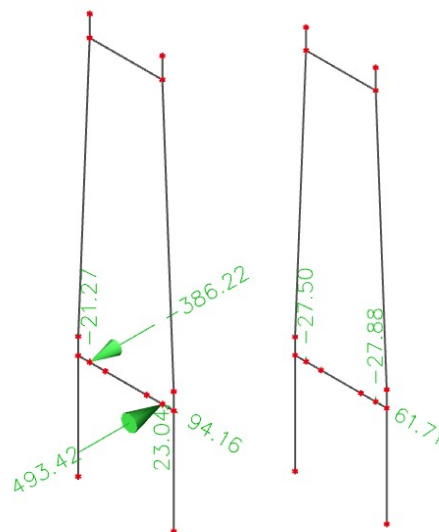
P2



Reakce byly zadány jako zatížení
do nového zatěžovacího stavu
ZS20 - Reakce_C10.2 [kN]

P1

P2

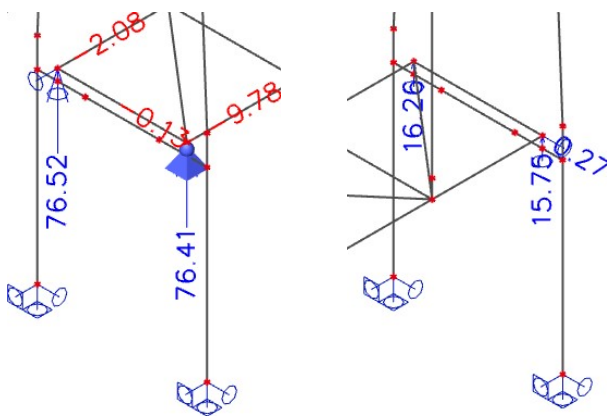


Dominantní
zatížení:
Vozidlo_pylon

Reakce od mostovky [kN]
Kombinace zatížení **C13.3**

P1

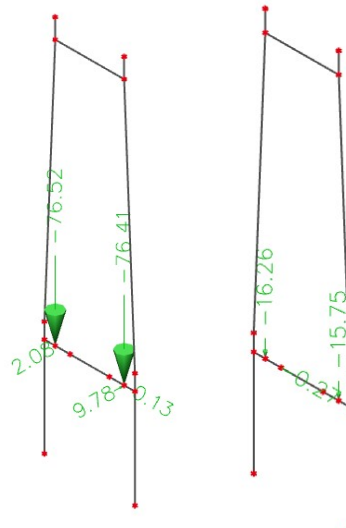
P2



Reakce byly zadány jako zatížení
do nového zatěžovacího stavu
ZS21 - Reakce_C13.3 [kN]

P1

P2



Přehled výsledných uvažovaných kombinací. Jedná se o původní kombinace pouze s přidanými reakcemi od mostovky:

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
C7.4	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.15
		ZS2 - Ostatní stálé	1.15
		ZS3 - Předpětí_NL	1.00
		ZS4 - Předpětí_Z	1.00
		ZS5 - Chodci_cele	1.35
		ZS11 - Teplota-	0.81
		ZS16 - Reakce_C7.4	1.00
C9.6	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.15
		ZS2 - Ostatní stálé	1.15
		ZS3 - Předpětí_NL	1.00
		ZS4 - Předpětí_Z	1.00
		ZS5 - Chodci_cele	0.54
		ZS9 - Vítr_y	1.50
		ZS17 - Reakce_C9.6	1.00
C9.9	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.15
		ZS2 - Ostatní stálé	1.15
		ZS3 - Předpětí_NL	1.00
		ZS4 - Předpětí_Z	1.00
		ZS5 - Chodci_cele	0.54
		ZS8 - Vítr_x	1.50
		ZS18 - Reakce_C9.9	0.00
C10.1	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
		ZS2 - Ostatní stálé	1.00
		ZS3 - Předpětí_NL	1.00
		ZS4 - Předpětí_Z	1.00
		ZS6 - Chodci_1/2	0.54
		ZS9 - Vítr_y	1.50
		ZS19 - Reakce_C10.1	1.00
C10.2	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
		ZS2 - Ostatní stálé	1.00
		ZS3 - Předpětí_NL	1.00
		ZS4 - Předpětí_Z	1.00
		ZS7 - Chodci_2/2	0.54
		ZS9 - Vítr_y	1.50
		ZS20 - Reakce_C10.2	1.00
C13.3	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.15
		ZS2 - Ostatní stálé	1.15
		ZS3 - Předpětí_NL	1.00
		ZS4 - Předpětí_Z	1.00
		ZS12 - Vozidlo_pylon	1.50
		ZS21 - Reakce_C13.3	1.00

7.1. Pylon - CHS508/32

7.1.1. Normálová síla N

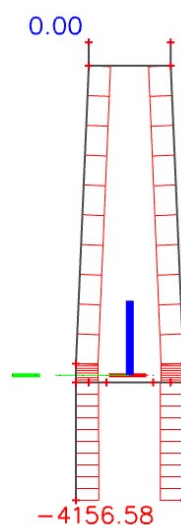
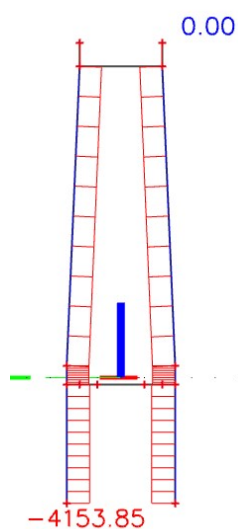
Kombinace zatížení C7.4

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
C7.4		Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.15
			ZS2 - Ostatní stálé	1.15
			ZS3 - Předpětí_NL	1.00
			ZS4 - Předpětí_Z	1.00
			ZS5 - Chodci_cele	1.35
			ZS11 - Teplota-	0.81
			ZS16 - Reakce_C7.4	1.00

N [kN]

P1

P2



$$N_{Ed.PY} := -4157 \text{ kN}$$

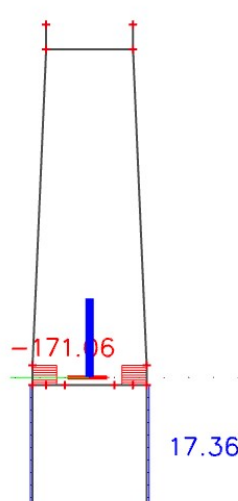
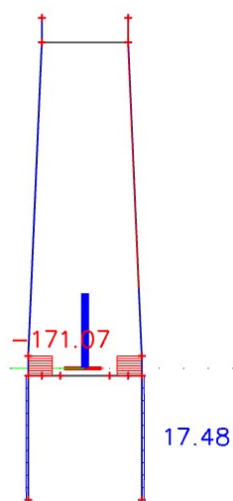
7.1.2. Posouvající síla Vz

Kombinace zatížení C7.4 viz 7.1.1.

Vz [kN]

P1

P2



$$V_{z.Ed.PY} := 171 \text{ kN}$$

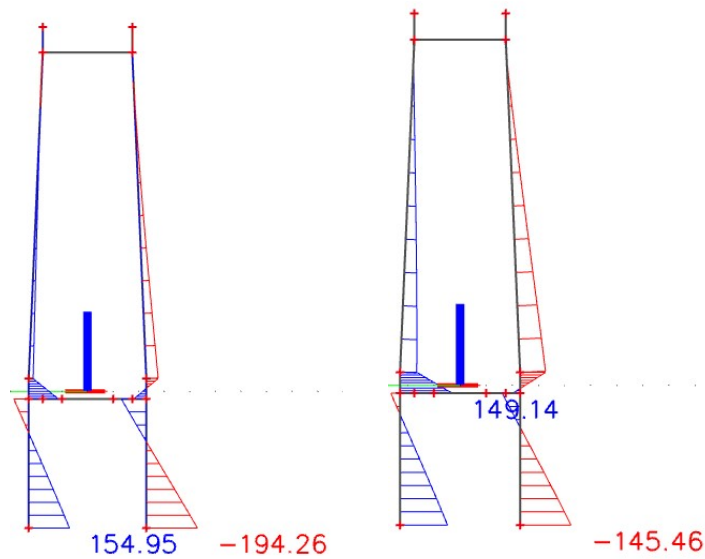
7.1.3. Ohybový moment **My**
Kombinace zatížení - C10.2

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
C10.2	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
		ZS2 - Ostatní stálé	1.00
		ZS3 - Předpětí_NL	1.00
		ZS4 - Předpětí_Z	1.00
		ZS7 - Chodci_2/2	0.54
		ZS9 - Vítr_y	1.50
		ZS20 - Reakce C10.2	1.00

My [kNm]

P1

P2



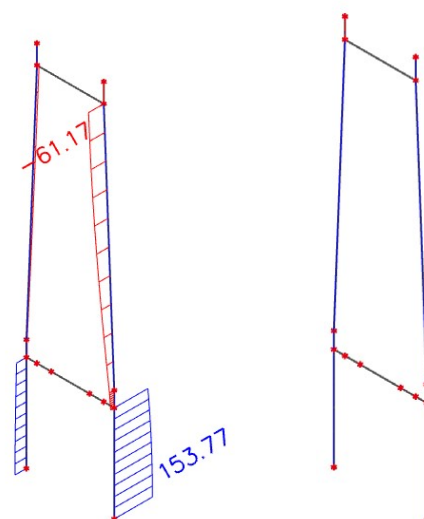
$$M_{y.Ed.PY} := 194 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

7.1.4. Posouvající síla **Vy**
Kombinace zatížení C10.2 viz 7.1.3.

Vy [kN]

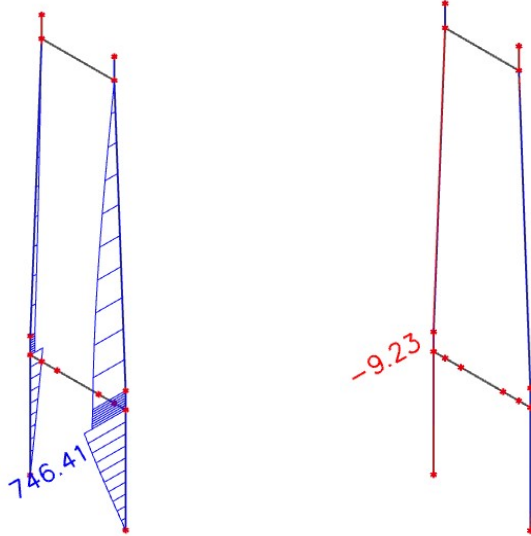
P1

P2



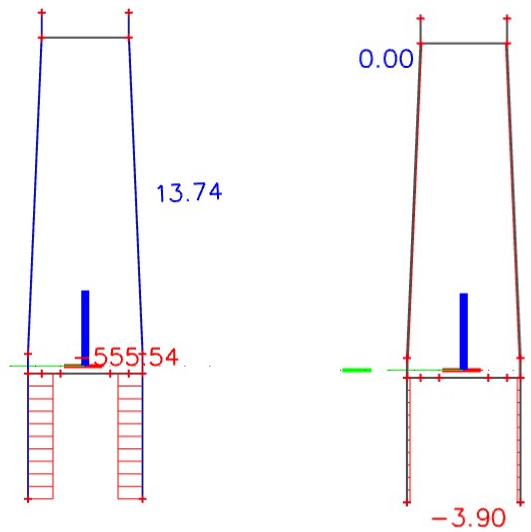
$$V_{y.Ed.PY} := 154 \text{ kN}$$

7.1.5. Ohybový moment **Mz**
 Kombinace zatížení C10.2 viz 7.1.3.
Mz [kNm]



$$M_{z.Ed.PY} := 746 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

7.1.6. Kroučící moment **Mx**
 Kombinace zatížení C10.2 viz 7.1.3.
Mx [kNm]



$$M_{x.Ed.PY} := 556 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

7.1.7. Přehled kritických vnitřních sil pro CHS508/32

Návrhové vnitřní síly							
Průřez	Stav	NEd [kN]	Vz.Ed [kN]	My.Ed [kNm]	Vy.Ed [kN]	Mz.Ed [kNm]	Mx.Ed [kNm]
CHS508.0/32.0	C10.2	-2792	56	95	135	746	-545
CHS508.0/32.0	C10.2	-2800	58	-49	149	385	-545
CHS508.0/32.0	C10.2	-2809	56	-194	154	0	-545
CHS508.0/32.0	C10.2	-2881	-42	-56	40	223	-556
CHS508.0/32.0	C9.6	-3332	-145	164	0	-8	-1
CHS508.0/32.0	C7.4	-3910	-167	-26	5	-483	19
CHS508.0/32.0	C7.4	-3913	-167	91	0	-484	19
CHS508.0/32.0	C7.4	-3993	-171	17	-4	473	-21
CHS508.0/32.0	C7.4	-4045	14	-50	-101	0	-11
CHS508.0/32.0	C7.4	-4157	17	-44	1	0	3

7.2. Dolní příčel pylonu - RHS500/300/20 na měkkou osu

7.2.1. Normálová síla N

Kombinace zatížení 9.6

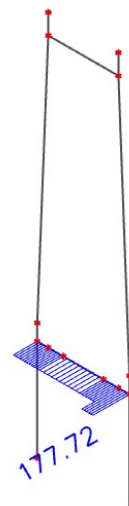
Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
C9.6	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.15
		ZS2 - Ostatní stálé	1.15
		ZS3 - Předpětí_NL	1.00
		ZS4 - Předpětí_Z	1.00
		ZS5 - Chodci_cele	0.54
		ZS9 - Vítr_y	1.50
		ZS17 - Reakce_C9.6	1.00

N [kN]

P1



P2



$$N_{Ed,DPP} := 195 \text{ kN}$$

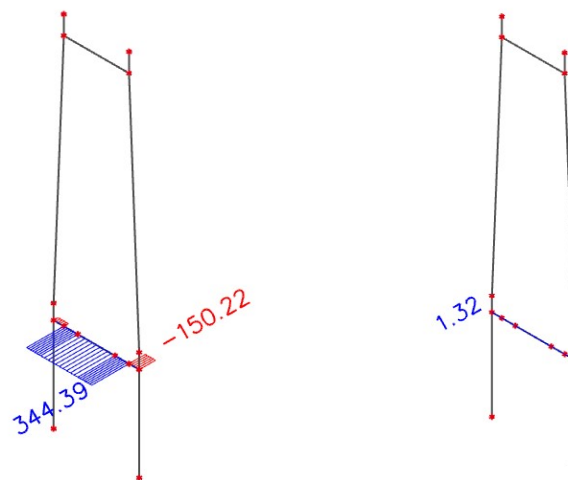
7.2.2. Posouvající síla **V_z**
Kombinace zatížení C10.2

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
C10.2	Unosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
		ZS2 - Ostatní stálé	1.00
		ZS3 - Předpětí_NL	1.00
		ZS4 - Předpětí_Z	1.00
		ZS7 - Chodci_2/2	0.54
		ZS9 - Vítr_y	1.50
		ZS20 - Reakce C10.2	1.00

V_z [kN]

P1

P2



$$V_{z.Ed.DPP} := 344 \text{ kN}$$

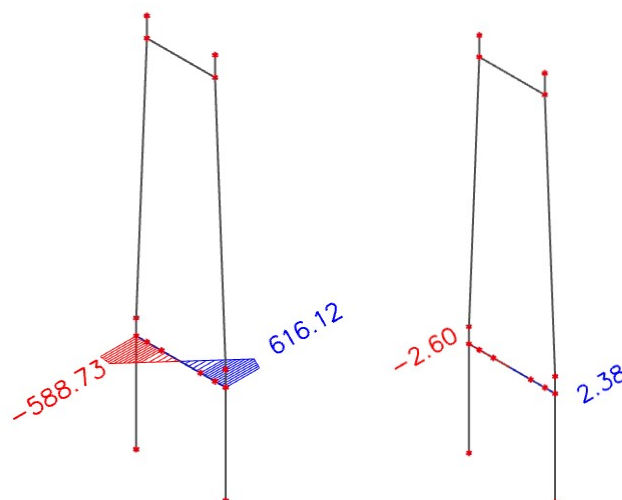
7.2.3. Ohybový moment **My**

Kombinace zatížení C10.2 viz 7.2.2.

My [kNm]

P1

P2



$$M_{y.Ed.DPP} := 616 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

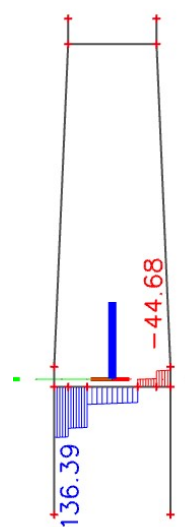
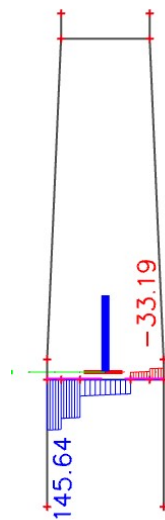
7.2.4. Posouvající síla V_y
Kombinace zatížení C9.6

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
C9.6	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.15
		ZS2 - Ostatní stálé	1.15
		ZS3 - Předpětí_NL	1.00
		ZS4 - Předpětí_Z	1.00
		ZS5 - Chodci_cele	0.54
		ZS9 - Vítr_y	1.50
		ZS17 - Reakce_C9.6	1.00

V_y [kN]

P1

P2



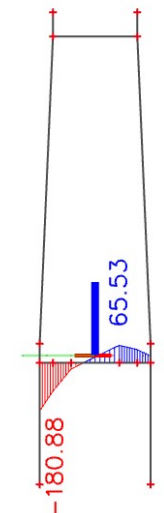
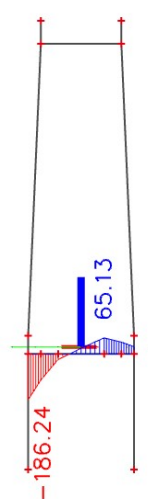
$$V_{y.Ed.DPP} := 146 \text{ kN}$$

7.2.5. Ohybový moment M_z
Kombinace zatížení C9.6 viz 7.2.4.

M_z [kNm]

P1

P2



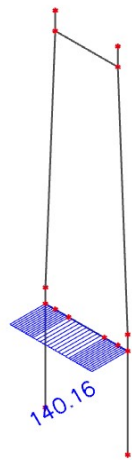
$$M_{z.Ed.DPP} := 186 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

7.2.6. Krouticí moment **M_x**
Kombinace zatížení C10.2

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
C10.2	Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.00
		ZS2 - Ostatní stálé	1.00
		ZS3 - Předpětí_NL	1.00
		ZS4 - Předpětí_Z	1.00
		ZS7 - Chodci_2/2	0.54
		ZS9 - Vítr_y	1.50
		ZS20 - Reakce C10.2	1.00

M_x [kNm]

P1



P2



$$M_{x.Ed.DPP} := 140 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

7.2.7. Přehled kritických vnitřních sil pro RHS500/300/20

Návrhové vnitřní síly							
Průřez	Stav	NEd	Vz.Ed	My.Ed	Vy.Ed	Mz.Ed	Mx.Ed
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]
RHS500/300/20	C9.6	195	-116	526	-33	30	137
RHS500/300/20	C7.4	187	-1	-2	-139	-111	-2
RHS500/300/20	C7.4	181	-1	1	88	-3	-2
RHS500/300/20	C10.2	171	-150	534	4	47	140
RHS500/300/20	C10.2	171	-150	616	5	45	140
RHS500/300/20	C9.6	102	-56	-544	146	-186	137
RHS500/300/20	C10.1	85	334	331	42	66	135
RHS500/300/20	C10.2	84	344	-589	103	-101	140
RHS500/300/20	C10.2	84	344	616	-20	45	140
RHS500/300/20	C10.1	78	-103	-586	141	-103	135

7.3. Horní příčel pylonu - CHSCF139.7/3

7.3.1. Normálová síla N

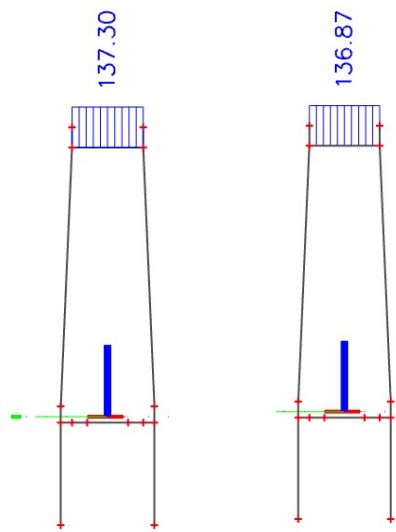
Kombinace zatížení 7.4.

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
C7.4		Únosnost	ZS1 - Vlastní tíha	1.15
			ZS2 - Ostatní stálé	1.15
			ZS3 - Předpětí_NL	1.00
			ZS4 - Předpětí_Z	1.00
			ZS5 - Chodci_cele	1.35
			ZS11 - Teplota-	0.81
			ZS16 - Reakce_C7.4	1.00

N [kN]

P1

P2



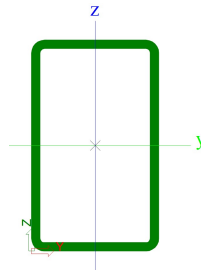
$$N_{Ed.HPP} := 137 \text{ kN}$$

MSÚ

1. HLAVNÍ NOSNÍK

1.1. Průřezové charakteristiky

A	3.0000e-02	m ²
Ay	1.1138e-02	m ²
Az	1.8563e-02	m ²
AL	1.5500e+00	m ² /m
AD	2.9710e+00	m ² /m
cYUCS	150	mm
cZUCS	250	mm
α	0.00	deg
Iy	9.8780e-04	m ⁴
Iz	4.4080e-04	m ⁴
iy	181	mm
iz	121	mm
Wely	3.9510e-03	m ³
Welz	2.9390e-03	m ³
Wply	4.8245e-03	m ³
Wplz	3.3745e-03	m ³
Mply+	1.71e+06	Nm
Mply-	1.71e+06	Nm
Mplz+	1.20e+06	Nm
Mplz-	1.20e+06	Nm
dy	0	mm
dz	0	mm
It	9.7450e-04	m ⁴
Iw	1.5000e-05	m ⁶
βy	0	mm
βz	0	mm



RHS500/300/20

$$A := 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$h := 500 \text{ mm}$$

$$b := 300 \text{ mm}$$

$$t := 20 \text{ mm}$$

$$A_{v,y} := 1.1138 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$A_{v,z} := 1.8563 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

Třída průřezu 1
Vzpěrná křivka a
 $\alpha = 0.21$

$$I_y := 9.878 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z := 4.408 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_t := 9.745 \cdot 10^{-4} \cdot \text{m}^4$$

$$W_{pl,y} := 4.8245 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$i_y := 181 \text{ mm}$$

$$W_{pl,z} := 3.3745 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$i_z := 121 \text{ mm}$$

1.2. Materiál

S355

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

1.3. Vnitřní síly

$$N_{Ed,c} := N_{Ed,c.HN} = -436 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed} := M_{x,Ed.HN} = 38 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed,t} := N_{Ed,t.HN} = 404 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} := V_{z,Ed.HN} = 42 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} := M_{y,Ed.HN} = 395 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{y,Ed} := V_{y,Ed.HN} = 25 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} := M_{z,Ed.HN} = 40 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhové vnitřní síly							
Průřez	Stav	NEd [kN]	Vz.Ed [kN]	My.Ed [kNm]	Vy.Ed [kN]	Mz.Ed [kNm]	Mx.Ed [kNm]
RHS500/300/20.0	NK_C10_6.10b_1G_W_CH.2	404	-34	11	9	20	5
RHS500/300/20.0	NK_C6_6.10b_1G_CH_W.2	243	-42	-52	6	16	5
RHS500/300/20.0	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.2	93	-4	157	24	37	8
RHS500/300/20.0	NK_C6_6.10b_1G_CH_W.1	82	28	-33	12	22	38
RHS500/300/20.0	NK_C8_6.10b_1G_CH_T.5	-23	6	-395	-1	2	4
RHS500/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.2	-41	41	95	18	-27	30
RHS500/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.5	-43	-29	202	-17	26	-33
RHS500/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.4	-44	-29	216	24	-40	-20
RHS500/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.4	-51	29	217	18	26	30
RHS500/300/20.0	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.1	-103	7	173	-25	35	-5
RHS500/300/20.0	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.2	-116	-9	155	25	34	10
RHS500/300/20.0	NK_C10_6.10b_1G_W_CH.1	-436	-16	-109	9	0	-10

$$A = 0.03 \text{ m}^2$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

1.4. Tah

1.4.1. Únosnost v tahu

$$N_{Rd.t} := A \cdot f_y = 10650 \text{ kN}$$

1.4.2. Posouzení

$$N_{Ed.t} = 404 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.t}}{N_{Rd.t}} = 0.04$$

Vyhovuje

1.5. Vzpěrný tlak

1.5.1. Odhad vzpěrné délky

a) v rovině mostovky

$$L_{cr.y} := 2 \cdot a = 6 \text{ m}, \text{ kde } a = 3 \text{ m} \text{ je vzdálenost závěsů}$$

b) kolmo na mostovku - svislý směr

$$L_{cr.z} := 2 \cdot a = 6 \text{ m}, \text{ kde } a = 3 \text{ m} \text{ je vzdálenost závěsů}$$

S355

$$\varepsilon = 0.81$$

1.5.2. Únosnost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.4$$

a) v rovině mostovky

$$\lambda_{z} := \frac{L_{cr.z}}{i_y \cdot \lambda_1} = 0.43$$

$$\phi_z := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2) = 0.62$$

$$\chi_z := \min \left(1, \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} \right) = 0.94$$

b) kolmo na mostovku

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.y}}{i_z \cdot \lambda_1} = 0.65$$

$$\phi_y := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2) = 0.76$$

$$\chi_y := \min \left(1, \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} \right) = 0.87$$

c) výsledná únosnost

$$\chi := \min(\chi_z, \chi_y) = 0.87$$

$$N_{b.Rd} := \chi \cdot A \cdot f_y = 9269.75 \text{ kN}$$

1.5.3. Posouzení

$$N_{b.Rd} = 9269.75 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.c} = -436 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.c}|}{N_{b.Rd}} = 0.05$$

Vyhovuje

$$A = 0.03 \text{ m}^2$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

1.6. Ohyb

1.6.1. Únosnost

$$M_{y.pl.Rd} := f_y \cdot W_{pl.y} = 1712.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.pl.Rd} := f_y \cdot W_{pl.z} = 1197.95 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

1.6.2. Posouzení

$$M_{y.Ed} = 395 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y.Ed}}{M_{y.pl.Rd}} = 0.23$$

Vyhovuje

$$M_{z.Ed} = 40 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{z.Ed}}{M_{z.pl.Rd}} = 0.03$$

Vyhovuje

1.7. Smyk

1.7.1. Únosnost ve smyku

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$A_{v.z} = (1.86 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$V_{z.pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 3804.66 \text{ kN}$$

$$A_{v.y} = (1.11 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2$$

$$V_{y.pl.Rd} := \frac{A_{v.y} \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 2282.84 \text{ kN}$$

1.7.2. Posouzení

$$V_{z.Ed} = 42 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z.Ed}}{V_{z.pl.Rd}} = 0.01$$

Vyhovuje

$$V_{y.Ed} = 25 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y.Ed}}{V_{y.pl.Rd}} = 0.01$$

Vyhovuje

Malý smyk

1.8. Kroucení

1.8.1. Napětí od volného kroucení

$$M_{x.Ed} = 38 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_t = (974.5 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\tau_{t.Ed} := \frac{M_{x.Ed}}{I_t} \cdot t = 0.78 \text{ MPa}$$

$$M_{x.Rd} := \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{I_t}{t} = 9986.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

1.8.2. Posouzení

$$\frac{\tau_{t.Ed}}{\frac{f_y}{\sqrt{3}}} = 0.0038$$

Vyhovuje

$$\frac{M_{x.Ed}}{M_{x.Rd}} = 0.0038$$

1.9. Podrobné posouzení všech kritických kombinací

1.9.1. Redukce únosnosti ve smyku vzhledem k účinkům kroucení

$$V_{y.pl.T.Rd} := \left(1 - \frac{\tau_{t.Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{y.pl.Rd} \quad V_{z.pl.T.Rd} := \left(1 - \frac{\tau_{t.Ed}}{f_y} \right) \cdot V_{z.pl.Rd}$$

$$\left(\frac{\tau_{t.Ed}}{\sqrt{3}} \right) \quad \left(\frac{\tau_{t.Ed}}{\sqrt{3}} \right)$$

$$\gamma_{M0} \quad \gamma_{M0}$$

$$V_{y.pl.T.Rd} := \left(1 - \frac{M_{x.Ed}}{M_{x.Rd}} \right) \cdot V_{y.pl.Rd} \quad V_{z.pl.T.Rd} := \left(1 - \frac{M_{x.Ed}}{M_{x.Rd}} \right) \cdot V_{z.pl.Rd}$$

1.9.2. Kombinace osových síly a šikmého ohybu

$$\left(\frac{M_{y.Ed}}{M_{N.y.Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z.Ed}}{M_{N.z.Ed}} \right)^\beta < 1$$

$$a_w := \frac{(A - 2 \cdot b \cdot t)}{A} = 0.6$$

$$a_f := \frac{A - 2 \cdot h \cdot t}{A} = 0.333$$

$$\eta := \frac{N_{Ed}}{N_{pl.Rd}}$$

$$N_{pl.Rd} := N_{Rd.t} = 10650 \text{ kN}$$

$$\alpha := \frac{1.66}{1 - 1.13 \cdot \eta^2} \quad \beta := \alpha$$

$$M_{N.y.Rd} := \min \left(M_{y.pl.Rd} \cdot \frac{1 - \eta}{1 - 0.5 \cdot a_w}, M_{y.pl.Rd} \right)$$

$$M_{N.z.Rd} := \min \left(M_{z.pl.Rd} \cdot \frac{1 - \eta}{1 - 0.5 \cdot a_f}, M_{z.pl.Rd} \right)$$

1.9.3. Kombinace tlaku a ohybu

$$\chi_y = 0.87$$

$$\lambda_y = 0.65$$

$$N_{Rd} := N_{pl.Rd} = 10650 \text{ kN}$$

$$\chi_z = 0.94$$

$$\lambda_z = 0.43$$

$$M_{y.Rd} := M_{y.pl.Rd} = 1712.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.Rd} := M_{z.pl.Rd} = 1197.95 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

konzervativně

$$C_{my} := 1 \quad C_{mz} := 1$$

$$k_{yy} := \min \left(C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.c}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} \right), C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.c}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} \right) \right)$$

$$k_{zz} := \min \left(C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_z - 0.6) \cdot \frac{N_{Ed.c}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} \right), C_{my} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{Ed.c}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} \right) \right)$$

$$k_{yz} := 0.6 \cdot k_{zz} \quad k_{zy} := 0.6 \cdot k_{yy} \quad \chi_{LT} := 1$$

$$\eta_{yz} := \frac{N_{Ed.c}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y.Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z.Rd}}$$

$$\eta_{zy} := \frac{N_{Ed.c}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y.Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z.Rd}}$$

Využití níže v tabulce

Návrhové vnitřní síly										Posouzení										
Průřez	Stav	NEd	Vz.Ed	My.Ed	Vy.Ed	Mz.Ed	Mx.Ed	NEd	Vz.Ed	My.Ed	Vy.Ed	Mz.Ed	Mx.Ed	NEd	Vz.Ed	My.Ed	Vy.Ed	Mz.Ed	Mx.Ed	
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	NRd	Vz.pl.T.Rd	My.Rd	Vy.pl.T.Rd	Mz.Rd	Mx.Rd						
RHSS00/300/20.0	NK_C10_6.10b_1G_W_CH.2	404	-34	11	9	20	5	3.8%	0.9%	0.7%	0.4%	1.7%	0.0%							
RHSS00/300/20.0	NK_C6_6.10b_1G_CH_W.2	243	-42	-52	6	16	5	2.3%	1.1%	3.0%	0.3%	1.3%	0.1%							
RHSS00/300/20.0	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.2	93	-4	157	24	37	8	0.9%	0.1%	9.2%	1.1%	3.0%	0.1%							
RHSS00/300/20.0	NK_C6_6.10b_1G_CH_W.1	82	28	-33	12	22	38	0.8%	0.7%	1.9%	0.5%	1.8%	0.4%							
RHSS00/300/20.0	NK_C8_6.10b_1G_CH_T.5	-23	6	-395	-1	2	4	0.3%	0.1%	23.1%	0.0%	0.2%	0.0%							
RHSS00/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.2	-41	41	95	18	-27	30	0.4%	1.1%	5.5%	0.8%	2.2%	0.3%							
RHSS00/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.5	-43	-29	202	-17	26	-33	0.5%	0.8%	11.8%	0.8%	2.2%	0.3%							
RHSS00/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.4	-44	-29	216	24	-40	-20	0.5%	0.8%	12.6%	1.0%	3.3%	0.2%							
RHSS00/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.4	-51	29	217	18	26	30	0.5%	0.8%	12.7%	0.8%	2.2%	0.3%							
RHSS00/300/20.0	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.1	-103	7	173	-25	35	-5	1.1%	0.2%	10.1%	1.1%	2.9%	0.0%							
RHSS00/300/20.0	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.2	-116	-9	155	25	34	10	1.3%	0.2%	9.0%	1.1%	2.8%	0.1%							
RHSS00/300/20.0	NK_C10_6.10b_1G_W_CH.1	-436	-16	-109	9	0	-10	4.7%	0.4%	6.4%	0.4%	0.0%	0.1%							
Plastická únosnost		NE.Rd	Nb.Rd	Vz.pl.Rd	My.Rd	Vy.pl.Rd	Mz.Rd	Mx.Rd												
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]												
		10650	9270	3805	1713	2283	1198	9987												

Návrhové vnitřní síly										Posouzení - osová síla + šikmý ohyb										Posouzení - tlak + ohyb									
Průřez	Stav	NEd	Vz.Ed	My.Ed	Vy.Ed	Mz.Ed	Mx.Ed	η	α=β	M _{Ny,Rd}	M _{Nz,Rd}	My+Mz+N	C _{my}	C _{mz}	k _{Vy}	k _{Zz}	k _{Vz}	k _{Zy}	η _{Vz}	η _{Zy}									
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]								
RHSS00/300/20.0	NK_C10_6.10b_1G_W_CH.2	404	-34	11	9	20	5	0.038	1.663	1713	1198	0.1%	0	0	1	1	0.000	0.000	-	-									
RHSS00/300/20.0	NK_C6_6.10b_1G_CH_W.2	243	-42	-52	6	16	5	0.023	1.661	1713	1198	0.4%	0	0	1	1	0.000	0.000	-	-									
RHSS00/300/20.0	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.2	93	-4	157	24	37	8	0.009	1.660	1713	1198	2.2%	0	0	1	1	0.000	0.000	-	-									
RHSS00/300/20.0	NK_C6_6.10b_1G_CH_W.1	82	28	-33	12	22	38	0.008	1.660	1713	1198	0.3%	0	0	1	1	0.000	0.000	-	-									
RHSS00/300/20.0	NK_C8_6.10b_1G_CH_T.5	-23	6	-395	-1	2	4	0.002	1.660	1713	1198	8.8%	1	1	1	1	0.001	0.600	0.601	23%	14%								
RHSS00/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.2	-41	41	95	18	-27	30	0.004	1.660	1713	1198	1.0%	1	1	1	1	0.002	0.601	0.601	7%	6%								
RHSS00/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.5	-43	-29	202	-17	26	-33	0.004	1.660	1713	1198	3.0%	1	1	1	1	0.002	0.601	0.601	14%	10%								
RHSS00/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.4	-44	-29	216	24	-40	-20	0.004	1.660	1713	1198	3.6%	1	1	1	1	0.002	0.601	0.601	15%	11%								
RHSS00/300/20.0	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.4	-51	29	217	18	26	30	0.005	1.660	1713	1198	3.4%	1	1	1	1	0.002	0.601	0.601	15%	10%								
RHSS00/300/20.0	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.1	-103	7	173	-25	35	-5	0.010	1.660	1713	1198	2.5%	1	1	1	1	0.005	0.602	0.603	13%	10%								
RHSS00/300/20.0	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.2	-116	-9	155	25	34	10	0.011	1.660	1713	1198	2.1%	1	1	1	1	0.006	0.602	0.603	12%	9%								
RHSS00/300/20.0	NK_C10_6.10b_1G_W_CH.1	-436	-16	-109	9	0	-10	0.041	1.663	1713	1198	1.0%	1	1	1	1	0.021	0.607	0.613	11%	8%								
Plastická únosnost		NE.Rd	Nb.Rd	Vz.pl.Rd	My.Rd	Vy.pl.Rd	Mz.Rd	Mx.Rd	aw	af			X _V	X _Z	\bar{A}_y	\bar{A}_z													
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]			[-]	[-]	[-]	[-]													
		10650	9270	3805	1713	2283	1198	9987	0.600	0.333			0.87	0.94	0.65	0.43													

2. NOSNÉ LANO

2.1. Průřezové charakteristiky

31 sedmidrátových pramenců (lan)

1 lano:

Jmenovitý průměr	$D := 15.7 \text{ mm}$
Jmenovitá průřezová plocha	$S_n := 150 \text{ mm}^2$
Char. hodnota síly na mezi kluzu 0.1%	$F_{p0.1k.1} := 246 \text{ kN}$
Char. hodnota síly na mezi pevnosti	$F_{pk.1} := 279 \text{ kN}$

Kabel - 31 lan $n := 31$

Jmenovitá průřezová plocha	$S := n \cdot S_n = 4650 \text{ mm}^2$
Char. hodnota síly na mezi kluzu 0.1%	$F_{p0.1k} := n \cdot F_{p0.1k.1} = 7626 \text{ kN}$
Char. hodnota síly na mezi pevnosti	$F_{pk} := n \cdot F_{pk.1} = 8649 \text{ kN}$

$$D := \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} = 76.95 \text{ mm} \quad \text{náhradní průřez do modelu}$$

Kabely VSL SSI 2000 - 6-31

CABLE UNIT	NUMBER OF STRANDS	STAY			STAY PIPE		
		BREAKING LOAD AT 100% GUTS	ADMISSIBLE LOAD AT 50% GUTS	ADMISSIBLE LOAD AT 60% GUTS	SSI 2000	SSI 2000-C ØA3/thk	SSI 2000-D
		kN ①	kN ②	kN ③	mm ④	mm ④	mm ⑤
6-12	12	3,348	1,674	2,009	125/4.9	95/5.0	80/5.0
6-19	19	5,301	2,651	3,181	140/5.4	110/5.0	95/5.0
6-22	22	6,138	3,069	3,683	160/5.0	120/5.0	105/5.0
6-31	31	8,649	4,325	5,189	160/5.0	140/6.0	120/6.0
6-37	37	10,323	5,162	6,194	180/5.6	150/6.0	130/6.0

Totéž např. **DYWIDAG Multistrand Stay Cable Systems - DG-P31**

DYNA Grip® Anchorage – Technical Data

(forces calculated with strands 0.62" St 1660/1860)

Cable type*	DG-P4	DG-P7	DG-P12	DG-P19	DG-P31
No. of strands	4	7	12	19	31
Forces [kN]**					
Ultimate load at 100% GUTS	1,116	1,953	3,348	5,301	8,649
Service load at 50% GUTS for stay cables	558	977	1,674	2,651	4,325
Service load at 60% GUTS for extradosed tendons	670	1,172	2,009	3,181	5,189

2.2. Materiál

$$E_l := 195 \text{ GPa}$$

$$f_{pk} := 1860 \text{ MPa}$$

2.3. Vnitřní síly

$$N_{Ed} := N_{Ed.NL} = 3676 \text{ kN}$$

2.4. Posouzení

Předpínání na max 80% $F_{p0.1k}$

$$0.8 \cdot F_{p0.1k} = 6100.8 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{0.8 \cdot F_{p0.1k}} = 0.6$$

Vyhovuje

3. ZÁVĚSY

3.1. Průřezové charakteristiky

Konstrukční táhla Macalloy 460 - M20

$$d := 19 \text{ mm}$$

Tabulka 1: Vlastnosti táhel Macalloy ve standardním provedení a v nerez provedení

Závit	jednotka	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90*	M100*
Průměr táhla	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97
Minimální mez kluzu	kN	25	36	69	108	156	249	364	501	660	912	1204	1756	2239	2533	3172
Minimální mez pevnosti	kN	33	48	91	143	207	330	483	665	875	1209	1596	2329	2969	3358	4206
Hmotnost táhla	Kg/m	0,50	0,75	1,40	2,20	3,00	4,80	7,10	9,40	12,50	16,70	22,20	32,00	41,50	46,70	58,00



3.2. Materiál

$$E_t := 190 \text{ GPa}$$

$$N_{Rd.min} := 108 \text{ kN}$$

$$f_{y,t} := 460 \text{ MPa}$$

3.3. Vnitřní síly

$$N_{Ed} := N_{Ed,Z} = 68 \text{ kN}$$

3.4. Posouzení

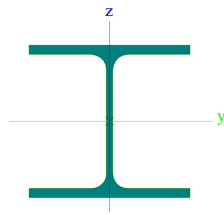
$$N_{Rd.min} = 108 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd.min}} = 0.63$$

Vyhovuje

4. PŘÍČNÍK

4.1. Průřezové charakteristiky



HEA 160

$$A := 3.88 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_y := 2.8071 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_z := 9.839 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Třída průřezu 1
Vzpěrná křivka a
 $\alpha := 0.21$

$$I_y := 1.67 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{el.y} := 2.2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl.y} := 2.45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl.z} := 1.175 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$L_p = 3.2 \text{ m}$$

$$h = 152 \text{ mm}$$

$$b = 160 \text{ mm}$$

Deska
průměrná tloušťka
 $t_p = 0.21 \text{ m}$

výška pro statický výpočet
 $h_d := 0.18 \text{ m}$

A	3.8800e-03	m ²
Ay	2.8071e-03	m ²
Az	9.8390e-04	m ²
AL	9.0600e-01	m ² /m
AD	9.0613e-01	m ² /m
cYUCS	80	mm
cZUCS	76	mm
α	0.00	deg
Iy	1.6700e-05	m ⁴
Iz	6.1600e-06	m ⁴
Iy	66	mm
Iz	40	mm
Wely	2.2000e-04	m ³
Welz	7.7000e-05	m ³
Wply	2.4500e-04	m ³
Wplz	1.1750e-04	m ³
Mply+	8.71e+04	Nm
Mply-	8.71e+04	Nm
Mplz+	4.18e+04	Nm
Mplz-	4.18e+04	Nm
dy	0	mm
dz	0	mm
It	1.2200e-07	m ⁴
Iw	3.1410e-08	m ⁶
βy	0	mm
βz	0	mm

Spolupůsobící šířka desky

L_e se určí jako vzdálenost mezi body nulového momentu. $L_e := L_p = 3.2 \text{ m}$

$$b_{e1} := \min\left(\frac{L_e}{8}, \frac{a}{2}\right) = 0.4 \text{ m}$$

$$b_{eff} := 2 \cdot b_{e1} = 0.8 \text{ m}$$

4.2. Materiál

Ocel S355
 $f_y = 355 \text{ MPa}$
 $E = 210 \text{ GPa}$

Beton C30/37
 $f_{cd} = 20 \text{ MPa}$

Výztuž B500B
 $f_{ys,d} = 434.78 \text{ MPa}$

4.3. Vnitřní síly

4.3.1. Montážní stav

Zjednodušeně jako prostý nosník
- mokrý beton

$$G_{c,m} = 26.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$t_p = 0.21 \text{ m}$$

Liniové zatížení na příčník

$$G_s = 78.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$g_{c,m} := G_{c,m} \cdot t_p \cdot a = 16.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

na délku $L_p = 3.2 \text{ m}$

- HEA160

$$g_{HEA} := A \cdot G_s = 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$A = (3.88 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

Vzd. příčnicků
 $a = 3 \text{ m}$

- montážní zatížení
 mimo pracovní plochu

$$q_c := 0.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

na pracovní ploše 3x3m

$$q_{cp} := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

uvažuji pracovní plochu na celou délku příčnicku $L_p = 3.2 \text{ m}$

$$q_{c.m} := q_{cp} \cdot a = 4.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- návrhový moment a posouvající síla

$$6.10.a \quad M_{Ed.m} := \frac{1}{8} \cdot (1.35 (g_{c.m} + g_{HEA}) + 1.5 \cdot q_{c.m}) \cdot L_p^2 = 38.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

=6.10

$$V_{Ed.m} := \frac{1}{2} \cdot (1.35 (g_{c.m} + g_{HEA}) + 1.5 \cdot q_{c.m}) \cdot L_p = 47.52 \text{ kN}$$

4.3.2. Provozní stav

Zjednodušeně jako prostý nosník

- suchý beton

$$G_c := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Vzd. příčnicků

$a = 3 \text{ m}$

Liniové zatížení na příčnick

$t_p = 0.21 \text{ m}$

$$g_c := G_c \cdot t_p \cdot a = 15.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

na délku $L_p = 3.2 \text{ m}$

- HEA160

$$g_{HEA} := A \cdot G_s = 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_s = 78.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$A = (3.88 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

- izolace

$$G_i := 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$t_i = 0.01 \text{ m}$$

Liniové zatížení na příčnick

$$g_i := G_i \cdot t_i \cdot a = 0.33 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- stálé celkem

Liniové zatížení na příčnick

$$g_k := g_c + g_i + g_{HEA} = 16.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- chodci

$$q_{fk} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Liniové zatížení na příčnick

$$q_{fk.p} := q_{fk} \cdot a = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

m

- obslužné vozidlo

$$Q_{sv1} := 80 \text{ kN}$$

$$Q_{sv2} := 40 \text{ kN}$$

$$L_p = 3.2 \text{ m}$$

$$g_k = 16.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- charakteristický moment a posouvající síla od stálého zatížení

$$M_{Ek.g} := \frac{1}{8} g_k \cdot L_p^2 = 20.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ek.g} := \frac{1}{2} g_k \cdot L_p = 26.22 \text{ kN}$$

- charakteristický moment a posouvající síla od proměnného zatížení

$$q_{fk.p} = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ek.q} := \frac{1}{8} q_{fk.p} \cdot L_p^2 = 19.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ek.q} := \frac{1}{2} q_{fk.p} \cdot L_p = 24 \text{ kN}$$

$$Q_{sv1} = 80 \text{ kN}$$

$$M_{Ek.Q} := \frac{Q_{sv1}}{2} \cdot \frac{L_p - 1.3 \text{ m}}{2} = 38 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ek.Q} := \frac{Q_{sv1}}{2} = 40 \text{ kN}$$

- návrhový moment a posouvající síla

$$6.10.a \quad M_{y.Ed.a} := 1.35 \cdot M_{Ek.g} + 0.54 \cdot M_{Ek.Q} = 48.83 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$6.10.b \quad M_{y.Ed.b} := 1.15 \cdot M_{Ek.g} + 1.35 \cdot M_{Ek.Q} = 75.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Ed} := \max(M_{y.Ed.a}, M_{y.Ed.b}) = 75.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$6.10.a \quad V_{z.Ed.a} := 1.35 \cdot V_{Ek.g} + 0.54 \cdot V_{Ek.Q} = 56.99 \text{ kN}$$

$$6.10.b \quad V_{z.Ed.b} := 1.15 \cdot V_{Ek.g} + 1.35 \cdot V_{Ek.Q} = 84.15 \text{ kN}$$

$$V_{z.Ed} := \max(V_{z.Ed.a}, V_{z.Ed.b}) = 84.15 \text{ kN}$$

4.3.3. Z globálního modelu

zatížení chodci dle délky na kterou je uvažováno - viz Zatěžovací stavy, rozhodující je zatížení sestavou gr2

Návrhové vnitřní síly				
Průřez	Stav	NEd	Vz.Ed	My.Ed
		[kN]	[kN]	[kNm]
PR - HEA160	NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.1	-49	-2	44
PR - HEA160	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.2	-38	0	55
PR - HEA160	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.4	-38	94	-42
PR - HEA160	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.5	-37	-94	-42
PR - HEA160	NK_C10_6.10b_1G_W_CH.2	-17	-4	23
PR - HEA160	NK_C10_6.10b_1G_W_CH.1	-9	-16	11
PR - HEA160	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.3	-8	67	49
PR - HEA160	NK_C9_6.10b_1.15G_W_CH.6	49	16	15
PR - HEA160	NK_C9_6.10b_1.15G_W_CH.6	49	-24	1
PR - HEA160	NK_C10_6.10b_1G_W_CH.1	51	-18	2

$$V_{z.Ed.gm} := 94 \text{ kN}$$

4.4. Únosnost ocelového průřezu HEA160

4.4.1. Tah + tlak

$$N_{Rd} := A \cdot f_y = 1377.4 \text{ kN} \quad \text{proti vybočení držen ocelový průřez deskou}$$

4.4.2. Smyk

$$V_{z.pl.a.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 3804.66 \text{ kN}$$

4.4.3. Ohyb

$$M_{y.el.Rd.m} := f_y \cdot W_{el.y} = 78.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.pl.Rd} := f_y \cdot W_{pl.y} = 86.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

4.4. Posouzení

4.4.1. Montážní stav

Elasticky - nechci připustit plastizaci průřezu v montážním stavu
- pouze ocelový příčník HEA160

$$f_y = 0.36 \text{ GPa}$$

$$W_{el.y} = (2.2 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^3$$

$$M_{y.el.Rd.m} = 78.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.m} = 38.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z.pl.a.Rd} = 3804.66 \text{ kN}$$

$$V_{Ed.m} = 47.52 \text{ kN}$$

$$\frac{M_{Ed.m}}{M_{y.el.Rd.m}} = 0.49$$

Vyhovuje

$$\frac{V_{Ed.m}}{V_{z.pl.a.Rd}} = 0.01$$

$$\frac{g_{c.m} + g_{HEA}}{L_p} = 17 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\frac{I_y}{E} = (1.67 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^4$$

Průhyb v montážním stavu - zjednodušeně jako prostý nosník

$$w := \frac{5}{384} \frac{(g_{c.m} + g_{HEA}) L_p^4}{E \cdot I_y} = 6.62 \text{ mm}$$

OK

$$\frac{w}{L_p} = 2.07 \cdot 10^{-3}$$

4.4.2. Provozní stav

Plasticky - spřažený průřez

Zjednodušené posouzení - pouze ocelový průřez

$$M_{y.Ed} = 75.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.pl.Rd} = 86.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z.pl.Rd} := V_{z.pl.a.Rd}$$

$$V_{z.Ed} = 84.15 \text{ kN}$$

$$\frac{M_{y.Ed}}{M_{y.pl.Rd}} = 0.87$$

Vyhovuje

$$\frac{V_{z.Ed}}{V_{z.pl.Rd}} = 0.02$$

Není třeba posuzovat spřažený průřez - zatížení přeneše ocelový průřez

Spřažený průřez
předpoklad - neutrální osa v desce

HEA160

$$A_a := A = (3.88 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^2$$

$$h = 152 \text{ mm}$$

deska

$$b_{eff} = 0.8 \text{ m}$$

$$h_d = 180 \text{ mm}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$N_a := A_a \cdot f_y = 1377.4 \text{ kN}$$

$$x := \frac{f_y \cdot A_a}{0.85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff}} = 101 \text{ mm}$$

$$N_c := 0.85 \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot x = 1377.4 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

$$M_{y.pl.Rd} := N_a \cdot \left(\frac{h}{2} + (h_d - x) \right) = 213.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Ed} = 75.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y.Ed}}{M_{y.pl.Rd}} = 0.35$$

Vyhovuje

Smyková síla - pouze ocelový průřez - viz výše

4.4.3. Globální model

Zjednodušené posouzení - pouze ocelový průřez

Ocel	Dílec	dx [m]		Stav	NEd [kN]	Vz.Ed [kN]	My.Ed [kNm]	NEd NRd	Vz.Ed Vz.pl.Rd	My.Ed My.Rd
PR - HEA160	B162	0	přípoj - pouze ocel	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.4	-38	94	-42	2.7%	2.5%	48.1%
PR - HEA160	B137	0		NK_C9_6.10b_1.15G_W_CH.6	49	16	15	3.6%	0.4%	17.7%
PR - HEA160	B159	3.5		NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.5	-37	-94	-42	2.7%	2.5%	48.3%
PR - HEA160	B137	3.5		NK_C9_6.10b_1.15G_W_CH.6	49	-24	1	3.6%	0.6%	1.6%
PR - HEA160	B170	3.5		NK_C10_6.10b_1G_W_CH.1	-9	-16	11	0.6%	0.4%	12.9%
PR - HEA160	B170	1.1	spřažený průřez	NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.3	-8	67	49	0.6%	1.7%	22.9%
PR - HEA160	B161	1.75		NK_C5_6.10b_1.15G_CH_W.1	-49	-2	44	3.6%	0.1%	20.4%
PR - HEA160	B156	1.75		NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.2	-38	0	55	2.7%	0.0%	25.6%
PR - HEA160	B168	1.75		NK_C10_6.10b_1G_W_CH.2	-17	-4	23	1.2%	0.1%	10.9%
PR - HEA160	B137	3.15		NK_C10_6.10b_1G_W_CH.1	51	-18	2	3.7%	0.5%	0.7%
						NRd [kN]	Vz.pl.Rd [kN]	My.Rd.a [kNm]	My.Rd.sp [kNm]	Vyhovuje
					1377	3805	87	213		

$$V_{z.Ed} := 94 \text{ kN}$$

4.5. Spřažení

4.5.1. Materiál + průřez

Trny
S235

$$f_{yt} := 235 \text{ MPa}$$

$$f_{ut} := 360 \text{ MPa}$$

Deska
C30/37

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 32 \text{ GPa}$$

rozměry trnu

$$h_{sc} := 100 \text{ mm}$$

$$d_t := 19 \text{ mm} \quad \frac{h_{sc}}{d_t} = 5.26$$

$$\Rightarrow \alpha := 1$$

$$\gamma_{MV} := 1.25$$

4.5.2. Únosnost trnu

$$f_{ut} = 360 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 1$$

$$\gamma_{MV} = 1.25$$

$$P_{Rk.1} := 0.8 \cdot f_{ut} \cdot \frac{\pi \cdot d_t^2}{4} = 81.66 \text{ kN}$$

$$P_{Rk.2} := 0.29 \cdot \alpha \cdot d_t^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} = 102.57 \text{ kN}$$

$$P_{Rk} := \min(P_{Rk.1}, P_{Rk.2}) = 81.66 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} := \frac{P_{Rk}}{\gamma_{MV}} = 65.33 \text{ kN}$$

4.5.3. Ideální průřez

$$E_{cm} = 32 \text{ GPa}$$

$$E_a := E = 210 \text{ GPa}$$

$$n := \frac{E_a}{E_{cm}} = 6.56 \quad \text{pracovní součinitel}$$

$$b_{eff} = 800 \text{ mm}$$

$$h_d = 180 \text{ mm}$$

$$h_a := h = 152 \text{ mm}$$

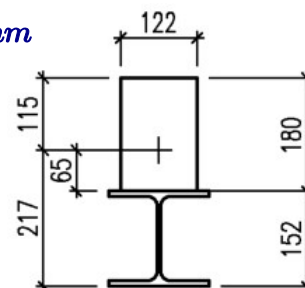
$$b_i := \frac{b_{eff}}{n} = 121.9 \text{ mm}$$

$$h := h_d + h_a = 332 \text{ mm}$$

$$z_{td} := 217.07 \text{ mm}$$

$$z_{th} := h - z_{td} = 114.93 \text{ mm}$$

$$I_i := 166768233.5726 \text{ mm}^4$$



Statický moment setrvačnosti desky k těžišti průřezu

$$S_i := b_i \cdot h_d \cdot \left(z_{th} - \frac{h_d}{2} \right) = 547035.43 \text{ mm}^3$$

4.5.4. Návrh spřažení

$$5 \cdot d_t = 95 \text{ mm} \quad \text{minimální rozteč trnů}$$

$$\frac{L_p}{5 \cdot d_t} = 33.68 \quad \text{max počet trnů}$$

$$V_{z.Ed} = 94 \text{ kN}$$

$$V_{l.Ed} := V_{z.Ed} \cdot \frac{S_i}{I_i} = 308.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$e := 200 \text{ mm}$$

$$V_{l.Ed} \cdot e = 61.67 \text{ kN}$$

$$P_{Rd} = 65.33 \text{ kN}$$

Vyhovuje

$$\frac{V_{l.Ed} \cdot e}{P_{Rd}} = 0.94$$

Průřez s návrhovým momentem - střed rozpětí

$$M_{y.Ed} = 75.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_h := \frac{M_{y.Ed}}{I_i} \cdot z_{th} \cdot \frac{1}{n} = 7.92 \text{ MPa} < f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d := \frac{M_{y.Ed}}{I_i} \cdot z_{td} = 98.17 \text{ MPa} < f_y = 355 \text{ MPa}$$

=> elastické chování

Navrhuji spřahovací trny $d_t = 0.02 \text{ m}$ $h_{sc} = 100 \text{ mm}$ po $e = 200 \text{ mm}$

5. DESKA

5.1. Průřezové charakteristiky

průměrná tloušťka

$$t_p = 0.21 \text{ m}$$

výška pro statický výpočet

$$h_d := 0.18 \text{ m}$$

5.2. Materiál

Beton C30/37

$$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$$

Výztuž B500B

$$f_{ys.d} = 434.78 \text{ MPa}$$

5.3. Vnitřní síly

4.3.1. Zatížení

- vl. tíha desky

$$g_c := G_c \cdot t_p \cdot b = 16.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

celkové liniové zatížení na šířku desky

$$b := L_p = 3.2 \text{ m}$$

- izolace

$$g_i := G_i \cdot t_i \cdot b = 0.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- stálé celkem

$$g_k := g_c + g_i = 17.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_c = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$t_p = 0.21 \text{ m}$$

$$G_i = 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$t_i = 0.01 \text{ m}$$

- chodci

$$q_{fk} := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot b = 16 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

4.3.2. charakteristické hodnoty vnitřních sil
deska jako spojitý nosník s podporami v místě příčníků
- po vzd. $a = 3 \text{ m}$ -> $L := a = 3 \text{ m}$

a) v poli

krajní pole spojitého nosníku

$$M_{Ek.g.pl} := \frac{1}{12} g_k \cdot L^2 = 12.86 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ek.q.pl} := \frac{1}{12} q_{fk} \cdot L^2 = 12 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ek.pl} := M_{Ek.g.pl} + M_{Ek.q.pl} = 24.86 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

b) nad podporou

vnitřní podpora

$$g_k = 17.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{fk} = 16 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ek.g.pd} := \frac{1}{10} g_k \cdot L^2 = 15.44 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ek.q.pd} := \frac{1}{10} q_{fk} \cdot L^2 = 14.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ek.pd} := M_{Ek.g.pd} + M_{Ek.q.pd} = 29.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$L = 3 \text{ m}$$

$$V_{Ek.g} := 0.6 \cdot g_k \cdot L = 30.87 \text{ kN}$$

$$V_{Ek.q} := 0.6 \cdot q_{fk} \cdot L = 28.8 \text{ kN}$$

$$V_{Ek} := V_{Ek.g} + V_{Ek.q} = 59.67 \text{ kN}$$

4.3.3. návrhové hodnoty vnitřních sil

a) v poli - krajní pole

$$6.10.a \quad M_{Ed.a.pl} := 1.35 \cdot M_{Ek.g.pl} + 0.54 \cdot M_{Ek.q.pl} = 23.85 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$6.10.b \quad M_{Ed.b.pl} := 1.15 \cdot M_{Ek.g.pl} + 1.35 \cdot M_{Ek.q.pl} = 30.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.pl} := \max(M_{Ed.a.pl}, M_{Ed.b.pl}) = 30.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

b) nad podporou - vnitřní podpora

$$6.10.a \quad M_{Ed.a.pd} := 1.35 \cdot M_{Ek.g.pd} + 0.54 \cdot M_{Ek.q.pd} = 28.62 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$6.10.b \quad M_{Ed.b.pd} := 1.15 \cdot M_{Ek.g.pd} + 1.35 \cdot M_{Ek.q.pd} = 37.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed.pd} := \max(M_{Ed.a.pd}, M_{Ed.b.pd}) = 37.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$6.10.a \quad V_{Ed.a} := 1.35 \cdot V_{Ek.g} + 0.54 \cdot V_{Ek.q} = 57.23 \text{ kN}$$

$$6.10.b \quad V_{Ed.b} := 1.15 \cdot V_{Ek.g} + 1.35 \cdot V_{Ek.q} = 74.38 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := \max(V_{Ed.a}, V_{Ed.b}) = 74.38 \text{ kN}$$

4.3.4. častá kombinace

a) v poli - krajní pole

$$M_{\text{čast.pl}} := M_{Ek.g.pl} + 0.4 \cdot M_{Ek.q.pl} = 17.66 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

b) nad podporou - vnitřní podpora

$$M_{\text{čast.pd}} := M_{Ek.g.pd} + 0.4 \cdot M_{Ek.q.pd} = 21.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{\text{čast}} := V_{Ek.g} + 0.4 \cdot V_{Ek.q} = 42.39 \text{ kN}$$

4.3.5. kvazistálá kombinace

a) v poli - krajní pole

$$M_{\text{kvazi.pl}} := M_{Ek.g.pl} = 12.86 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

b) nad podporou - vnitřní podpora

$$M_{\text{kvazi.pd}} := M_{Ek.g.pd} = 15.44 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{\text{kvazi}} := V_{Ek.g} = 30.87 \text{ kN}$$

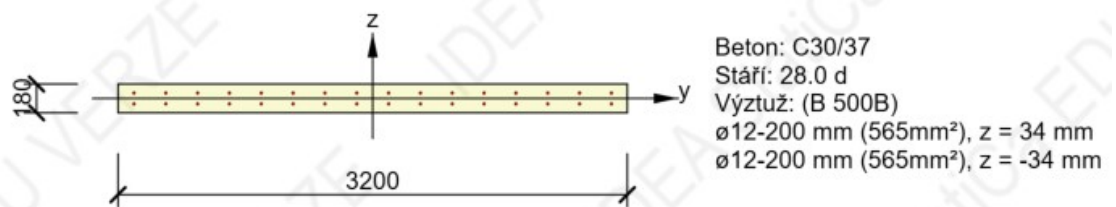
4.3.6. přehled vnitřních sil

	pole	podpora	
Ek	$M_{Ek.pl} = 24.86 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{Ek.pd} = 29.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{Ek} = 59.67 \text{ kN}$
častá	$M_{\text{čast.pl}} = 17.66 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{\text{čast.pd}} = 21.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{\text{čast}} = 42.39 \text{ kN}$
kvazi	$M_{\text{kvazi.pl}} = 12.86 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{\text{kvazi.pd}} = 15.44 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{\text{kvazi}} = 30.87 \text{ kN}$
Ed	$M_{Ed.pl} = 30.99 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$M_{Ed.pd} = 37.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$	$V_{Ed} = 74.38 \text{ kN}$

5.4. Návrh a posouzení

výstup z programu IDEA StatiCa

Vyztužený průřez: R 1



5.4.1. Podpora

Souhrn

Rozhodující typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Interakce	0.0	38.0	0.0	75.0	0.0	37.4	OK
Typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M	0.0	38.0	0.0			31.8	OK
Smyk	0.0			75.0	0.0	28.0	OK
Interakce	0.0	38.0	0.0	75.0	0.0	37.4	OK
Omezení napětí	0.0	30.0	0.0			9.5	OK
Šířka trhliny	0.0	16.0	0.0			0.0	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100.0 %





5.4.2. Pole

Souhrn

Rozhodující typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Interakce	0.0	38.0	0.0	75.0	0.0	37.4	OK
Typ posudku	N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M	0.0	38.0	0.0			31.8	OK
Smyk	0.0			75.0	0.0	28.0	OK
Interakce	0.0	38.0	0.0	75.0	0.0	37.4	OK
Omezení napětí	0.0	30.0	0.0			9.5	OK
Šířka trhliny	0.0	16.0	0.0			0.0	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100.0 %

Upozornění

Upozornění	
	Smyk je přenesen betonem, smyková výztuž je požadována z hlediska konstrukčních zásad, viz 6.2.2
	V průřezu nebyla nalezena smyková výztuž
	Přídavné poměrné přetvoření od posouvající síly nelze určit, protože není zadána smyková výztuž a tudíž není možné použít přřhradovcu analogii.
	Pro krátkodobé účinky trhliny nevznikají – v nejvíce tažených vláknech nebylo překročeno efektivní tahové napětí od dlouhodobých účinků podle čl. 7.1 (2)

Dále jsou navrženy spony $\phi := 6 \text{ mm}$

$$\alpha := \frac{\pi}{2}$$

$$d := 180 \text{ mm} - \frac{\phi}{2} = 0.18 \text{ m}$$

$$s_{max} := 0.75 \cdot d \cdot (1 + \cot(\alpha)) = 133 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow s := 100 \text{ mm}$$

a rozdělovací výztuž

$$\phi := 6 \text{ mm} \quad \text{po } 200 \text{ mm}$$

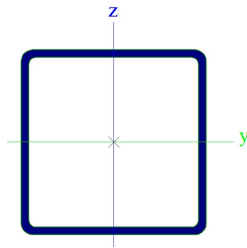
$$n := \frac{3.2 \text{ m}}{0.2 \text{ m}} = 16 \quad A_{ss} := \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot n = 452.39 \text{ mm}^2$$

$$A_{sl} := 15 \cdot \frac{(12 \text{ mm})^2 \cdot \pi}{4} = 1696.46 \text{ mm}^2 \quad \text{podélná výztuž}$$

$$0.2 \cdot A_{sl} = 339.29 \text{ mm}^2 < A_{ss} = 452.39 \text{ mm}^2$$

6. ZTUŽIDLO

6.1. Průřezové charakteristiky SHS90/90/3,6



$$A := 1230 \text{ mm}^2$$

$$I := 1.52 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$i := 35 \text{ mm}$$

$$L_{zt} := 4.61 \text{ m}$$

Třída průřezu 1
Vzpěrná křivka a
 $\alpha := 0.21$

6.2. Materiál S355

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

6.3. Vnitřní síly

Montážní stav - vl. tího OK + předpětí NL + 1,5 x Vitr_y

$$N_{Ed,t} := N_{t.Ed,ZT} = 101 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,c} := N_{c.Ed,ZT} = -98 \text{ kN}$$

6.4. Tah

6.4.1. Únosnost v tahu

$$N_{Rd,t} := A \cdot f_y = 436.65 \text{ kN}$$

6.4.2. Posouzení

$$N_{Ed,t} = 101 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,t}}{N_{Rd,t}} = 0.23$$

Vyhovuje

6.5. Vzpěrný tlak

6.5.1. Únosnost

$$L_{cr} := L_{zt} = 4.61 \text{ m}$$

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.4$$

$$\lambda_- := \frac{L_{cr}}{i \cdot \lambda_1} = 1.72$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_- - 0.2) + \lambda_-^2) = 2.15$$

$$\chi := \min \left(1, \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_-^2}} \right) = 0.29$$

$$N_{b,Rd} := \chi \cdot A \cdot f_y = 127.51 \text{ kN}$$

A	1.2300e-03	m ²
Ay	6.1500e-04	m ²
Az	6.1500e-04	m ²
AL	3.5100e-01	m ² /m
AD	6.7568e-01	m ² /m
cYUCS	45	mm
cZUCS	45	mm
α	0.00	deg
ly	1.5200e-06	m ⁴
lz	1.5200e-06	m ⁴
iy	35	mm
iz	35	mm
Wely	3.3800e-05	m ³
Welz	3.3800e-05	m ³
Wply	3.9700e-05	m ³
Wplz	3.9700e-05	m ³
Mply+	1.41e+04	Nm
Mply-	1.41e+04	Nm
Mplz+	1.41e+04	Nm
Mplz-	1.41e+04	Nm
dy	0	mm
dz	0	mm
It	2.3700e-06	m ⁴
Iw	1.7715e-09	m ⁶
βy	0	mm
βz	0	mm

6.5.2. Posouzení

$$N_{b.Rd} = 127.51 \text{ kN}$$

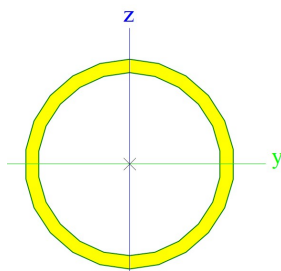
$$N_{Ed.c} = -98 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.c}|}{N_{b.Rd}} = 0.77$$

Vyhovuje

7. PYLON - CHS508/32

7.1. Průřezové charakteristiky CHS508/32



Třída průřezu 1
Vzpěrná křivka a
 $\alpha := 0.21$

$$t := 32 \text{ mm}$$

$$A := 4.79 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$A_v := 3.0464 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$I := 1.361 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$i := 169 \text{ mm}$$

$$W_{pl} := 7.1468 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$I_t := 2.723 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

A	4.7900e-02	m ²
Ay	3.0464e-02	m ²
Az	3.0464e-02	m ²
AL	1.6000e+00	m ² /m
AD	2.9906e+00	m ² /m
cYUCS	254	mm
cZUCS	254	mm
α	0.00	deg
Iy	1.3610e-03	m ⁴
Iz	1.3610e-03	m ⁴
iy	169	mm
iz	169	mm
Wely	5.3600e-03	m ³
Welz	5.3600e-03	m ³
Wply	7.1468e-03	m ³
Wplz	7.1468e-03	m ³
Mply+	2.58e+06	Nm
Mply-	2.58e+06	Nm
Mplz+	2.58e+06	Nm
Mplz-	2.58e+06	Nm
dy	0	mm
dz	0	mm
It	2.7230e-03	m ⁴
Iw	1.8758e-37	m ⁶
βy	0	mm
βz	0	mm

7.2. Materiál S355

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

7.3. Vnitřní síly

$$N_{Ed.c} := N_{Ed.PY} = -4157 \text{ kN}$$

$$M_{x.Ed} := M_{x.Ed.PY} = 556 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z.Ed} := V_{z.Ed.PY} = 171 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed} := M_{y.Ed.PY} = 194 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{y.Ed} := V_{y.Ed.PY} = 154 \text{ kN}$$

$$M_{z.Ed} := M_{z.Ed.PY} = 746 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

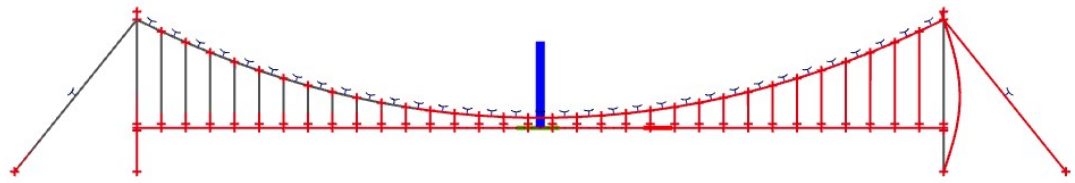
Návrhové vnitřní síly							
Průřez	Stav	NEd [kN]	Vz.Ed [kN]	My.Ed [kNm]	Vy.Ed [kN]	Mz.Ed [kNm]	Mx.Ed [kNm]
CHS508.0/32.0	C10.2	-2792	56	95	135	746	-545
CHS508.0/32.0	C10.2	-2800	58	-49	149	385	-545
CHS508.0/32.0	C10.2	-2809	56	-194	154	0	-545
CHS508.0/32.0	C10.2	-2881	-42	-56	40	223	-556
CHS508.0/32.0	C9.6	-3332	-145	164	0	-8	-1
CHS508.0/32.0	C7.4	-3910	-167	-26	5	-483	19
CHS508.0/32.0	C7.4	-3913	-167	91	0	-484	19
CHS508.0/32.0	C7.4	-3993	-171	17	-4	473	-21
CHS508.0/32.0	C7.4	-4045	14	-50	-101	0	-11
CHS508.0/32.0	C7.4	-4157	17	-44	1	0	3

7.4. Vzpěrný tlak

7.4.1. Výpočet vzpěrné délky

Pylon P2 - kombinace C7.4

$$\alpha_{cr} := 1.94$$



$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$I = (1.361 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^4$$

$$N_{Ed.c} = -4157 \text{ kN}$$

$$L_{cr} := \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{|N_{Ed.c}| \cdot \alpha_{cr}}} = 18.7 \text{ m}$$

7.4.2. Únosnost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 76.4$$

$$\lambda_- := \frac{L_{cr}}{i \cdot \lambda_1} = 1.45$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_- - 0.2) + \lambda_-^2) = 1.68$$

$$\chi := \min\left(1, \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_-^2}}\right) = 0.4$$

$$\varepsilon = 0.81$$

$$i = 169 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0.21$$

$$N_{b.Rd} := \chi \cdot A \cdot f_y = 6716.9 \text{ kN}$$

$$A = (4.79 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2$$

7.4.3. Posouzení

$$N_{b.Rd} = 6716.9 \text{ kN}$$

$$N_{Ed.c} = -4157 \text{ kN}$$

$$\frac{|N_{Ed.c}|}{N_{b.Rd}} = 0.62$$

Vyhovuje

7.5. Ohyb

7.5.1. Únosnost

$$M_{pl.Rd} := f_y \cdot W_{pl} = 2537.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$W_{pl} = (7.15 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^3$$

7.5.2. Posouzení

$$M_{y.Ed} = 194 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y.Ed}}{M_{pl.Rd}} = 0.08$$

Vyhovuje

$$M_{z.Ed} = 746 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{z.Ed}}{M_{pl.Rd}} = 0.29$$

Vyhovuje

7.6. Smyk

7.6.1. Únosnost ve smyku

$$A_v = (3.05 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2$$

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_v \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 6243.88 \text{ kN}$$

7.6.2. Posouzení

$$V_{z.Ed} = 171 \text{ kN}$$

$$V_{y.Ed} = 154 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z.Ed}}{V_{pl.Rd}} = 0.03$$

$$\frac{V_{y.Ed}}{V_{pl.Rd}} = 0.02$$

Vyhovuje

Malý smyk

Vyhovuje

7.7. Kroucení

7.7.1. Napětí od volného kroucení

$$M_{x.Ed} = 556 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\tau_{t.Ed} := \frac{M_{x.Ed}}{I_t} \cdot t = 6.53 \text{ MPa}$$

$$M_{x.Rd} := \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{I_t}{t} = 17440.76 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_t = (2.72 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^4$$

$$t = 32 \text{ mm}$$

7.7.2. Posouzení

$$\frac{\tau_{t.Ed}}{\frac{f_y}{\sqrt{3}} \gamma_{M0}} = 0.03$$

Vyhovuje

$$\frac{M_{x.Ed}}{M_{x.Rd}} = 0.03$$

7.8. Podrobné posouzení všech kritických kombinací

7.8.1. Redukce únosnosti ve smyku vzhledem k účinkům kroucení

$$V_{pl.T.Rd} := \left(1 - \frac{\tau_{t.Ed}}{\frac{f_y}{\sqrt{3}} \gamma_{M0}} \right) \cdot V_{pl.Rd}$$

$$V_{pl.T.Rd} := \left(1 - \frac{M_{x.Ed}}{M_{x.Rd}} \right) \cdot V_{pl.Rd}$$

7.8.2. Kombinace osově síly a šikmého ohybu

$$\left(\frac{M_{y.Ed}}{M_{N.y.Rd}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{z.Ed}}{M_{N.z.Ed}}\right)^\beta < 1$$

$$\eta := \frac{N_{Ed}}{N_{pl.Rd}}$$

$$N_{pl.Rd} := A \cdot f_y = 17004.5 \text{ kN}$$

$$\alpha := 2 \quad \beta := 2$$

$$M_{N.y.Rd} := M_{pl.Rd} \cdot (1 - \eta^{1.7})$$

$$M_{N.z.Rd} := M_{N.y.Rd}$$

1.9.3. Kombinace tlaku a ohybu

$$\chi_y := \chi = 0.4 \quad \lambda_{_y} := \lambda_{-} = 1.45$$

$$\chi_z := \chi = 0.4 \quad \lambda_{_z} := \lambda_{-} = 1.45$$

$$N_{Rd} := N_{pl.Rd} = 17004.5 \text{ kN}$$

$$M_{y.Rd} := M_{pl.Rd} = 2537.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{z.Rd} := M_{pl.Rd} = 2537.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

konzervativně

$$C_{my} := 1 \quad C_{mz} := 1$$

$$k_{yy} := \min\left(C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{_y} - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed.c}}{\chi_y \cdot N_{Rd}}\right), C_{my} \cdot \left(1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed.c}}{\chi_y \cdot N_{Rd}}\right)\right)$$

$$k_{zz} := \min\left(C_{mz} \cdot \left(1 + (2 \cdot \lambda_{_z} - 0.6) \cdot \frac{N_{Ed.c}}{\chi_z \cdot N_{Rd}}\right), C_{my} \cdot \left(1 + 1.4 \cdot \frac{N_{Ed.c}}{\chi_z \cdot N_{Rd}}\right)\right)$$

$$k_{yz} := 0.6 \cdot k_{zz}$$

$$k_{zy} := 0.6 \cdot k_{yy}$$

$$\chi_{LT} := 1$$

$$\eta_{yz} := \frac{N_{Ed.c}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y.Rd}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z.Rd}}$$

$$\eta_{zy} := \frac{N_{Ed.c}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y.Rd}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z.Rd}}$$

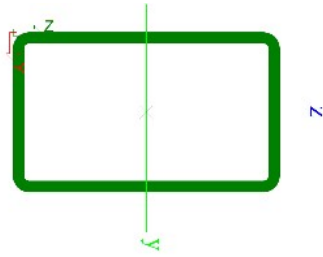
Návrhové vnitřní síly										Posouzení										
Průřez	Stav	Ned [kN]	Vz.Ed [kN]	My.Ed [kNm]	Vy.Ed [kN]	Mz.Ed [kNm]	Mx.Ed [kNm]	NEd	Vz.Ed	My.Ed	Vy.Ed	Mz.Ed	Mx.Ed	NEd	Vz.Ed	My.Ed	Vy.Ed	Mz.Ed	Mx.Ed	
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	MRd	Vpl.T.Rd	MRd	Vpl.T.Rd	MRd	Vpl.T.Rd	MRd	Vpl.T.Rd	MRd	Vpl.T.Rd	MRd	Vpl.T.Rd	
CHSS08.0/32.0	C10.2	-2792	56	95	135	746	-545	0.164	0.9%	3.7%	2.2%	29.4%	3.1%	0.9%	0.9%	3.7%	2.2%	29.4%	3.1%	
CHSS08.0/32.0	C10.2	-2800	58	-49	149	385	-545	0.165	1.0%	1.9%	2.5%	15.2%	3.1%	1.0%	1.9%	2.5%	15.2%	3.1%	3.1%	
CHSS08.0/32.0	C10.2	-2809	56	-194	154	0	-545	0.165	0.9%	7.7%	2.5%	0.0%	3.1%	0.9%	0.9%	7.7%	2.5%	0.0%	3.1%	
CHSS08.0/32.0	C10.2	-2881	-42	-56	40	223	-556	0.169	0.7%	2.2%	0.7%	8.8%	3.2%	0.7%	2.2%	0.7%	8.8%	3.2%	3.2%	
CHSS08.0/32.0	C9.6	-3332	-145	164	0	-8	-1	0.196	2.3%	6.5%	0.0%	0.3%	0.0%	2.3%	6.5%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	
CHSS08.0/32.0	C7.4	-3910	-167	-26	5	-483	19	0.230	2.7%	1.0%	0.1%	19.0%	0.1%	2.7%	1.0%	0.1%	19.0%	0.1%	0.1%	
CHSS08.0/32.0	C7.4	-3913	-167	91	0	-484	19	0.230	2.7%	3.6%	0.0%	19.1%	0.1%	2.7%	3.6%	0.0%	19.1%	0.1%	0.1%	
CHSS08.0/32.0	C7.4	-3993	-171	17	-4	473	-21	0.235	0.7%	0.7%	0.1%	18.6%	0.1%	0.7%	0.7%	0.1%	18.6%	0.1%	0.1%	
CHSS08.0/32.0	C7.4	-4045	14	-50	-101	0	-11	0.238	0.2%	2.0%	1.6%	0.0%	0.1%	0.2%	2.0%	1.6%	0.0%	0.1%	0.1%	
CHSS08.0/32.0	C7.4	-4157	17	-44	1	0	3	0.244	0.3%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Nt.Rd		Nb.Rd	Vpl.Rd	MRd	Vpl.Rd	MRd	Vpl.Rd	MRd												
Plastická únosnost		17005	6717	6244	2537	6244	2537	17441												

Návrhové vnitřní síly										Posouzení - osová síla + šikmý ohyb										Posouzení - tlak + ohyb									
Průřez	Stav	Ned [kN]	Vz.Ed [kN]	My.Ed [kNm]	Vy.Ed [kN]	Mz.Ed [kNm]	Mx.Ed [kNm]	η	α=β	M _{N,V,Rd} [kNm]	M _{N,Z,Rd} [kNm]	My+Mz+N	Cmy	Cmz	kyv	kzz	kyz	kzy	ηyz	ηzy									
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]								
CHSS08.0/32.0	C10.2	-2792	56	95	135	746	-545	0.164	2	16216	16216	0.2%	1	1	1.328	1.575	0.945	0.797	74%	90%									
CHSS08.0/32.0	C10.2	-2800	58	-49	149	385	-545	0.165	2	16212	16212	0.1%	1	1	1.329348	1.576359	0.946	0.798	58%	67%									
CHSS08.0/32.0	C10.2	-2809	56	-194	154	0	-545	0.165	2	16208	16208	0.0%	1	1	1.33042	1.578234	0.947	0.798	51%	47%									
CHSS08.0/32.0	C10.2	-2881	-42	-56	40	223	-556	0.169	2	16173	16173	0.0%	1	1	1.33881	1.592918	0.956	0.803	54%	58%									
CHSS08.0/32.0	C9.6	-3332	-145	164	0	-8	-1	0.196	2	15940	15940	0.0%	1	1	1.392	1.686	1.012	0.835	58%	55%									
CHSS08.0/32.0	C7.4	-3910	-167	-26	5	-483	19	0.230	2	15607	15607	0.1%	1	1	1.460	1.805	1.083	0.876	80%	93%									
CHSS08.0/32.0	C7.4	-3913	-167	91	0	-484	19	0.230	2	15605	15605	0.1%	1	1	1.460	1.805	1.083	0.876	83%	95%									
CHSS08.0/32.0	C7.4	-3993	-171	17	-4	473	-21	0.235	2	15556	15556	0.1%	1	1	1.470	1.822	1.093	0.882	80%	93%									
CHSS08.0/32.0	C7.4	-4045	14	-50	-101	0	-11	0.238	2	15524	15524	0.0%	1	1	1.476	1.833	1.100	0.885	62%	61%									
CHSS08.0/32.0	C7.4	-4157	17	-44	1	0	3	0.244	2	15454	15454	0.0%	1	1	1.489	1.856	1.113	0.893	64%	63%									
Nt.Rd		Nb.Rd	Vpl.Rd	MRd	Vpl.Rd	MRd	Vpl.Rd	MRd																					
Plastická únosnost		17005	6717	6244	2537	6244	2537	17441																					

8. DOLNÍ PŘÍČEL PYLONU - RHS400/200/16

8.1. Průřezové charakteristiky

RHS500/300/20 na měkkou osu



$$A := 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$h := 500 \text{ mm}$$

$$b := 300 \text{ mm}$$

$$t := 20 \text{ mm}$$

$$A_{v,y} := 1.1138 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$A_{v,z} := 1.8563 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

Třída průřezu 1

Vzpěrná křivka a

$$\alpha := 0.21$$

$$I_y := 9.878 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_z := 4.408 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_t := 9.745 \cdot 10^{-4} \cdot \text{m}^4$$

$$W_{pl,y} := 4.8245 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} := 3.3745 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$i_y := 181 \text{ mm}$$

$$i_z := 121 \text{ mm}$$

A	3.0000e-02	m ²
Ay	1.1138e-02	m ²
Az	1.8563e-02	m ²
AL	1.5500e+00	m ² /m
AD	2.9710e+00	m ² /m
cYUCS	150	mm
cZUCS	250	mm
α	0.00	deg
Iy	9.8780e-04	m ⁴
Iz	4.4080e-04	m ⁴
Iy	181	mm
Iz	121	mm
Wely	3.9510e-03	m ³
Welz	2.9390e-03	m ³
Wply	4.8245e-03	m ³
Wplz	3.3745e-03	m ³
Mply+	1.71e+06	Nm
Mply-	1.71e+06	Nm
Mplz+	1.20e+06	Nm
Mplz-	1.20e+06	Nm
dy	0	mm
dz	0	mm
It	9.7450e-04	m ⁴
Iw	1.5000e-05	m ⁶
βy	0	mm
βz	0	mm

8.2. Materiál

S355

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

8.3. Vnitřní síly

$$N_{Ed,t} := N_{Ed,DPP} = 195 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed} := M_{x,Ed,DPP} = 140 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{z,Ed} := V_{z,Ed,DPP} = 344 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} := M_{y,Ed,DPP} = 616 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{y,Ed} := V_{y,Ed,DPP} = 146 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} := M_{z,Ed,DPP} = 186 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Návrhové vnitřní síly							
Průřez	Stav	NEd	Vz.Ed	My.Ed	Vy.Ed	Mz.Ed	Mx.Ed
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]
RHS500/300/20	C9.6	195	-116	526	-33	30	137
RHS500/300/20	C7.4	187	-1	-2	-139	-111	-2
RHS500/300/20	C7.4	181	-1	1	88	-3	-2
RHS500/300/20	C10.2	171	-150	534	4	47	140
RHS500/300/20	C10.2	171	-150	616	5	45	140
RHS500/300/20	C9.6	102	-56	-544	146	-186	137
RHS500/300/20	C10.1	85	334	331	42	66	135
RHS500/300/20	C10.2	84	344	-589	103	-101	140
RHS500/300/20	C10.2	84	344	616	-20	45	140
RHS500/300/20	C10.1	78	-103	-586	141	-103	135

$$A = (3 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

8.4. Tah

8.4.1. Únosnost v tahu

$$N_{Rd.t} := A \cdot f_y = 10650 \text{ kN}$$

8.4.2. Posouzení

$$N_{Ed.t} = 195 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed.t}}{N_{Rd.t}} = 0.02$$

Vyhovuje

8.5. Ohyb

8.5.1. Únosnost

$$W_{pl.y} = (4.82 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^3$$

$$M_{y.pl.Rd} := f_y \cdot W_{pl.y} = 1712.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$W_{pl.z} = (3.37 \cdot 10^{-3}) \text{ m}^3$$

$$M_{z.pl.Rd} := f_y \cdot W_{pl.z} = 1197.95 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

8.5.2. Posouzení

$$M_{y.Ed} = 616 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{y.Ed}}{M_{y.pl.Rd}} = 0.36$$

Vyhovuje

$$M_{z.Ed} = 186 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_{z.Ed}}{M_{z.pl.Rd}} = 0.16$$

Vyhovuje

8.6. Smyk

8.6.1. Únosnost ve smyku

$$A_{v.y} = (1.11 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2$$

$$\gamma_{M0} = 1$$

$$V_{y.pl.Rd} := \frac{A_{v.y} \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 2282.84 \text{ kN}$$

$$A_{v.z} = (1.86 \cdot 10^{-2}) \text{ m}^2$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$V_{z.pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = 3804.66 \text{ kN}$$

8.6.2. Posouzení

$$V_{z.Ed} = 344 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z.Ed}}{V_{z.pl.Rd}} = 0.09$$

Vyhovuje

$$V_{y.Ed} = 146 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y.Ed}}{V_{y.pl.Rd}} = 0.06$$

Vyhovuje Malý smyk

8.7. Kroucení

8.7.1. Napětí od volného kroucení

$$M_{x.Ed} = 140 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$I_t = (974.5 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^4$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$\tau_{t.Ed} := \frac{M_{x.Ed}}{I_t} \cdot t = 2.87 \text{ MPa}$$

$$M_{x.Rd} := \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot \frac{I_t}{t} = 9986.64 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

8.7.2. Posouzení

$$\frac{\tau_{t.Ed}}{\frac{f_y}{\sqrt{3}}}$$

$$= 0.014$$

$$\frac{1}{\gamma_{M0}}$$

Vyhovuje

$$\frac{M_{x.Ed}}{M_{x.Rd}} = 0.014$$

8.8. Podrobné posouzení všech kritických kombinací

8.8.1. Redukce únosnosti ve smyku vzhledem k účinkům kroucení

$$V_{pl.T.Rd} := \left(1 - \frac{\tau_{t.Ed}}{\frac{f_y}{\sqrt{3}}} \right) \cdot V_{pl.Rd}$$

$$V_{pl.T.Rd} := \left(1 - \frac{M_{x.Ed}}{M_{x.Rd}} \right) \cdot V_{pl.Rd}$$

8.8.2. Kombinace osově síly a šikmého ohybu

$$\left(\frac{M_{y.Ed}}{M_{N.y.Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z.Ed}}{M_{N.z.Ed}} \right)^\beta < 1$$

$$a_w := \frac{(A - 2 \cdot b \cdot t)}{A} = 0.6$$

$$a_f := \frac{A - 2 \cdot h \cdot t}{A} = 0.333$$

$$\eta := \frac{N_{Ed}}{N_{pl.Rd}}$$

$$N_{pl.Rd} := N_{Rd.t} = 10650 \text{ kN}$$

$$\alpha := \frac{1.66}{1 - 1.13 \cdot \eta^2} \quad \beta := \alpha$$

$$M_{N.y.Rd} := \min \left(M_{y.pl.Rd} \cdot \frac{1 - \eta}{1 - 0.5 \cdot a_w}, M_{y.pl.Rd} \right)$$

$$M_{N.z.Rd} := \min \left(M_{z.pl.Rd} \cdot \frac{1 - \eta}{1 - 0.5 \cdot a_f}, M_{z.pl.Rd} \right)$$

Návrhové vnitřní síly										Posouzení					
Průřez	Stav	NEd	Vz.Ed	My.Ed	Vy.Ed	Mz.Ed	Mx.Ed	NEd	Vz.Ed	My.Ed	Vy.Ed	Mz.Ed	Mx.Ed		
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	NRd	Vz.pl.T.Rd	My.Rd	Vy.pl.T.Rd	Mz.Rd	Mx.Rd	
RHSS00/300/20	C9.6	195	-116	526	-33	30	137	1.8%	3.1%	30.7%	1.5%	2.5%	1.4%		
RHSS00/300/20	C7.4	187	-1	-2	-139	-111	-2	1.8%	0.0%	0.1%	6.1%	9.2%	0.0%		
RHSS00/300/20	C7.4	181	-1	1	88	-3	-2	1.7%	0.0%	0.1%	3.9%	0.3%	0.0%		
RHSS00/300/20	C10.2	171	-150	534	4	47	140	1.6%	4.0%	31.2%	0.2%	3.9%	1.4%		
RHSS00/300/20	C10.2	171	-150	616	5	45	140	1.6%	4.0%	36.0%	0.2%	3.7%	1.4%		
RHSS00/300/20	C9.6	102	-56	-544	146	-186	137	1.0%	1.5%	31.8%	6.5%	15.5%	1.4%		
RHSS00/300/20	C10.1	85	334	331	42	66	135	0.8%	8.9%	19.3%	1.9%	5.5%	1.4%		
RHSS00/300/20	C10.2	84	344	-589	103	-101	140	0.8%	9.2%	34.4%	4.6%	8.4%	1.4%		
RHSS00/300/20	C10.2	84	344	616	-20	45	140	0.8%	9.2%	36.0%	0.9%	3.7%	1.4%		
RHSS00/300/20	C10.1	78	-103	-586	141	-103	135	0.7%	2.8%	34.2%	6.3%	8.6%	1.4%		
Plastická únosnost		10650	-	3805	1713	2283	1198	9987							

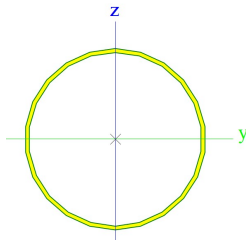
Návrhové vnitřní síly										Posouzení - osová síla + šikmý ohyb					
Průřez	Stav	NEd	Vz.Ed	My.Ed	Vy.Ed	Mz.Ed	Mx.Ed	n	α=β	M _{Ny,Rd}	M _{Nz,Rd}	M _{Vy+Mz+N}			
		[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[-]		
RHSS00/300/20	C9.6	195	-116	526	-33	30	137	0.018	1.661	1713	1198	14.3%			
RHSS00/300/20	C7.4	187	-1	-2	-139	-111	-2	0.018	1.661	1713	1198	1.9%			
RHSS00/300/20	C7.4	181	-1	1	88	-3	-2	0.017	1.661	1713	1198	0.0%			
RHSS00/300/20	C10.2	171	-150	534	4	47	140	0.016	1.660	1713	1198	14.9%			
RHSS00/300/20	C10.2	171	-150	616	5	45	140	0.016	1.660	1713	1198	18.7%			
RHSS00/300/20	C9.6	102	-56	-544	146	-186	137	0.010	1.660	1713	1198	19.5%			
RHSS00/300/20	C10.1	85	334	331	42	66	135	0.008	1.660	1713	1198	7.3%			
RHSS00/300/20	C10.2	84	344	-589	103	-101	140	0.008	1.660	1713	1198	18.6%			
RHSS00/300/20	C10.2	84	344	616	-20	45	140	0.008	1.660	1713	1198	18.7%			
RHSS00/300/20	C10.1	78	-103	-586	141	-103	135	0.007	1.660	1713	1198	18.6%			
Plastická únosnost		10650	-	3805	1713	2283	1198	9987	0.6	0.333					

9. HORNÍ PŘÍČEL PYLONU - CHSCF139.7/3

9.1. Průřezové charakteristiky CHSCF139.7/3

$$t := 3 \text{ mm}$$

$$A := 1.29 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$



A	1.2900e-03	m ²
Ay	8.2020e-04	m ²
Az	8.2020e-04	m ²
AL	4.3900e-01	m ² /m
AD	8.5887e-01	m ² /m
cYUCS	70	mm
cZUCS	70	mm
α	0.00	deg
Iy	3.0100e-06	m ⁴
Iz	3.0100e-06	m ⁴
Iy	48	mm
Iz	48	mm
Wely	4.3100e-05	m ³
Welz	4.3100e-05	m ³
Wply	5.5186e-05	m ³
Wplz	5.5186e-05	m ³
Mply+	1.99e+04	Nm
Mply-	1.99e+04	Nm
Mplz+	1.99e+04	Nm
Mplz-	1.99e+04	Nm
dy	0	mm
dz	0	mm
It	6.0200e-06	m ⁴
Iw	5.5061e-41	m ⁶
βy	0	mm
βz	0	mm

9.2. Materiál S355

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

9.3. Vnitřní síly

$$N_{Ed,t} := N_{Ed,HPP} = 137 \text{ kN}$$

9.4. Tah

9.4.1. Únosnost v tahu

$$N_{Rd,t} := A \cdot f_y = 4579.5 \text{ kN}$$

9.4.2. Posouzení

$$N_{Ed,t} = 137 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,t}}{N_{Rd,t}} = 0.03$$

Vyhovuje

10. DILATACE

10.1. Zatížení teplotou pro návrh ložisek a dilatačních spar

- **Typ 1** - Ocel (nosné lano, závěsy, pylon)

$$\Delta T_{N.exp.1} + 20 \text{ K} = 65 \text{ K}$$

$$\Delta T_{N.con.1} - 20 \text{ K} = -65 \text{ K}$$

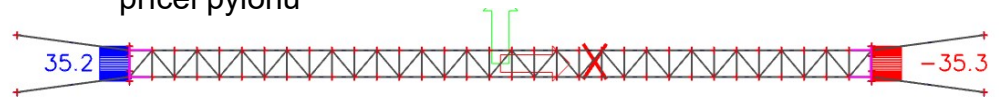
- **Typ 2** - Ocel + beton (HN, příčníky, deska)

$$\Delta T_{N.exp.2} + 20 \text{ K} = 53.5 \text{ K}$$

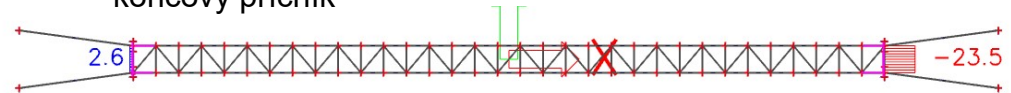
$$\Delta T_{N.con.2} - 20 \text{ K} = -57.5 \text{ K}$$

10.2. Podélná dilatace

10.2.1. Ohřátí konstrukce příčel pylonu



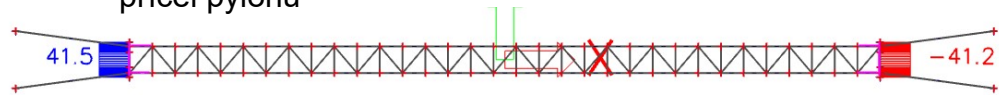
koncový příčník



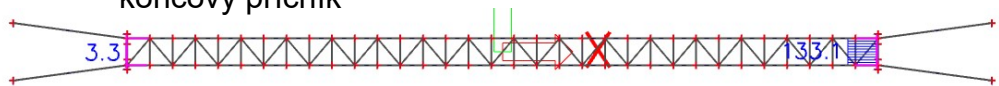
Jelikož není mostovka v modelu přímo uložena na příčel pylonu, je třeba počítat s rozdíly posunů.

$$d_{\text{leto}} := 2 \cdot 35 \text{ mm} - 26 \text{ mm} = 44 \text{ mm} \quad \text{protažení}$$

10.2.2. Ochlazení konstrukce příčel pylonu



koncový příčník



$$d_{\text{zima}} := 2 \cdot 41 \text{ mm} - 136 \text{ mm} = -54 \text{ mm} \quad \text{zkrácení}$$

10.2.3. Celková dilatace

Pylon1 - podélně pevná ložiska

Pylon2 - posuvná ložiska

$$d_{po} := d_{\text{leto}} - d_{\text{zima}} = 98 \text{ mm}$$

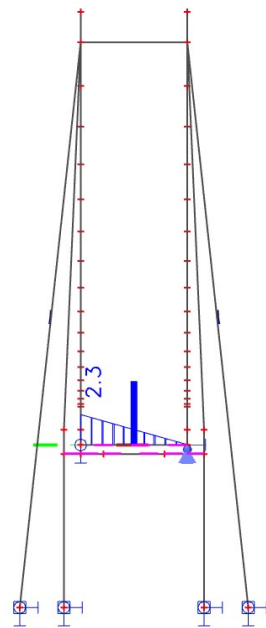
=> **mostní závěr s kapacitou minimálně 98mm**

10.2.4. Dilatace navazující rampy

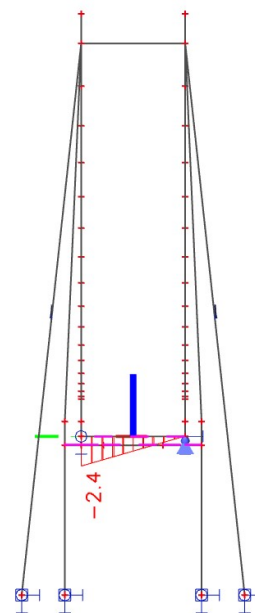
Navazující rampa na obou koncích mostu bude připojena na příčel pylonu pomocí čepů nahrazujících podélně pevná ložiska. Dilatace rampy bude umožněna na opěrách.

10.3. Příčná dilatace

10.3.1. Ohřátí konstrukce



10.3.2. Ochlazení konstrukce



$$d_{pr} := 5 \text{ mm}$$

11. LOŽISKA

11.1. Posuny v ložiskách

11.1.1. Příčně - příčně posuvná ložiska musí umožnit posun $d_{pr} = 5 \text{ mm}$

11.1.2. Podélně - podélně posuvná ložiska na pylonu 2 musí umožnit posun $d_{po} = 98 \text{ mm}$

11.2. Návrhové reakce na ložiska

11.2.1. Svislé reakce R_z

- max tlaková

$$R_{z.tlak} := 77 \text{ kN}$$

kombinace zatížení C13.3:

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_C13_6.10b_1.15G_gr2.3		Únosnost	ZS12 - Vozidlo_pylon ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé ZS3 - Předpětí_NL ZS4 - Předpětí_Z	1.50 1.15 1.15 1.00 1.00

- max tahová

$$R_{z.tah} := -28 \text{ kN}$$

kombinace zatížení C6.2.

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_C6_6.10b_1G_CH_W.2		Únosnost	ZS7 - Chodci_2/2 ZS9 - Vitr_y ZS1 - Vlastní tíha ZS2 - Ostatní stálé ZS3 - Předpětí_NL	1.35 0.45 1.00 1.00 1.00

11.2.2. Vodorovná podélná reakce R_x

$$R_x := 494 \text{ kN}$$

kombinace zatížení C10.2

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NK_C10_6.10b_1G_W_CH.2		Únosnost	ZS7 - Chodci_2/2	0.54
			ZS9 - Větr_y	1.50
			ZS1 - Vlastní tíha	1.00
			ZS2 - Ostatní stálé	1.00
			ZS3 - Předpětí_NL	1.00
			ZS4 - Předpětí_Z	1.00

11.2.3. Vodorovná příčná reakce R_y

$$R_y := 95 \text{ kN}$$

kombinace zatížení C10.2. viz 11.2.2.

11.2.4. Přehled návrhových sil na ložiska

$$R_{z.tlak} = 77 \text{ kN}$$

$$R_{z.tah} = -28 \text{ kN}$$

$$R_x = 494 \text{ kN}$$

$$R_y = 95 \text{ kN}$$

Ložiska provedena jako čepy.

12. ODHAD KOTEVNÍHO BLOKU

Maximální reakce v kotvení do kotevního bloku v MSÚ

$$R_z := 2844 \text{ kN}$$

$$R_x := 2298 \text{ kN}$$

$$R_y := 305 \text{ kN}$$

Potřebný minimální objem betonu

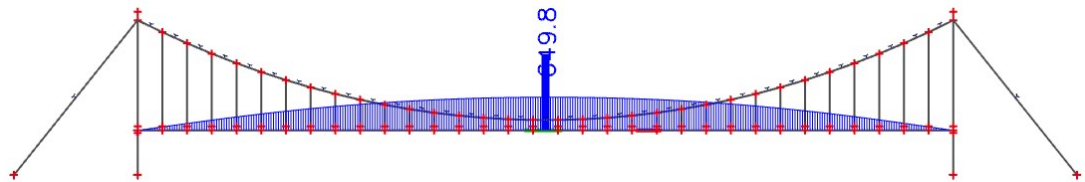
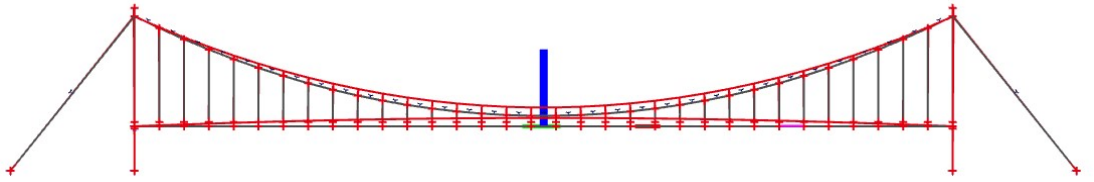
$$V_{min} := \frac{R_z}{25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}} = 113.76 \text{ m}^3$$

MSP

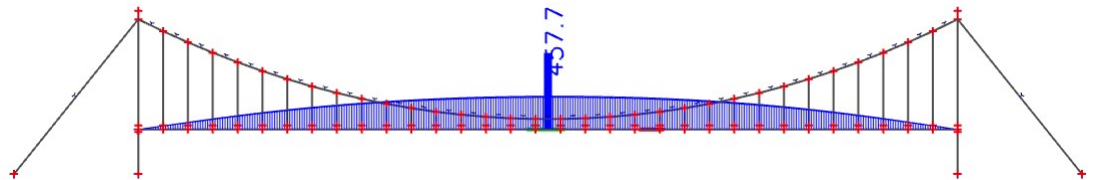
1. SVISLÝ PRŮHYB OD CHODCŮ

Výchozí stav kce - G+P - vzepětí 650mm

$u_v := 650 \text{ mm}$



Deformace od chodců přes celé pole - G+P+CH_cele $u_{ch_c} := 458 \text{ mm}$

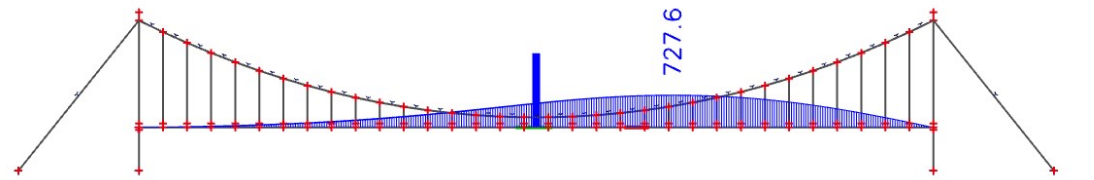
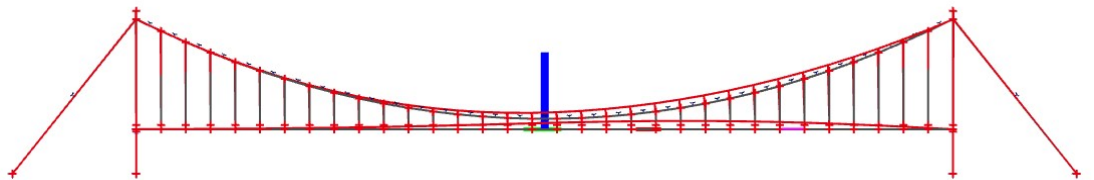


$L := 99 \text{ m}$

$$\Delta u_{ch_c} := u_v - u_{ch_c} = 192 \text{ mm} < u_{max} := \frac{L}{250} = 396 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

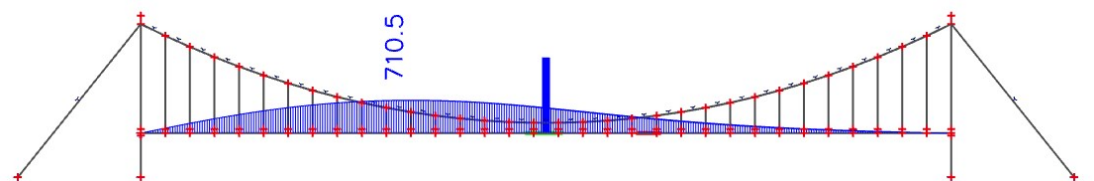
Deformace od chodců na 1. polovině pole - G+P+CH_1/2

$u_{ch_1} := 728 \text{ mm}$

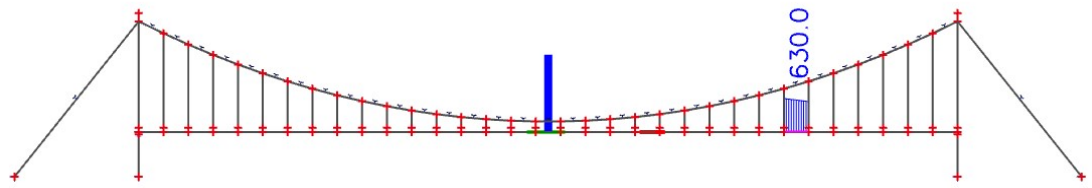


Deformace od chodců na 2. polovině pole - G+P+CH_2/2

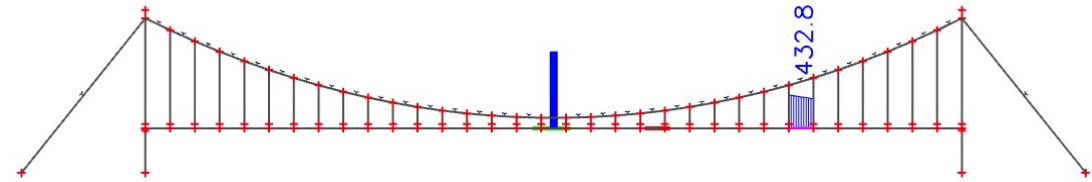
$u_{ch_2} := 711 \text{ mm}$



Kritický průhyb
G+P+CH_{1/2}



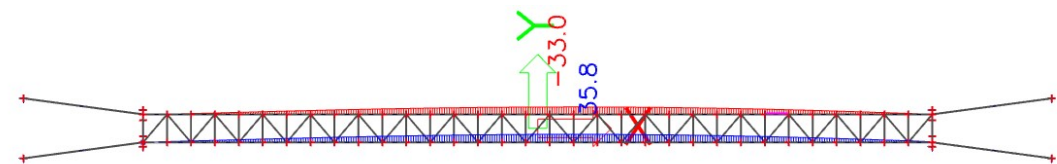
G+P



$$u := (630 - 433) \text{ mm} = 197 \text{ mm} < u_{max} := \frac{L}{250} = 396 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

2. VODOROVNÁ DEFORMACE OD VĚTRU

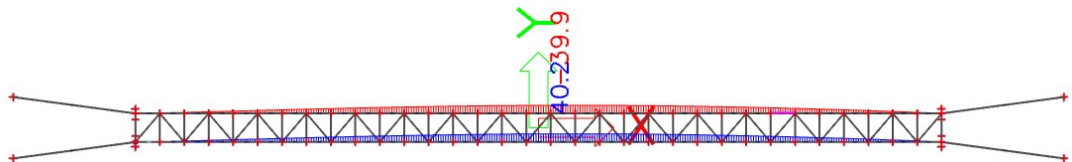
G+P+Wy



$$u := 36 \text{ mm}$$

$$\frac{u}{L} = 3.64 \cdot 10^{-4} \quad \text{OK}$$

Montážní stav - Vlastní tíha OK + předpětí + vítr y



3. NAPĚTÍ V NOSNÉM LANĚ

Kabely VSL SSI 2000 - 6-31

CABLE UNIT ⑧	NUMBER OF STRANDS	STAY			STAY PIPE		
		BREAKING LOAD AT 100% GUTS kN ①	ADMISSIBLE LOAD AT 50% GUTS kN ②	ADMISSIBLE LOAD AT 60% GUTS kN ③	SSI 2000 mm ④	SSI 2000-C ØA3/thk mm ④	SSI 2000-D mm ⑤
6-12	12	3,348	1,674	2,009	125/4.9	95/5.0	80/5.0
6-19	19	5,301	2,651	3,181	140/5.4	110/5.0	95/5.0
6-22	22	6,138	3,069	3,683	160/5.0	120/5.0	105/5.0
6-31	31	8,649	4,325	5,189	160/5.0	140/6.0	120/6.0
6-37	37	10,323	5,162	6,194	180/5.6	150/6.0	130/6.0

Charakteristická hodnota síly v laně nemá překročit 50% únosnosti

$$F_{pk} = 8649 \text{ kN}$$

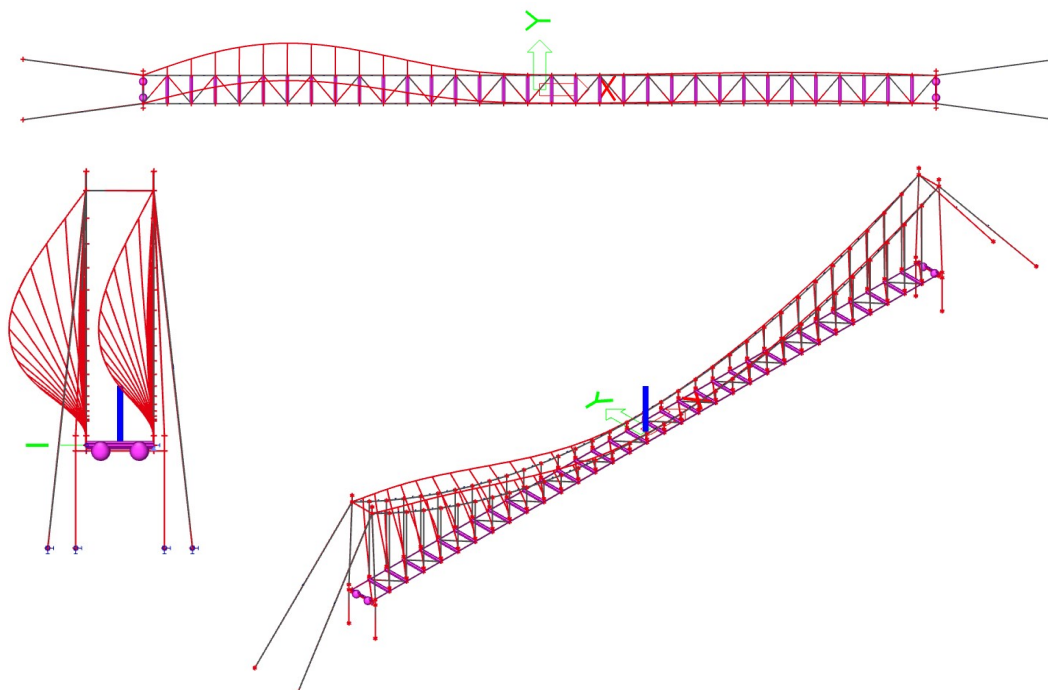
$$0.5 \cdot F_{pk} = 4324.5 \text{ kN} > N_{Ek.NL} = 3174 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

4. VLASTNÍ FREKVENCE

Betonová deska je v modelu pouze jako zatížení. Z něho jsou generovány hmoty, a to vždy na příčnici.

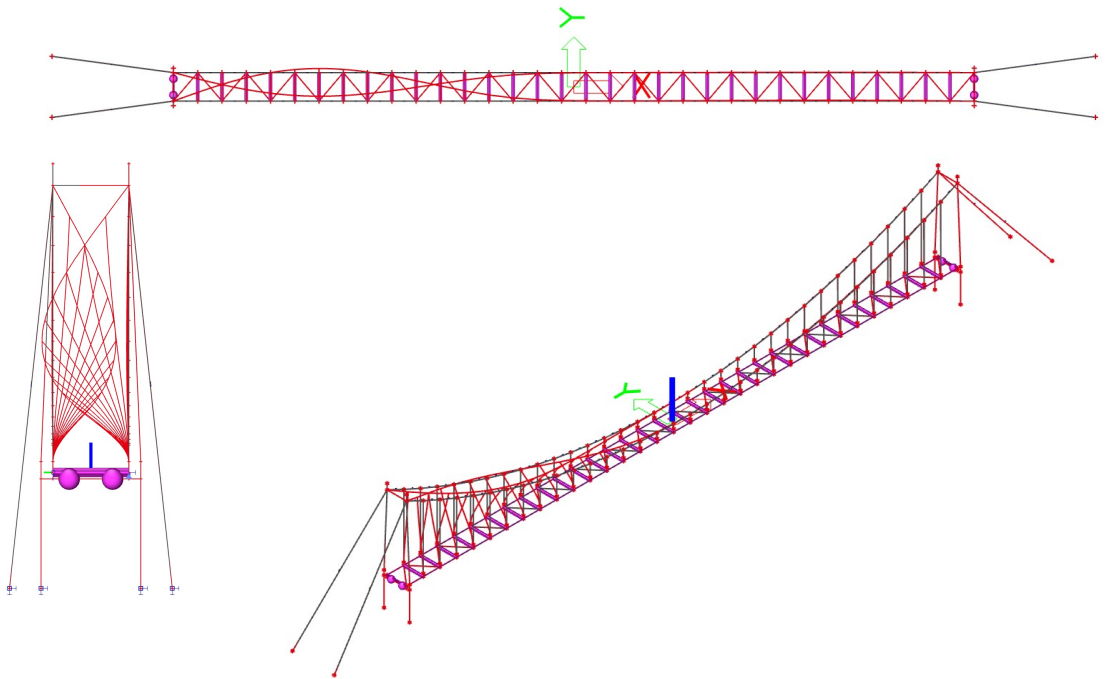
1. vlastní frekvence

$$f_1 := 0.39 \text{ Hz}$$



2. vlastní frekvence

$$f_2 := 0.39 \text{ Hz}$$



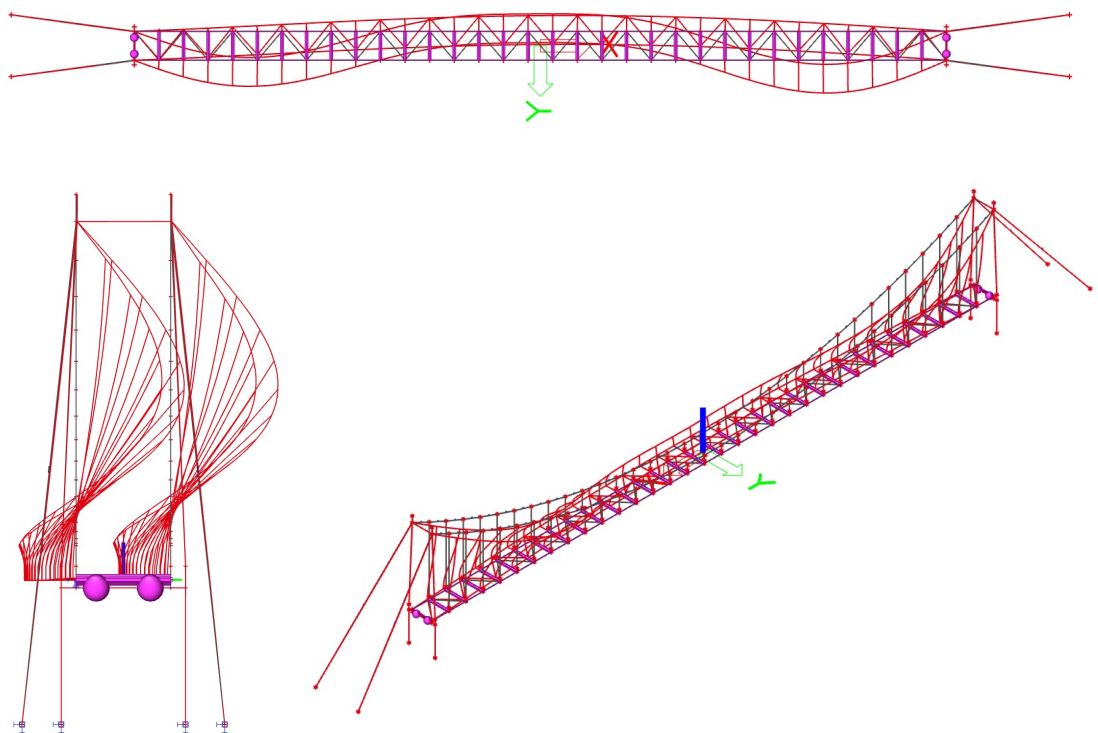
3. a 4. vlastní frekvence - totéž na druhé polovině mostu

$$f_3 := 0.4 \text{ Hz}$$

$$f_4 := 0.4 \text{ Hz}$$

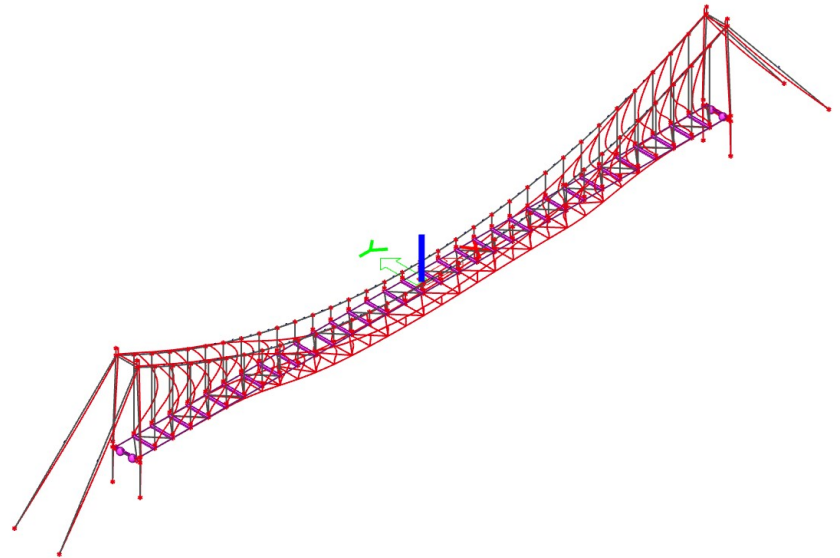
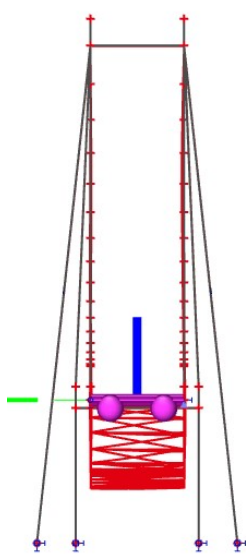
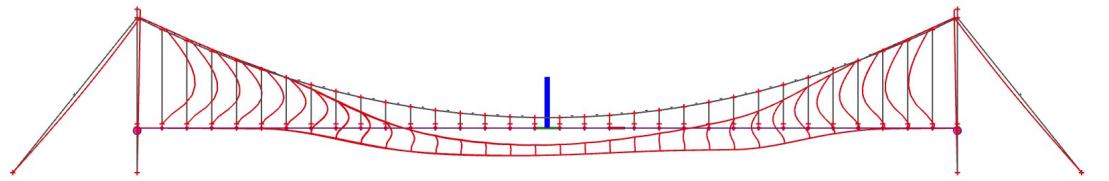
5. vlastní frekvence

$$f_5 := 0.47 \text{ Hz}$$



6. vlastní frekvence

$$f_6 := 0.57 \text{ Hz}$$



$$f_1 = 0.39 \text{ Hz} < 2,5 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 0.39 \text{ Hz} < 2,5 \text{ Hz}$$

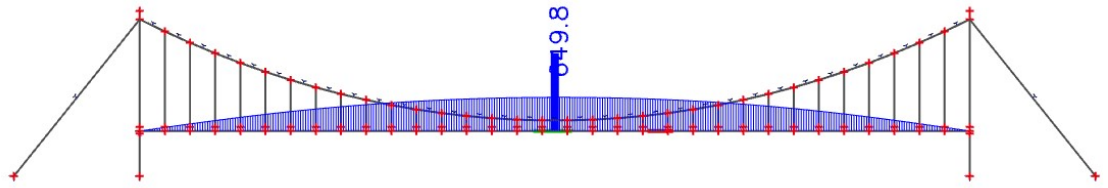
$$f_6 = 0.57 \text{ Hz} < 5 \text{ Hz}$$

=> nutno provést podrobnější
dynamickou analýzu
(není předmětem této práce)

5. ZMĚNA NIVELETY V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ

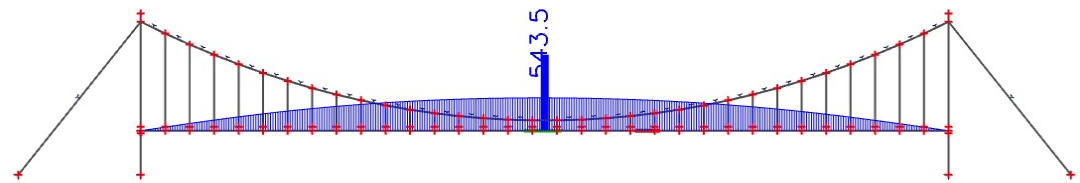
5.1. Projektovaný stav

Vzepětí 650mm



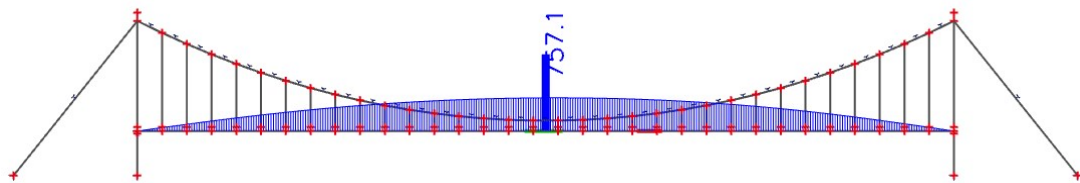
5.2. Maximální teplota - léto

Vzepětí 544mm



5.3. Minimální teplota - zima

Vzepětí 757mm



MONTÁŽ

$$W_{el} := 3.851 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \quad \text{HN}$$

$$\begin{aligned} &\text{Tíha OK} \\ \text{HN} &= 2.36 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PR &= 974.66 \text{ N} \\ ZT &= 445.12 \text{ N} \end{aligned}$$

Zatížení vlastní tíhou OK na jeden hlavní nosník

$$f := \text{HN} + \frac{(PR + ZT)}{2 \cdot 3 \text{ m}} = 2.59 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Pro prostý nosník

$$L_{max} := \sqrt{f_y \cdot W_{el} \cdot \frac{8}{f}} = 64.96 \text{ m}$$

$$L = 99 \text{ m}$$

Délka dílce pro výsun se zavěšeným koncem

$$L_m := \frac{L}{2} = 49.5 \text{ m}$$

$$f_{max} := \frac{f_y \cdot W_{el} \cdot 8}{L_m^2} = 4.46 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{na jeden HN}$$

Dovolené montážní zatížení přibližně
šířka NK $a := 3.8 \text{ m}$

$$q_{m,max} := \frac{f_{max} - f}{\frac{a}{2}} = 0.99 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{OK}$$

PŘÍLOHA STATICKÉHO VÝPOČTU
NÁVRH A POSOUZENÍ PŘÍPOJE PŘÍČNÍKU A
STYČNÍKOVÉHO PLECHU PRO PŘIPOJENÍ
ZÁVĚSU NA HLAVNÍ NOSNÍK V PROGRAMU
IDEA STATICA

Projekt: Detail napojení příčniku a styčnickového plechu pro závěs na hlavní nosník

Číslo projektu:

Autor:

Projektová data

Název projektu	Detail napojení příčniku a styčnickového plechu pro závěs na hlavní nosník
Číslo projektu	
Autor	
Popis	
Datum	25/01/2021
Norma	EN

Materiál

Ocel	S 355
------	-------

Projekt: Detail napojení příčniku a styčnickového plechu pro závěs na hlavní nosník

Číslo projektu:

Autor:

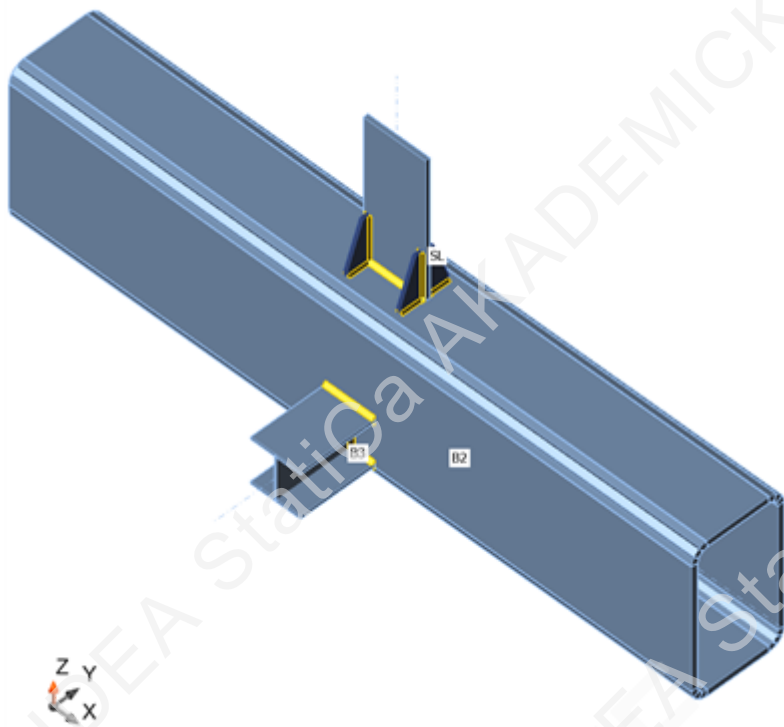
Položka projektu spoj

Návrh

Název	spoj
Popis	
Výpočet	Napětí, přetvoření/ zjednodušené zatížení

Nosníky a sloupy

Název	Průřez	β - Směr [°]	γ - Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Odsazení ex [mm]	Odsazení ey [mm]	Odsazení ez [mm]	Síly v
SL	7 - Deska 15, 200	90.0	-90.0	0.0	0	0	0	Uzel
B2	6 - RHS500/300/20.0	180.0	0.0	0.0	0	0	0	Uzel
B3	4 - CON2(HEA160)	-90.0	0.0	0.0	0	0	-120	Uzel



Průřezy

Název	Materiál
7 - Deska 15, 200	S 355
6 - RHS500/300/20.0	S 355
4 - CON2(HEA160)	S 355

Projekt: Detail napojení příčniku a styčnickového plechu pro závěs na hlavní nosník

Číslo projektu:

Autor:

Průřezy

Název	Materiál	Kreslení
7 - Deska 15, 200	S 355	
6 - RHS500/300/20.0	S 355	
4 - CON2(HEA160)	S 355	

Účinky zatížení (rovnováha není požadována)

Název	Prvek	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
LE1	SL	70.0	10.0	2.0	0.0	1.0	2.0
	B3	-40.0	0.0	-94.0	0.0	55.0	0.0

Projekt: Detail napojení příčniku a styčnickového plechu pro závěs na hlavní nosník

Číslo projektu:

Autor:

Posudek

Souhrn

Název	Hodnota	Status
Výpočet	100.0%	OK
Plechy	0.4 < 5%	OK
Svary	98.0 < 100%	OK
Boulení	Nespočteno	
GMNA	Spočteno	

Plechy

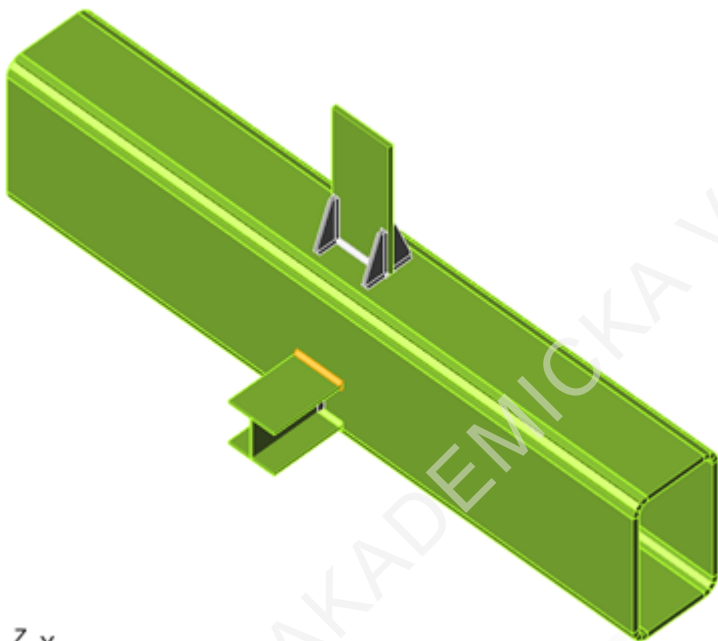
Název	Tloušťka [mm]	Zatížení	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	Status
SL-bfl 1	15.0	LE1	352.8	0.0	OK
B2	20.0	LE1	355.5	0.2	OK
B3-bfl 1	9.0	LE1	355.2	0.1	OK
B3-tfl 1	9.0	LE1	355.9	0.4	OK
B3-w 1	6.0	LE1	355.2	0.1	OK
ŽEB1a	10.0	LE1	77.9	0.0	OK
ŽEB1b	10.0	LE1	100.3	0.0	OK
ŽEB1c	10.0	LE1	140.6	0.0	OK
ŽEB1d	10.0	LE1	129.9	0.0	OK

Návrhová data

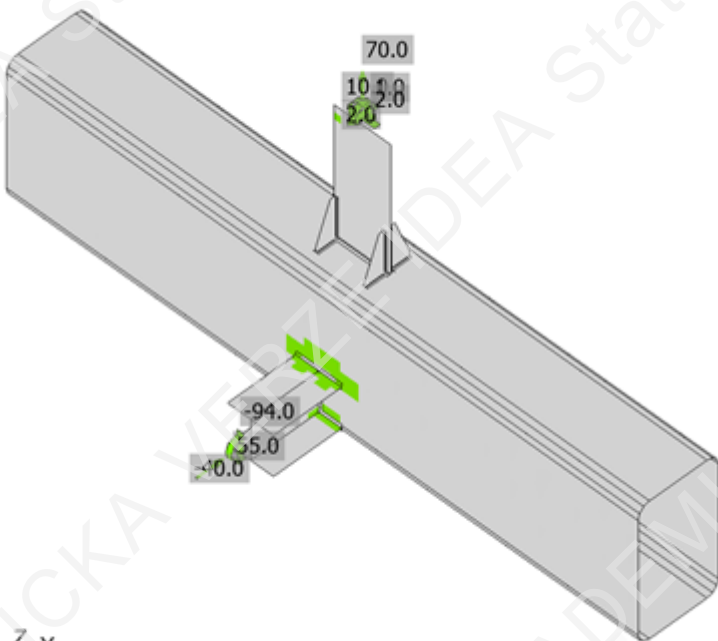
Materiál	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 355	355.0	5.0

Vysvětlení symbolů

ϵ_{pl}	Přetvoření
σ_{Ed}	Srovn. napětí
f_y	Mez kluzu
ϵ_{lim}	Mezní plastické přetvoření

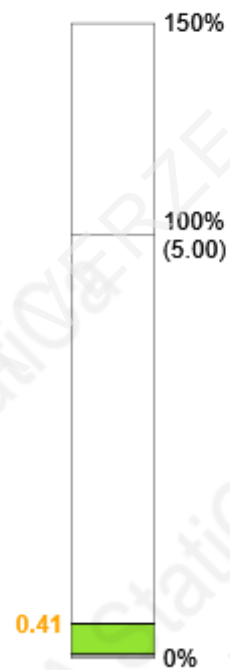


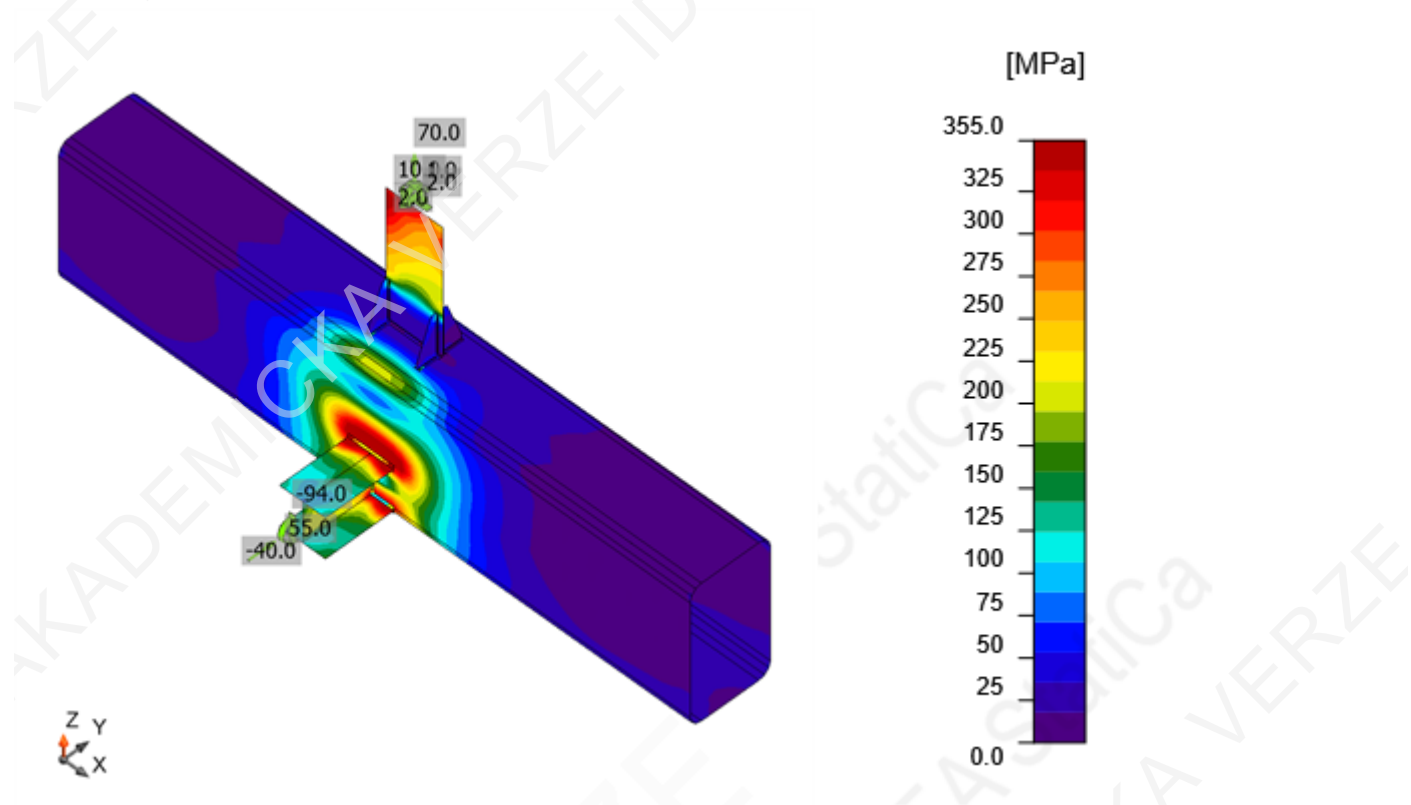
Souhrnný posudek, LE1



Posudek přetvoření, LE1

[%]





Srovnávací napětí, LE1

Svary (Plastická redistribuce)

Položka	Hrana	Účinná tl. [mm]	Délka [mm]	Zatížení	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Status
B2-w 2	B3-bf1 1	▲8.0▲	160	LE1	199.9	0.0	-70.6	-61.1	-89.0	45.9	30.7	OK
		▲8.0▲	160	LE1	263.3	0.0	-109.6	92.1	103.1	60.5	53.1	OK
B2-w 2	B3-tf1 1	▲8.0▲	160	LE1	426.9	0.0	155.1	-198.9	114.8	98.0	65.8	OK
		▲8.0▲	160	LE1	426.9	0.0	130.2	165.5	-166.4	98.0	47.5	OK
B2-w 2	B3-w 1	▲8.0▲	143	LE1	215.6	0.0	-43.7	-113.7	-43.8	49.5	26.3	OK
		▲8.0▲	143	LE1	215.7	0.0	-44.0	113.8	43.9	49.5	26.3	OK
B2-w 3	SL-bf1 1	▲8.0▲	200	LE1	28.3	0.0	9.7	1.4	15.3	6.5	4.3	OK
		▲8.0▲	200	LE1	17.5	0.0	10.7	6.4	-4.8	4.0	2.8	OK
B2-w 3	ŽEB1a	▲5.0▲	70	LE1	28.6	0.0	14.4	-10.2	10.0	6.6	5.3	OK
		▲5.0▲	70	LE1	26.5	0.0	8.1	7.3	-12.6	6.1	5.0	OK
SL-bf1 1	ŽEB1a	▲5.0▲	150	LE1	119.5	0.0	-10.8	-68.5	-4.7	27.4	6.9	OK
		▲5.0▲	150	LE1	96.9	0.0	6.4	-54.4	-12.2	22.2	9.5	OK
B2-w 3	ŽEB1b	▲5.0▲	70	LE1	23.7	0.0	19.0	-4.1	7.1	5.4	3.9	OK
		▲5.0▲	70	LE1	29.0	0.0	2.8	16.4	-2.8	6.7	4.1	OK
SL-bf1 1	ŽEB1b	▲5.0▲	150	LE1	91.6	0.0	8.1	50.9	13.6	21.0	9.2	OK
		▲5.0▲	150	LE1	138.3	0.0	-14.6	79.0	8.2	31.8	8.2	OK
B2-w 3	ŽEB1c	▲5.0▲	70	LE1	130.0	0.0	-10.2	74.7	-4.5	29.9	16.2	OK
		▲5.0▲	70	LE1	129.8	0.0	31.5	66.4	-29.6	29.8	16.6	OK
SL-bf1 1	ŽEB1c	▲5.0▲	150	LE1	117.2	0.0	16.4	26.0	61.7	26.9	7.9	OK
		▲5.0▲	150	LE1	174.8	0.0	23.0	-98.7	-16.3	40.1	12.7	OK
B2-w 3	ŽEB1d	▲5.0▲	70	LE1	133.4	0.0	-10.0	75.1	-16.3	30.6	16.6	OK
		▲5.0▲	70	LE1	143.1	0.0	-15.1	-81.7	8.8	32.9	16.3	OK
SL-bf1 1	ŽEB1d	▲5.0▲	150	LE1	168.8	0.0	21.8	95.4	15.5	38.8	11.9	OK
		▲5.0▲	150	LE1	103.7	0.0	13.9	-11.3	-58.2	23.8	7.6	OK

Návrhová data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 355	0.90	435.6	352.8

Vysvětlení symbolů

ϵ_{pl}	Přetvoření
$\sigma_{w,Ed}$	Ekvivalentní napětí
$\sigma_{w,Rd}$	Únosnost na srovnávací napětí
σ_{\perp}	Kolmé napětí
τ_{\parallel}	Smykové napětí rovnoběžné s osou svaru
τ_{\perp}	Smykové napětí kolmé k ose svaru
0.9σ	Únosnost na kolmé napětí - $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Součinitel korelace podle EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Využití
Ut _c	Využití únosnosti svaru

Projekt: Detail napojení příčnicku a styčnickového plechu pro závěs na hlavní nosník

Číslo projektu:

Autor:

Boulení

Analýza boulení nebyla provedena.

Nastavení normy

Položka	Hodnota	Jednotka	Odkaz
Y _{M0}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Y _{M1}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Y _{M2}	1.25	-	EN 1993-1-1: 6.1
Y _{M3}	1.25	-	EN 1993-1-8: 2.2
Y _C	1.50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
Y _{Inst}	1.20	-	ETAG 001-C: 3.2.1
Součinitel styčnicku β _j	0.67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Účinná plocha - vliv velikosti sítě	0.10	-	
Součinitel tření - beton	0.25	-	EN 1993-1-8
Součinitel tření pro třecí spoje	0.30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Mezní plastické přetvoření	0.05	-	EN 1993-1-5
Vyhodnocení napětí svarů	Plastická redistribuce		
Konstrukční zásady	Ne		
Vzdálenost mezi šrouby [d]	2.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Vzdálenost mezi šrouby a hranou [d]	1.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Únosnost vytržení betonu	Ano		ETAG 001-C
Použití vypočtené α_b v posudku otláčení.	Ano		EN 1993-1-8: tab 3.4
Potrhaný beton	Ano		
Kontrola lokální deformace	Ne		
Limita lokální deformace	0.03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrická nelinearita (GMNA)	Ano		Velké deformace pro duté profily
Braced system	Ne		