

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF STEEL AND TIMBER STRUCTURES

LÁVKA PRO CHODCE A CYKLISTY PŘES VLTAVU V PRAZE HOLEŠOVICÍCH

FOOTBRIDGE ACROSS VLTAVA RIVER IN PRAGUE HOLEŠOVICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

RASTISLAV MAZÁK

Studijní program: Stavební inženýrství

Study programme: Civil Engineering

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Field of study: Structures and Transportation Engineering

Vedoucí práce: Ing. Michal Netušil, Ph.D.

Project leader: Ing. Michal Netušil, Ph.D.

PRAHA 2017



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Mazák Jméno: Rastislav Osobní číslo: 423762

Zadávací katedra: K134

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Lávka pro chodce a cyklisty přes Vltavu v Praze Holešovicích

Název bakalářské práce anglicky: Footbridge across Vltava river in Prague Holešovice

Pokyny pro vypracování:

Vypracování návrhu konstrukčního řešení lávky, vypracování numerického modelu konstrukce, statický výpočet a posouzení všech prvků nosné konstrukce, návrh klíčových detailů, výkresová dokumentace, krátká technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:

Ocelové konstrukce 10, 20, 30, normy pro navrhování ocelových konstrukcí, zatížení staveb

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

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2017 Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v bakalářské 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“.

20.2.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Abstrakt

Účelem této bakalářské práce je návrh a posouzení lávky pro pěší a cyklisty přes řeku Vltava v Praze Holešovicích. Jedná se o návrh nové lávky. Obsahem této práce je technická zpráva, statický výpočet a výkresová dokumentace. Lávka se skládá z třech polí. Pole jsou navržena jako tuhý trám a střední pole je vyztužené volným obloukem se závěsy – tzv. Langerův trám. Dolní prvková mostovka je tvořena příčníky a podélníky, na kterých jsou umístěny podlahové fošny. Mezi oblouky a hlavními nosníky je navrženo větrové ztužení. Vnitřní síly jsou vypočteny pomocí výpočetního programu Dlubal RSTAB a posouzení je provedeno ručním výpočtem dle norem.

Klíčová slova

ocelová konstrukce
oblouková lávka
lávka pro pěší
Langerův trám
dolní mostovka
prvková mostovka

Abstract

The object of this bachelor thesis is a design and assessment of a bridge for pedestrian and cyclists over the Vltava river in Prague Holešovice. It is a design of a new bridge. The project includes a technical report, static analysis and drawings. The bridge is composed of three spans. The spans are designed as rigid beams and the middle span is supported by the arches with hangers (sc. Langer beam). The elementary lower deck is formed of crosspieces and stringers on which are placed the wooden planks. Between the arches and the main girders there is wind bracing. Internal forces are calculated in computed program Dlubal RSTAB and assessed by manual calculation in accordance with the standards.

Key words

steel structure
arch footbridge
pedestrian bridge
Langer beam
lower bridge deck
elementary bridge deck

Prohlášení

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

V Praze dne 22.5.2017

.....

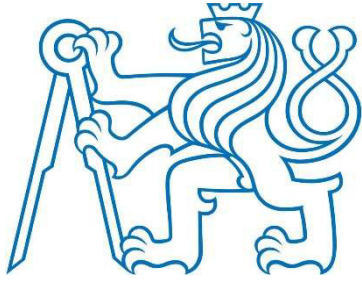
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce Ing. Michalovi Netušilovi, Ph.D. za odborné rady při konzultacích bakalářské práce.

Seznam příloh:

1. Úvodní listy
2. Technická zpráva
3. Statický výpočet
4. Výkresová dokumentace



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF STEEL AND TIMBER STRUCTURES

LÁVKA PRO CHODCE A CYKLISTY PŘES VLTAVU V PRAZE HOLEŠOVICÍCH

FOOTBRIDGE ACROSS VLTAVA RIVER IN PRAGUE HOLEŠOVICE

TECHNICKÁ ZPRÁVA

TECHNICAL REPORT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

RASTISLAV MAZÁK

PRAHA 2017

Obsah

1	Úvod	2
2	Základní údaje	2
2.1	Lokalita	2
2.2	Inženýrsko-geologické poměry	2
2.3	Údaje o stavbě.....	2
2.4	Popis konstrukce	3
3	Účel konstrukce.....	3
4	Výběr konstrukčního řešení	3
5	Technické řešení.....	3
5.1	Materiály	3
5.2	Ochrana oceli a dřeva	4
5.3	Spodní stavba	4
5.4	Nosné prvky konstrukce.....	4
5.4.1	Hlavní nosník	4
5.4.2	Oblouk	4
5.4.3	Táhla	4
5.4.4	Mostovka.....	4
5.4.5	Ztužidla v mostovce.....	5
5.4.6	Příslušenství	5
5.5	Zatěžovací zkouška	5
5.6	Údržba, revize a prohlídky.....	5
5.7	Postup výstavby	5

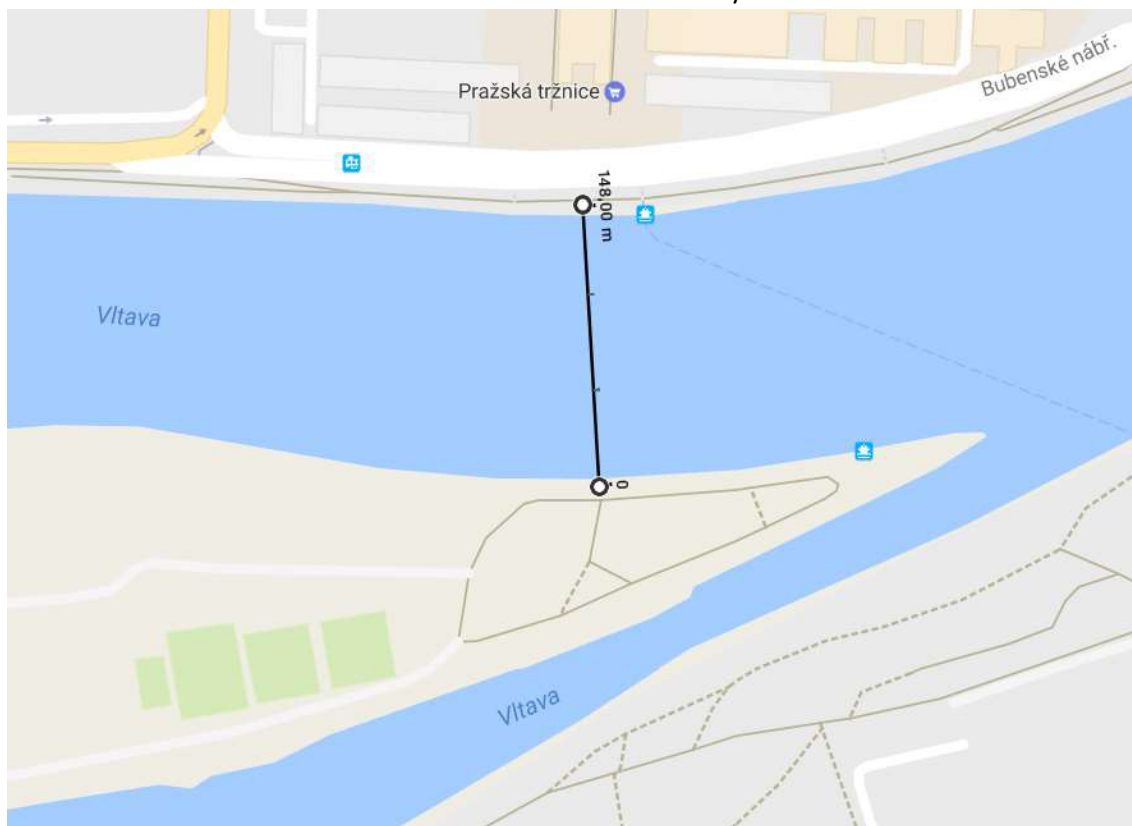
1 Úvod

Úkol této bakalářské práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce lávky pro pěší a cyklisty přes řeku Vltava v Praze. Lávky na východním konci ostrova Štvanice pro pěší a cyklisty jsou plánovány k výstavbě v souvislosti s revitalizací a proměnou celého ostrova od roku 1999, avšak dodnes nezrealizované.

2 Základní údaje

2.1 Lokalita

Tato bakalářská práce se zabývá jednou částí z plánovaného projektu přemostění z městské části Holešovice přes ostrov Štvanice až do Karlína v Praze. Lávka by měla vyústit na Bubenské nábřeží v blízkosti Pražské tržnice a začínat na východní straně ostrova.



Obrázek 1: Mapa se zvýrazněným umístěním lávky.

2.2 Inženýrsko-geologické poměry

Návrh spodní stavby není předmětem této bakalářské práce, a proto nebyly zjišťovány inženýrsko-geologické poměry.

2.3 Údaje o stavbě

Název:

Lávka pro chodce s cyklisty přes Vltavu v Praze
Holešovicích

Obec:	Praha
Kraj:	Středočeský kraj
Katastrální území:	Holešovice 730122

Rozměry konstrukce:

- Rozpětí středního pole: 96,000 m
- Rozpětí krajních polí: 26,000 m
- Vzepětí oblouků: 15,000 m
- Délka ocelové nosné konstrukce: 149,000 m
- Vzdálenost uchycení táhel: 4,000 m
- Vzdálenost uchycení ztužidel v mostovce: 4,000 m
- Světlostřuha mezi zábradlími: 4,000 m
- Osová vzdálenost hlavních nosníků: 4,300 m

2.4 Popis konstrukce

Lávka pro chodce a cyklisty je navržena jako oblouková ocelová lávka v přímé s bezbariérovým přístupem. Konstrukce je navržena se dvěma podporami v řečišti a dvěma na krajních březích. Hlavní nosné prvky jsou oblouk a hlavní nosník, oba o obdélníkových svařovaných průřezích. Prvková mostovka pozůstává z dřevěných fošen, ocelových podélníků, ztužidel a příčniců. Oblouk je ze dvou obdélníkových průřezů, které se s přibývajícím výškou k sobě přibližují až na vzdálenost 1,2 metru. Ocelová táhla jsou šikmá s různou délkou.

Výškové umístění je navrženo na povodně z roku 2002 tak, aby voda nedosahovala na uložení mostu ve středových podporách.

3 Účel konstrukce

Lávka v této části Prahy je zamýšlena už od roku 1999, ale kvůli povodním z roku 2002 se projekt zastavil. Hlavní důvod této stavby je vysoká dopravní vytíženost na nejbližším mostě (Hlávkův most) a tím je snížen komfort pro chodce a cyklisty, kteří se chtějí dostat na druhou stranu, popřípadě na ostrov Štvanice. Důvod výstavby je umožnit pohodlný, rychlý a bezpečný průchod pro cyklisty a chodce.

4 Výběr konstrukčního řešení

Lávka se bude nacházet v hlavním městě Praha, kde je mnoho silničních a železničních mostů. Při výběru konstrukčního řešení přicházely v úvahu oblouková nebo zavěšená lávka. Nakonec byla vybrána oblouková lávka z důvodu začlenění do infrastruktury města, protože ve městě se nachází již dva obloukové mosty (železniční most pod Vyšehradem a Trojský most).

5 Technické řešení

5.1 Materiály

Všechny ocelové prvky mostovky jsou z oceli S355J2+N. Podlahové fošny jsou z rostlého topolového dřeva pevnosti C35. Pro piloty je použit beton C25/30-XA1+XC2, pro

základy C30/37-XF4+XA1+XC2 a pro pilíře C30/37-XF4+XD2+XC4. Svary jsou provedeny v kvalitativní třídě B. Pevnostní třída šroubů je 6.8. Požadovaná třída provedení konstrukce je EXC3.

5.2 Ochrana oceli a dřeva

Podle normy EN ISO 12944 bude provedena protikorozní ochrana oceli. Stupeň korozní agresivity prostředí je C3. Korozní ochrana je navržena na dobu 20 let.

Třída použití dřeva je 3. Volba požadované kvality impregnace třídy ohrožení dřeva dle normy ČSN 49 0600-1. Bude provedena tlaková impregnace dřeva.

5.3 Spodní stavba

Pilíře budou založeny na základových patkách, které budou stát na pilotách v korytě řeky. Tím stejným způsobem budou uloženy opěry na krajích.

5.4 Nosné prvky konstrukce

5.4.1 Hlavní nosník

Průřez hlavního nosníku je navržen jako uzavřený svařovaný obdélníkový profil. Z důvodu lepší využitelnosti a ekonomičnosti se hlavní nosník ve středním poli liší zmenšenou tloušťkou pásnic a stojin od hlavního nosníku v krajních polích. Nosník ve středním poli je pomocí táhel Macalloy zavěšen na nosníky oblouku. Na nosníky je namontováno zábradlí a na vnějším okraji kapotáž z důvodu lepší aerodynamiky, estetičnosti a doladění ke skloněným příčnicím. Uložení mostu je pomocí elastomerových ložisek provedeno na hlavních nosnících.

5.4.2 Oblouk

Oblouky jsou tvořeny stejně jako hlavní nosníky uzavřenými svařovanými profily. Oblouky se směrem k vrcholu zužují a to od 4,3 metru v úrovni mostovky do 1,2 metru na vrcholu oblouku. Osa nosníku je navržena parabolického průběhu.

Oblouk a hlavní nosník jsou spojeny tuhým spojem v místě středních podpor. Příčná ztužidla spojují oblouky a jsou na oblouky připojena rámově.

5.4.3 Táhla

System táhel Macalloy je použit pro zavěšení hlavního nosníku. Táhla jsou šikmá a všechna skloněna o konstantní délku na oblouku. Celkem je na mostě 42 táhel, která jsou umístěna každé 4 metry.

5.4.4 Mostovka

Navržena je prvková mostovka složená z podlahových fošen, podélníků a příčniců.

Podlahové fošny, které jsou z rostlého dřeva o pevnosti C35, jsou uloženy na podélníky. Průřez má rozměry 200 na 50 milimetrů.

Podélník je z ocelového průřezu IPE 100. V příčném směru je 7 podélníků osově vzdálených 0,6 metru. Montáž podélníků v podélném směru je navržena po kusech o délkách 8 metrů. Spoj je kloubový a umístěn v místě nejmenšího namáhání.

Příčnick je proměnného svařovaného průřezu velikosti dle profilu IPE, na krajích je profil IPE 180 a ve středu IPE 270. Příčnick je posunut o excentricitu dolů a skloněn tak, aby horní hrana byla ve vodorovné poloze. Každý druhý příčnick má ve středu výřez kvůli ztužidlům mostovky. Přípoj na hlavní nosník je proveden jako kloub.

5.4.5 Ztužidla v mostovce

Ztužidla jsou navržena systému Macalloy ve tvaru písmene x. V místě křížení procházejí přes otvor ve příčnicích.

5.4.6 Příslušenství

Na hlavní nosníky je namontováno zábradlí o výšce 730 milimetrů a na vnějším okraji kapotáž z důvodu lepší estetičnosti a doladění ke skloněným příčnicům.

5.5 Zatěžovací zkouška

Po finálních úpravách budou provedeny zatěžovací zkoušky, při kterých budou měřeny průhyby a kmitání nosné konstrukce a sedání podpěr.

5.6 Údržba, revize a prohlídky

Prohlídková revizní činnost všech druhů mostních částí bude provedena dle normy ČSN 73 6221.

5.7 Postup výstavby

1. Příprava staveniště
2. Provedení výkopových prací a spodní stavby
3. Výstavba pilířů v řečišti – osazení štetovnicových stěn beraněním, odčerpání vody, vrtání pilot, betonování pilířů.
4. Osazení krajních polí lávky – osazení hlavních nosníků a jejich spojení pomocí příčniců a ztužidel.
5. Montáž středního pole – montáž celé konstrukce středního pole bude provedena na souši a následně pomocí lodí otočená a umístěná na pilíře.
6. Montáž podélníků a podlahových fošen.
7. Osazení zábradlí a kapotáže
8. Dokončovací úpravy konstrukce a okolí



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF STEEL AND TIMBER STRUCTURES

LÁVKA PRO CHODCE A CYKLISTY PŘES VLTAVU V PRAZE HOLEŠOVICÍCH

FOOTBRIDGE ACROSS VLTAVA RIVER IN PRAGUE HOLEŠOVICE

STATICKÝ VÝPOČET

STATIC CALCULATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

RASTISLAV MAZÁK

PRAHA 2017

Obsah

1	Úvod	4
2	Výpočtový model	4
2.1	Varianta č.1	4
2.2	Varianta č.2	4
3	Zatížení	7
3.1	Stále zatížení	7
3.1.1	Vlastní tíha konstrukce.....	7
3.1.2	Ostatní stále zatížení	7
3.2	Proměnné zatížení.....	7
3.2.1	Zatížení chodci.....	7
3.2.2	Zatížení dopravou.....	7
3.2.3	Zatížení větrem	8
3.2.4	Zatížení teplotou	9
3.3	Kombinace zatížení	10
3.3.1	Zatěžovací stavy	10
3.3.2	Kombinace účinků	10
4	Posouzení nosné konstrukce.....	14
4.1	Podlahová fošna.....	14
4.1.1	Materiál	14
4.1.2	Průřezové charakteristiky.....	15
4.1.3	Posouzení na ohyb	15
4.1.4	Posouzení na smyk.....	16
4.1.5	Posouzení na průhyb.....	16
4.2	Podélník.....	17
4.2.1	Průřezové charakteristiky.....	17
4.2.2	Zatřídění průřezu.....	18
4.2.3	Posouzení podélníku na ohyb	19
4.2.4	Posouzení smyk.....	19
4.2.5	Posouzení průhyb.....	20
4.3	Příčník.....	20
4.3.1	Průřezové charakteristiky.....	20
4.3.2	Zatřídění průřezu.....	21

4.3.3	Posouzení na vzpěr.....	22
4.3.4	Posouzení na ohyb	23
4.3.5	Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu.....	23
4.3.6	Posouzení na smyk.....	25
4.4	Trám u podpor	26
4.4.1	Průřezové charakteristiky.....	26
4.4.2	Zatřídění průřezu.....	27
4.4.3	Posouzení na vzpěr.....	28
4.4.4	Posouzení na ohyb	29
4.4.5	Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu.....	29
4.4.6	Posouzení na smyk.....	30
4.5	Ztužidla – diagonály v mostovce	31
4.5.1	Průřezové charakteristiky.....	31
4.5.2	Posouzení na tah	32
4.6	Hlavní nosník – krajní pole	32
4.6.1	Průřezové charakteristiky.....	32
4.6.2	Zatřídění průřezu.....	33
4.6.3	Posouzení na vzpěr.....	34
4.6.4	Posouzení na ohyb	35
4.6.5	Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu.....	36
4.6.6	Posouzení na smyk.....	37
4.6.7	Posouzení na průhyb.....	38
4.7	Hlavní nosník – střední pole.....	39
4.7.1	Průřezové charakteristiky.....	39
4.7.2	Zatřídění průřezu.....	40
4.7.3	Posouzení na vzpěr.....	41
4.7.4	Posouzení na ohyb	42
4.7.5	Posouzení na kombinaci tahu a ohybu	43
4.7.6	Posouzení na smyk.....	44
4.7.7	Posouzení hlavního nosníku-krajní pole na průhyb	45
4.8	Oblouk.....	46
4.8.1	Průřezové charakteristiky.....	46
4.8.2	Zatřídění průřezu.....	47
4.8.3	Posouzení na vzpěr.....	48

4.8.4	Posouzení na ohyb	50
4.8.5	Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu	51
4.8.6	Posouzení na smyk	52
4.8.7	Posouzení na průhyb	53
4.9	Ztužidla mezi oblouky	54
4.9.1	Průřezové charakteristiky	54
4.9.2	Zatřídění průřezu	55
4.9.3	Posouzení na vzpěr	56
4.9.4	Posouzení na ohyb	56
4.9.5	Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu	58
4.9.6	Posouzení na kombinaci ohybu ve dvou rovinách	59
4.10	Táhla v oblouku	59
4.10.1	Průřezové charakteristiky	59
4.10.2	Posouzení na tah	59
5	Posouzení dynamiky konstrukce	60
5.1	Svislé kmitání	60
5.2	Vodorovné kmitání	61
6	Posouzení detailu konstrukce	62
6.1	Podporové ložisko	62
6.1.1	Posouzení na tlak	62
6.1.2	Posouzení na vodorovný posun	62
6.1.3	Posouzení na pootočení	63
6.2	Přípoj příčnicku na hlavní nosník	63
6.2.1	Posouzení šroubů	63
6.2.2	Posouzení plechu	64
6.3	Přípoj ztužidla v mostovce na hlavní nosník	64
6.3.1	Posouzení plechu	65
7	Závěr	66

1 Úvod

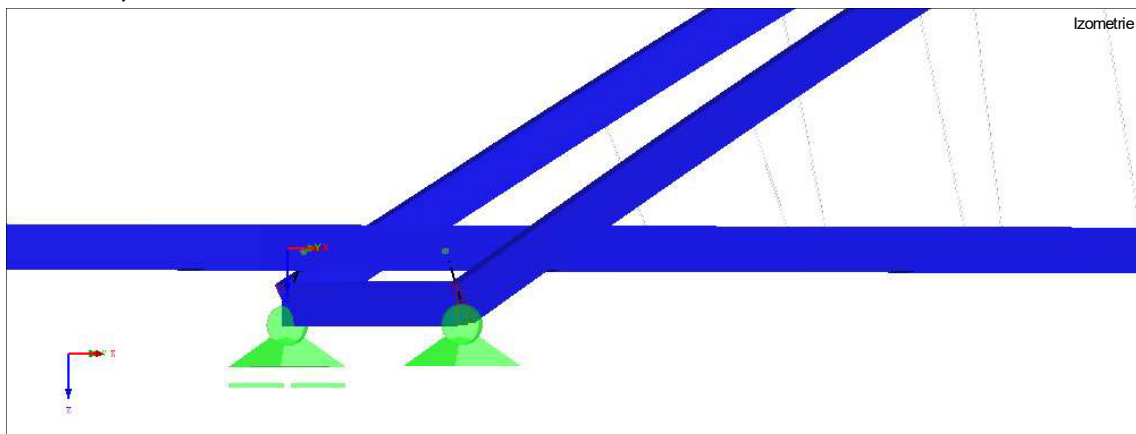
Statický výpočet zahrnuje popis konstrukce ocelové obloukové lávky, parametry zatížení a jejich kombinace, návrh a posouzení jednotlivých nosných prvků jako i jejich spojů a uložení na mezní stavy únosnosti a použitelnosti. Posudky jsou doplněny o údaj využití prvku uveden v závorce.

2 Výpočtový model

Konstrukce byla vymodelována jako prutový model ve statickém výpočtovém programu RSTAB Dlubal. Mimo modelu hlavní konstrukce byli vytvořeny numerické modely pro podlahové fošny, podélník a příčník. Na začátku byly navrženy dvě varianty výpočtového modelu, které se lišily v detailu napojení oblouku a hlavního nosníku.

2.1 Varianta č.1

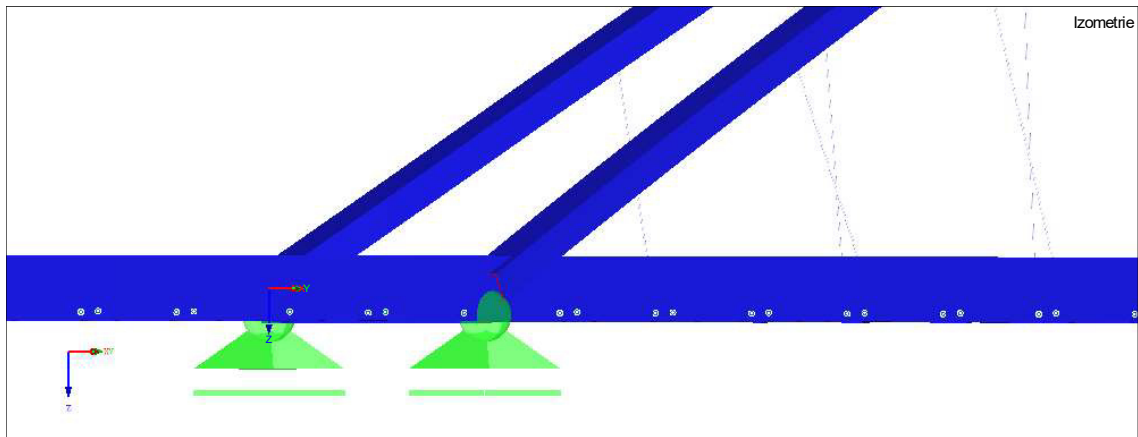
V první variantě je detail napojení oblouku a hlavního nosníku vyřešen tak, že hlavní nosník je uložen na trám v dolní části oblouku a oblouk je v podporách kloubově uložen. Toto uložení na podporu způsobuje velké vodorovné síly a tím velké namáhání pilíře. Z tohoto důvodu byla zvolena varianta č.2.



Obrázek 1: Detail spoje hlavního nosníku a oblouku varianty č.1.

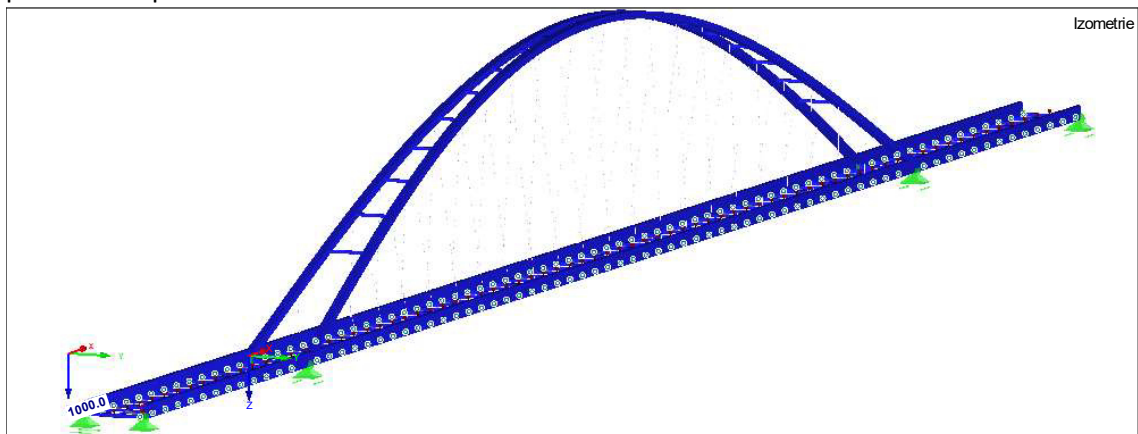
2.2 Varianta č.2

V této variantě je navržen tuhý spoj oblouku a hlavního nosníku. Nevýhodou je velké namáhání spoje normálovou a posouvající silou a momentem. Jeho výhodou je minimální vodorovné zatížení na dvě středové pilíře, které jsou kvůli lodní dopravě poměrně vysoké a umístěné v korytě řeky. Toto kritérium se později ukázalo jako rozhodující, a proto byla vybrána tato varianta.



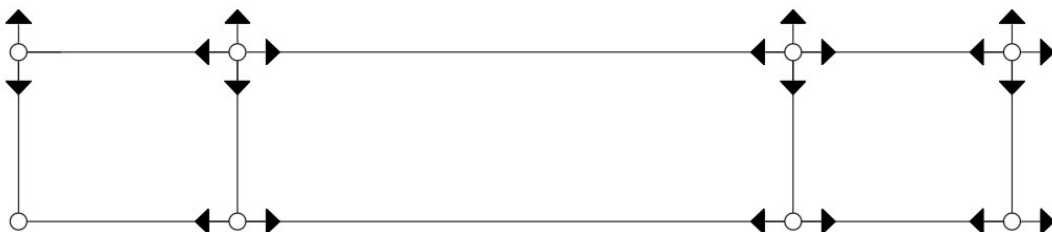
Obrázek 2: Detail tuhého spoje hlavního nosníku a oblouku varianty č.2.

Pomocí přídavného modulu RF-MOVE bylo vygenerováno pohyblivé zatížení simulující obslužné vozidlo, ve kterém se ukázalo, že kombinace zahrnující toto vozidlo byli rozhodující pouze pro podlahové fošny, podélník a pro spoj příčnicku s hlavním nosníkem. Z důvodu přehlednosti a snížení počtu kombinací zatěžovacích stavů byl tento zatěžovací stav vynechán v hlavním modelu konstrukce a vymodelován jednotlivě pro modely podlahové fošny, podélníku a příčnicku.



Obrázek 3: Výpočtový model hlavní konstrukce.

Hlavní nosníky jsou uloženy na jedné pevné podpoře, čtyřech (tři ve směru osy X a jedna ve směru osy Y) posuvných podporách a třech všesměrně posuvných podporách. Uvolnění podpor je schematicky vykresleno na následujícím obrázku.



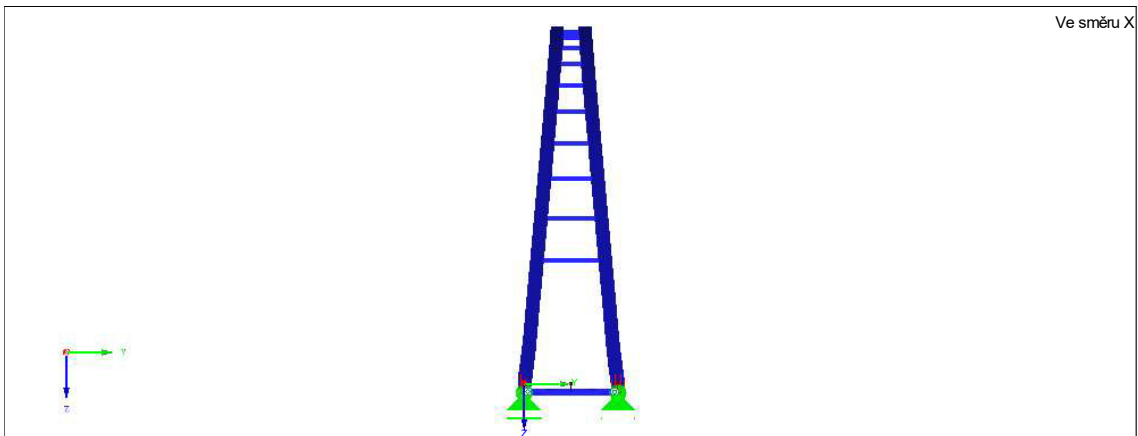
Obrázek 4: Schéma uvolnění podpor.

Oblouk je navržen podle rovnice optimálního tvaru obloukového mostu:

$$w\left(\frac{x}{l}\right) = f\left[\left(\frac{x}{l}\right)^4 - 2\left(\frac{x}{l}\right)^3 + \left(\frac{x}{l}\right)\right],$$

$$f = \frac{16}{5}r$$

kde f je faktor výšky oblouku a r je výška oblouku. Dále se oblouk lineárně zužuje směrem k vrcholu, a to ze vzdálenosti 4,3 metrů v úrovni mostovky až na vrchol oblouku kde je vzdálenost průřezu oblouku snížena na 1,2 metra.



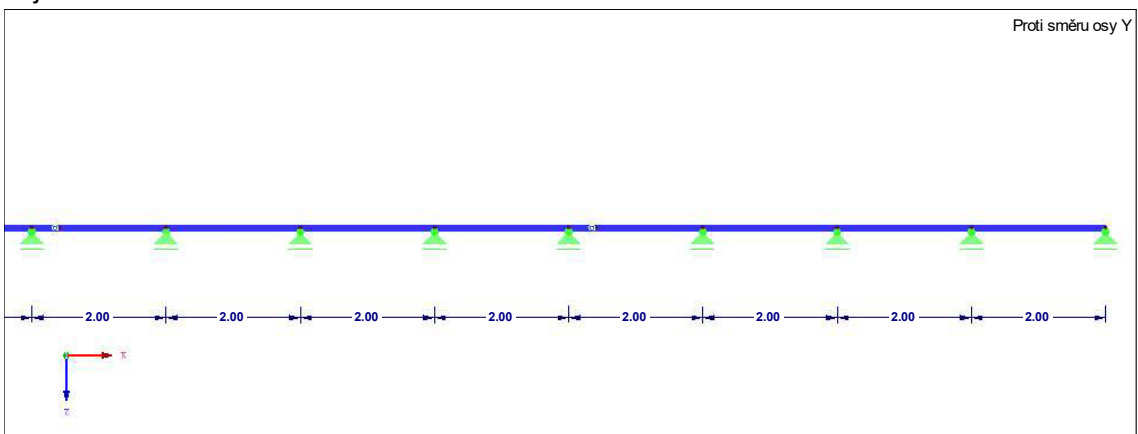
Obrázek 5: Pohled na výpočtový model hlavní konstrukce ze směru osy X.

Táhlá v oblouku a ztužidla v mostovce jsou definovaná jako tahové pruty, kteří přenášejí jenom osové síly. Z estetických důvodů jsou táhlá v oblouku zešikmená o konstantní vzdálenost.

Ztužidla na obloucích jsou uložena rámově.

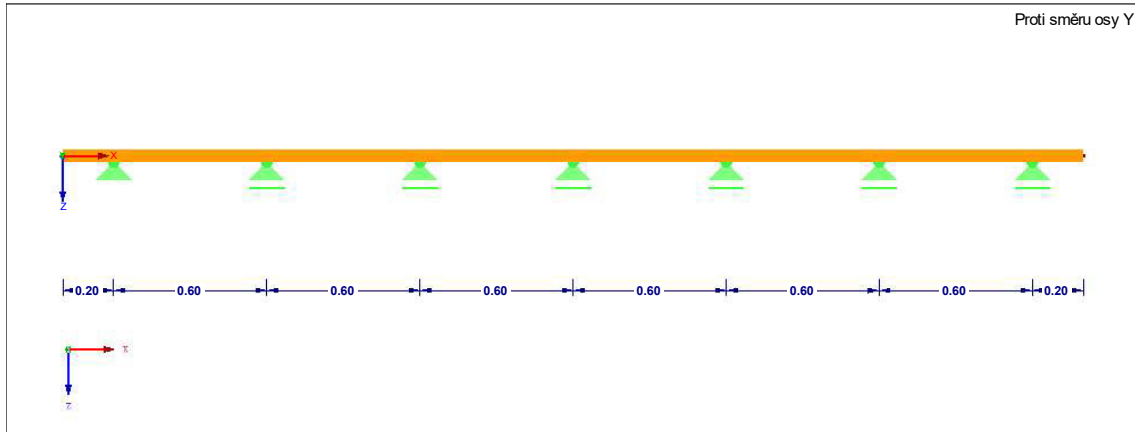
Příčnický jsou uloženy kloubově k hlavnímu nosníkům a spolu se ztužidly v mostovce jsou posunuta o excentricitu dolů, aby jejich poloha odpovídala skutečnosti. Pro příčník byl ještě vytvořen samostatný model pro pohyblivé zatížení.

Podélník byl vymodelován samostatně ve 2D a rozdělen kloubem v místech nejmenšího momentu.



Obrázek 6: Výpočtový model podélníku.

Pro podlahový fošny byl vytvořen výpočtový model ve 2D.



Obrázek 7: Výpočtový model podlahové fošny.

3 Zatížení

3.1 Stále zatížení

3.1.1 Vlastní tíha konstrukce

Vlastní tíha konstrukce je generována automaticky pomocí výpočtového programu RSTAB Dlubal.

3.1.2 Ostatní stále zatížení

Zábradlí: $g_k = 1 \text{ kN/m}$

3.2 Proměnné zatížení

3.2.1 Zatížení chodci

Podle normy (ČSN EN 1991-1-2) se pro chodníky definuje svislé rovnoměrné zatížení:

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

, které se může pro lávky s rozpětím nad 10 metru snížit podle vztahu pro rozpětí:

$$L = 96 \text{ m} : q_{fk} = 2,0 + 120/(L+30) = 2,0 + 120/(96+30) = 2,95 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{hlavní rozpětí})$$

$$L = 26 \text{ m} : q_{fk} = 4,14 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{krajní pole})$$

$$L = 48 \text{ m} : q_{fk} = 3,54 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{půlka hlavního rozpětí})$$

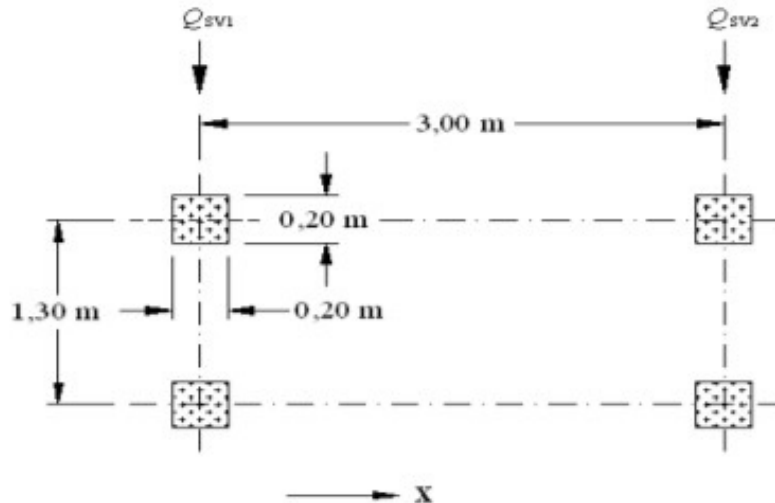
Vodorovné podélné zatížení se definuje jako 10 % z celkového svislého zatížení lávky.

Z bezpečnostního hlediska bereme největší svislé zatížení (krajní pole):

$$q_h = 0,1 * q_{fk} = 0,1 * 4,14 = 0,414 \text{ kN/m}^2$$

3.2.2 Zatížení dopravou

Podle normy (ČSN EN 1991-1-2). Z důvodu požadavku objednavatele se uvažuje vozidlo o hmotnosti 3,5 tony (tj. obslužné vozidlo anebo vozidlo záchranné služby).



Obrázek 8: Rozložení zatížení při zatížení dopravou.

$$Q_{sv1} = 20 \text{ kN}$$

$$Q_{sv2} = 15 \text{ kN}$$

3.2.3 Zatížení větrem

Zjednodušený vypočet bez vlivu turbulenci. Zatížení příčným větrem je uvažováno na obě plochy hlavního nosníku, oblouku a zábradlí (z důvodu možného komerčního využití na reklamní plochy). Dle skript Ocelové konstrukce 2 -zatížení.

Lokalita: Praha

Větrná oblast I

Kategorie terénu II – oblast s nízkou vegetací

Povětrnostní podmínky:

součinitel směru větru: $C_{dir} = 1$

součinitel ročního období: $C_{season} = 1$

rychlost větru dle oblasti: $v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$

základní rychlost větru: $v_b = C_{dir} * C_{season} * v_{b,0} = 1 * 1 * 22,5 = 22,5 \text{ m/s}$

Místní vlivy:

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

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

$$z = 15 \text{ m}$$

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

součinitel terénu: $k_r = 0,19 * (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,19 * (0,05/0,05)^{0,07} = 0,19$

součinitel drsnosti: $c_r(z) = k_r * \ln(z/z_0) = 0,19 * \ln(15/0,05) = 1,08$

součinitel horopisu: $c_0 = 1$

střední rychlost větru: $v_m(z) = c_r * c_0 * v_b = 1,08 * 1 * 22,5 = 24,384 \text{ m/s}$

Maximální dynamický tlak:

součinitel expoziční podle tab. 5.3.:	$c_e(z) = 2,5$
měrná hmotnost vzduchu:	$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
základní dynamický tlak větru:	$q_b(z) = 371,602 \text{ Pa}$
maximální dynamický tlak větru:	$q_b = c_e * q_b = 2,5 * 371,602 = 929,005 \text{ Pa}$

Síly od větru:

součinitel konstrukce: $c_s c_d = 0,9$	
redukční součinitel pro čtvercové průřezy:	$\psi_r = 1$
součinitel koncového efektu:	$\psi_\lambda = 1$
součinitel síly pro pravoúhlé průřezy 5.15	
• Oblouk:	$c_{f,1} = 2,0$
• Hlavní nosník:	$c_{f,2} = 2,1$
• Zábradlí:	$c_{f,3} = 2,0$

Referenční plocha:

- Oblouk: $A_{ref,1} = 0,45 \text{ m}$
- Hlavní nosník: $A_{ref,2} = 0,9 \text{ m}$
- Zábradlí: $A_{ref,3} = 0,73 \text{ m}$

Zatížení na ($q_{wk} = c_s * c_d * c_f * q_b * A_{ref}$)

oblouk:	$q_{wk} = 0,9 * 2 * 929,005 * 0,45 = 0,752 \text{ kN/m}$
hlavní nosník:	$q_{wk} = 0,9 * 2,1 * 929,005 * 0,9 = 1,58 \text{ kN/m}$
zábradlí:	$q_{wk} = 0,9 * 2 * 929,005 * 0,73 = 1,22 \text{ kN/m}$

3.2.4 Zatížení teplotou

Dle skript Ocelové konstrukce – zatížení. Nosná konstrukce je začleněná jako 1. typ: ocelová nosná konstrukce.

Rovnoměrná složka teplot:

Z map maximálních a minimálních teplot vzduchu ve stínu v místě stavby se stanoví maximální a minimální rovnoměrné teploty mostu:

$$T_{N,max} = 40^\circ \text{C}$$

$$T_{N,min} = -32^\circ \text{C}$$

$$\text{výchozí teplota } T_0 = 10^\circ \text{C}$$

$$\text{maximální rozsah kladných teplot: } \Delta T_{N,con} = T_{N,max} - T_0 = 40 - 10 = 30^\circ \text{C}$$

$$\text{maximální rozsah záporných teplot: } \Delta T_{N,exp} = T_0 - T_{N,min} = 10 + 32 = 42^\circ \text{C}$$

$$\text{celkový rozsah teplot: } \Delta T_N = T_{N,max} - T_{N,min} = 40 + 32 = 72^\circ \text{C}$$

3.3 Kombinace zatížení

3.3.1 Zatěžovací stavy

Pro návrh a posouzení prvků ocelového mostu je použito 14 zatěžovacích stavů:

Vlastní tíha konstrukce

Předpětí – dvě lana byla předeprnuta na sílu 10 kN, dvě na sílu 5 kN a ostatní lana na aktivační sílu 3 kN.

- Chodci**
- Chodci na celém mostě
 - Chodci na půlce mostu
 - Chodci na půlce oblouku mostu
 - Chodci na celém oblouku mostu
 - Chodci ve středních dvou čtvrtinách mostu
 - Chodci na krajních polích mostu
 - Chodci umístění mezi lanama po 4 metrech o čtyřmetrových polích
 - Chodci ve dvou krajních čtvrtinách mostu

Obslužné vozidlo/vozidlo záchranné služby

Příčný vítr

- Teplota:**
- Ochlazení
 - Oteplení

3.3.2 Kombinace účinků

Tyto zatěžovací stavy jsou zařazené do 5 účinku zatížení:

- U1. Stále zatížení** (působí současně)
- U2. Předpětí** (působí současně)
- U3. Vítr** (působí střídavě)
- U4. GR1 – chodci a vozidlo** (působí rozdílně)
- U5. Teplota** (působí rozdílně)

Následně je vytvořeno 16 kombinací účinků:

Mezní stav únosnosti:

KÚ1. Stále + předpětí

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,35	
předpětí	1,00	

Tabulka 1: Součinitele pro 1. kombinaci účinků.

KÚ2. Stále + předpětí + vítr

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,35	
předpětí	1,00	
vítr	1,5	

Tabulka 2: Součinitele pro 2. kombinaci účinků.

KÚ3. Stálé + předpětí + vítr + gr1

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,35	
předpětí	1,00	
vítr	1,50	
gr1	1,35	0,4

Tabulka 3: Součinitele pro 3. kombinaci účinků.

KÚ4. Stálé + předpětí + teplota

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,35	
předpětí	1,00	
teplota	1,50	

Tabulka 4: Součinitele pro 4. kombinaci účinků.

KÚ5. Stálé + předpětí + teplota + gr1

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,00	
předpětí	1,00	
teplota	1,5	
gr1	1,35	0,4

Tabulka 5: Součinitele pro 5. kombinaci účinků.

KÚ6. Stálé + předpětí + gr1

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,00	
předpětí	1,00	
gr1	1,35	

Tabulka 6: Součinitele pro 6. kombinaci účinků.

KÚ7. Stálé + předpětí + vítr + gr1

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,00	
předpětí	1,00	
vítr	1,5	0,3
gr1	1,35	

Tabulka 7: Součinitele pro 7. kombinaci účinků.

KÚ8. Stálé + předpětí + teplota + gr1

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,00	
předpětí	1,00	
teplota	1,5	0,6
gr1	1,35	

Tabulka 8: Součinitele pro 8. kombinaci účinků.

Mezní stav použitelnosti:

KÚ9. Stále + předpětí

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,00	
předpětí	1,00	

Tabulka 9: Součinitele pro 9. kombinaci účinků.

KÚ10. Stále + předpětí + vítr

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,00	
předpětí	1,00	
vítr	1,00	

Tabulka 10: Součinitele pro 10. kombinaci účinků.

KÚ11. Stálé + předpětí + vítr + gr1

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,00	
předpětí	1,00	
vítr	1,00	
gr1	1,00	0,4

Tabulka 11: Součinitele pro 11. kombinaci účinků.

KÚ12. Stálé + předpětí + teplota

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,35	
předpětí	1,00	
teplota	1,00	

Tabulka 12: Součinitele pro 12. kombinaci účinků.

KÚ13. Stálé + předpětí + teplota + gr1

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,00	
předpětí	1,00	
teplota	1,00	
gr1	1,00	0,4

Tabulka 13: Součinitele pro 13. kombinaci účinků.

KÚ14. Stálé + předpětí + gr1

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,00	
předpětí	1,00	
gr1	1,00	

Tabulka 14: Součinitele pro 14. kombinaci účinků.

KÚ15. Stálé + předpětí + vítr + gr1

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,00	
předpětí	1,00	
vítr	1,00	0,3
gr1	1,00	

Tabulka 15: Součinitele pro 15. kombinaci účinků.

KÚ16. Stálé + předpětí + teplota + gr1

	γ_f	ψ_0
stále zatížení	1,00	
předpětí	1,00	
teplota	1,00	0,6
gr1	1,00	

Tabulka 16: Součinitele pro 16. kombinaci účinků.

Podle kombinací účinků a působení jednotlivých zatěžovacích stavů z kategorie účinků se vytvoří kombinace zatížení. Ze 67 kombinací zatížení mezního stavu únosnosti a 67 kombinací zatížení mezního stavu použitelnosti se posuzují nosné prvky konstrukce.

Kombinace pro mezní stav únosnosti podle normy ČSN EN 1990 vycházejí z rovnice:

$$6.10 \quad \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kombinace pro mezní stav použitelnosti podle normy ČSN EN 1990 vycházejí z rovnice:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

4 Posouzení nosné konstrukce

4.1 Podlahová fošna

4.1.1 Materiál

Topolové dřevo C35.

Třída pevnosti	C35	
pevnost v ohybu	$f_{m,k}$ [MPa]	35
pevnost v tahu	$f_{t,0,k}$ [MPa]	21
	$f_{t,90,k}$ [MPa]	0,6
pevnost v tlaku	$f_{c,0,k}$ [MPa]	25
	$f_{c,90,k}$ [MPa]	2,8
pevnost ve smyku	$f_{v,k}$ [MPa]	3,4
modul pružnosti v tahu, tlaku	$E_{0,mean}$ [GPa]	13
	$E_{0,05}$ [GPa]	8,7
smykový modul	G_{mean} [GPa]	0,81
hustota	ρ [kg/m ³]	400

Tabulka 17: Materiálové vlastnosti podlahové fošny.

Modifikační součinitel pro třídu vlhkosti a trvání zatížení: $k_{mod} = 0,7$

Dílčí součinitel vlastnosti materiálu – rostlé dřevo: $\gamma_M = 1,3$

$$f_{m,d} = k_{mod} * \frac{f_{m,y,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{35}{1,3} = 18,85 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{21}{1,3} = 11,31 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{0,6}{1,3} = 0,32 \text{ MPa}$$

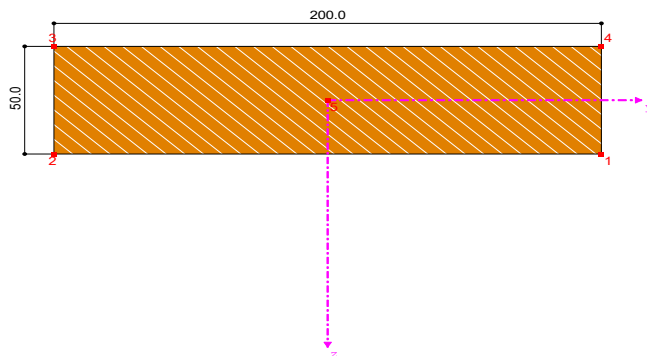
$$f_{c,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{25}{1,3} = 13,46 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 * \frac{3,4}{1,3} = 1,83 \text{ MPa}$$

4.1.2 Průřezové charakteristiky

Podlahová fošna je navržena jako průřez z rostlého dřeva o rozměrech 200/50 mm.

T-obdélník 200/50



[mm]

Obrázek 9: Průřez dřevěný podlahový fošny 200/50.

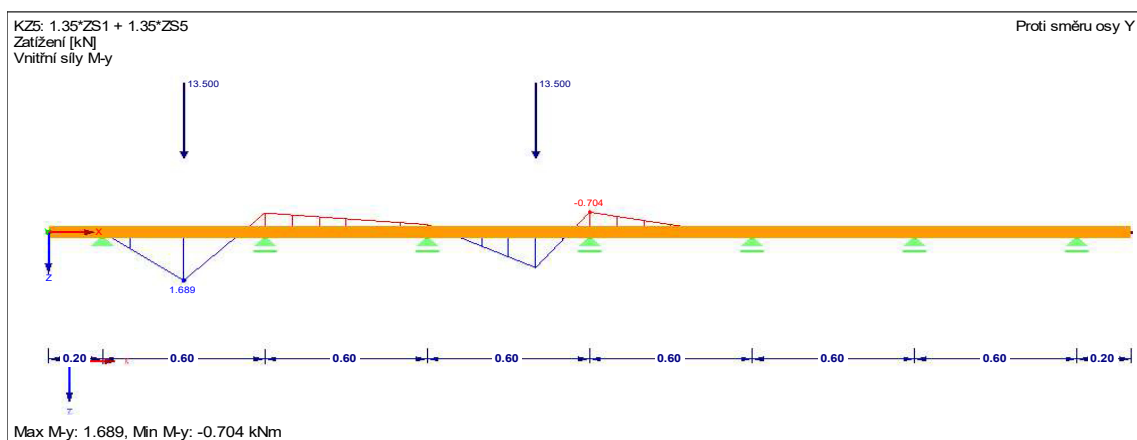
Výška	h	50	mm
Plocha průřezu	A	10000,0	mm ²
Moment setrvačnosti	I _y	2083330,0	mm ⁴
Elastický průřezový modul	W _y	83333,3	mm ³

Tabulka 18: Průřezové charakteristiky podlahový fošny.

Posouzení MSÚ

4.1.3 Posouzení na ohyb

Rozhodující zatížení – stále a proměnné (vozidlo)



Obrázek 10: Průběh ohybových momentů na podlahový fošně.

$$M_{y,Rd} = f_{m,d} * W_y = 18,85 * 10 * 10^4 * 10^{-6} = \mathbf{1,885 \text{ kNm}}$$

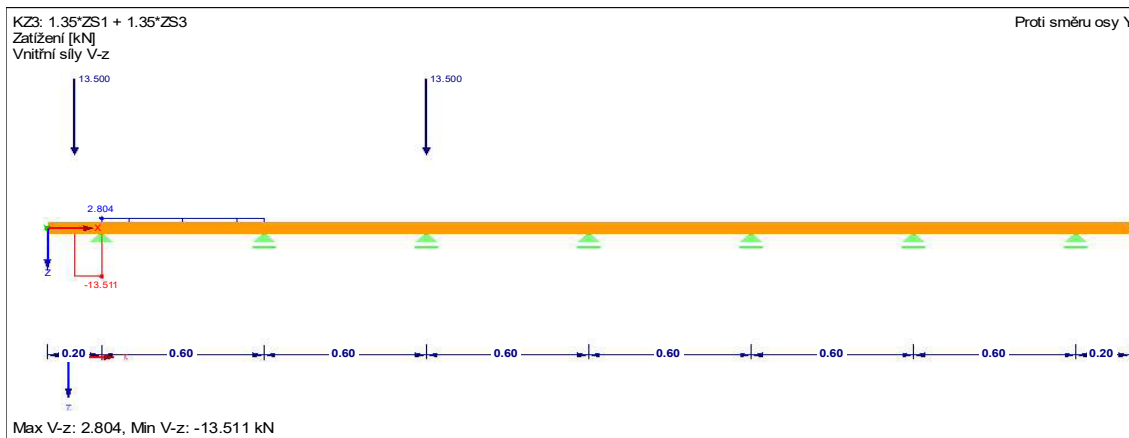
$$M_{y,Ed} = \mathbf{1,689 \text{ kNm}}$$

$$M_{y,Rd} > M_{y,Ed}$$

Vyhovuje na ohyb (90%)

4.1.4 Posouzení na smyk

Rozhodující zatížení – stále a proměnné (vozidlo)



Obrázek 11: Průběh posouvajících sil na podlahový fošně.

$$V_{pl,Rd} = A * f_{v,d} = 10 * 10^3 * 1,62 = \mathbf{16,2 \text{ kN}}$$

$$V_{z,Ed} = \mathbf{13,511 \text{ kN}}$$

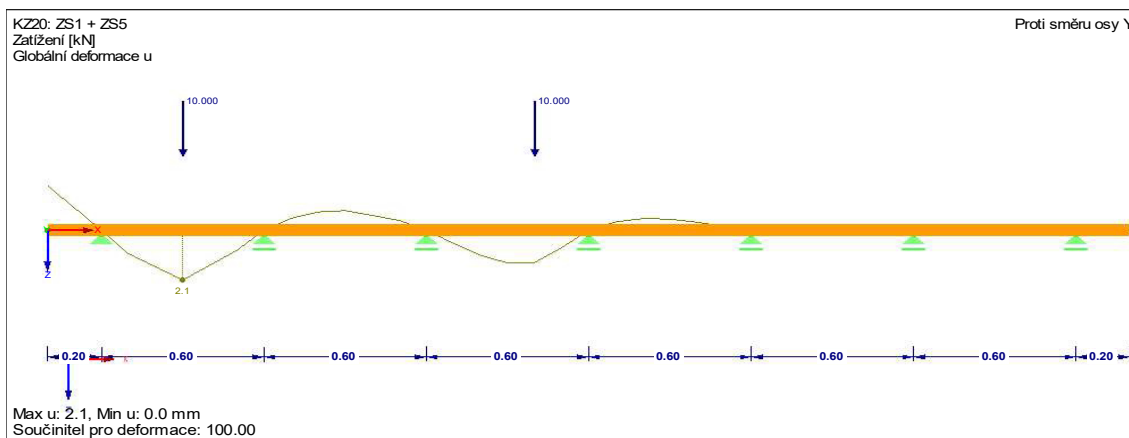
$$V_{pl,Rd} > V_{z,Ed}$$

Vyhovuje na smyk (84%)

Posouzení MSP

4.1.5 Posouzení na průhyb

Rozhodující zatížení – stále a proměnné (vozidlo)



Obrázek 12: Průběh průhybu na podlahový fošně.

$$u = \mathbf{2,1 \text{ mm}}$$

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{600}{250} = 2,4 \text{ mm}$$

$$u < u_{lim}$$

Vyhovuje na průhyb

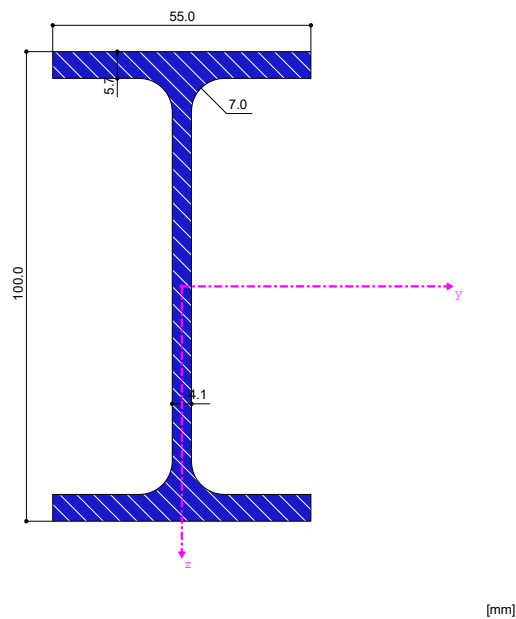
4.2 Podélník

Ocel S355.

4.2.1 Průřezové charakteristiky

Pro podélník byl zvolen průřez IPE 100.

IPE 100



Obrázek 13: Průřez podélníku IPE 100.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška profilu	h	100	mm
Šířka profilu	b	55,0	mm
Tloušťka stojiny	t _w	4,1	mm
Tloušťka pásnice	t _f	5,7	mm
Plocha průřezu	A	1032	mm ²
Plastická smyková plocha	A _{pl,y}	627,0	mm ²
Plastická smyková plocha	A _{pl,z}	386,6	mm ²
Moment setrvačnosti	I _y	1710000,0	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I _z	159200,0	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i _y	41	mm
Poloměr setrvačnosti	i _z	12	mm
Hmotnost průřezu	G	8,1	kg/m
Elastický průřezový modul	W _y	34200,0	mm ³
Elastický průřezový modul	W _z	5790,0	mm ³
Výsečový průřezový modul	W _{@v}	269932	mm ⁴
Statický moment	S _{y,max}	19705	mm ³
Statický moment	S _{z,max}	2155,3	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,y}	39410,0	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,z}	9150,0	mm ³

Tabulka 19: Průřezové charakteristiky podélníku.

4.2.2 Zatřídění průřezu

- **Pásnice(tlak)**

Délka c_f= 18,4 mm

Tloušťka t_f = 5,7 mm

$$\text{Součinitel materiálu: } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Max poměr c/t pro Třídou 1: 9*ε = 7,326

Poměr c/t= 3,228 **Třída 1**

- **Stojina(tlak)**

Délka c_w= 74,6 mm

Tloušťka t_w = 4,1 mm

$$\text{Součinitel materiálu: } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

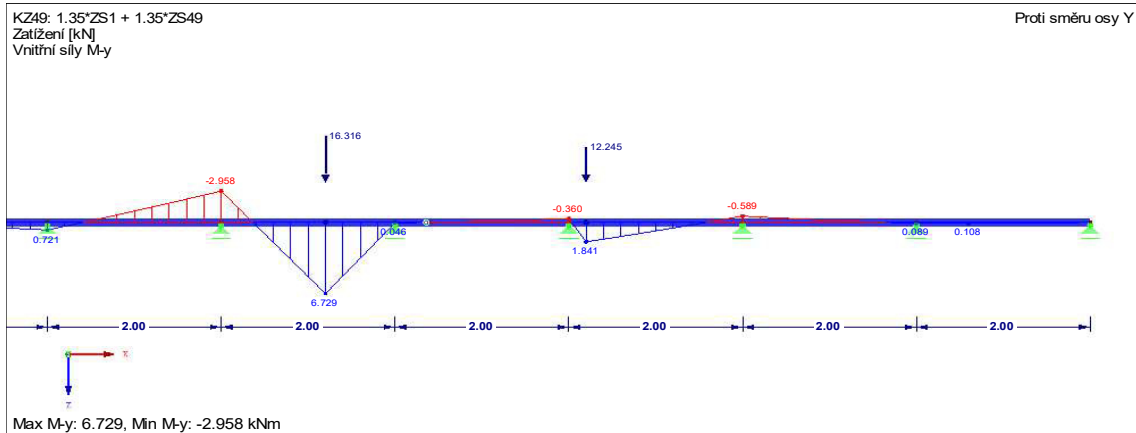
Max poměr c/t pro Třída 1: $38 \cdot \epsilon = 30,932$

Poměr c/t= 18,195 **Třída 1**

Posouzení MSÚ

4.2.3 Posouzení podélníku na ohyb

Rozhodující zatížení – stále a proměnné (vozidlo).



Obrázek 14: Průběh ohybových momentů na podélníku.

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y \cdot W_{y,pl}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 \cdot 39410 \cdot 10^{-6}}{1,0} = 13,99 \text{ kNm}$$

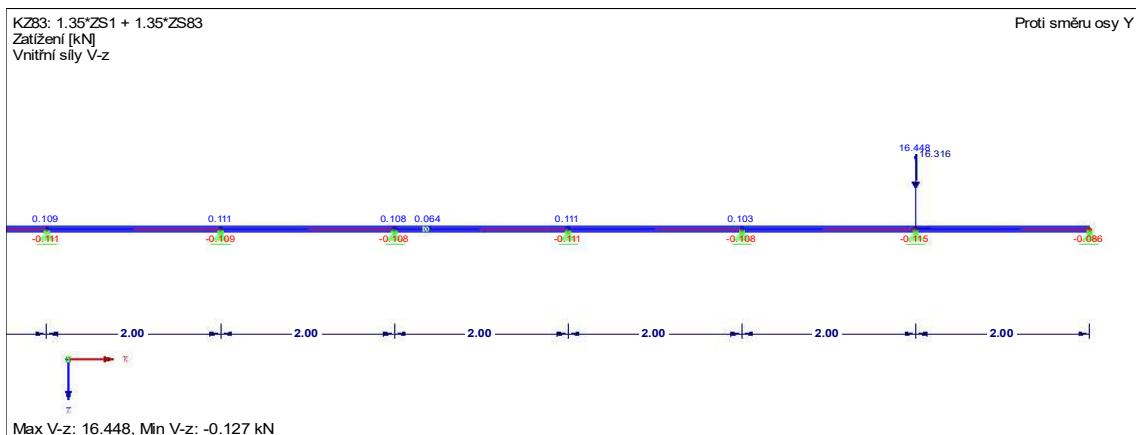
$$M_{y,Ed} = 6,729 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} > M_{y,Ed}$$

Vyhovuje na ohyb(48%)

4.2.4 Posouzení smyk

Rozhodující zatížení – stále a proměnné (vozidlo)



Obrázek 15: Průběh posouvající síly na podélníku.

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_w \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{386,6 \cdot 355}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 79,237 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 16,448 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

$$0,5 * V_{Rd} > V_{Ed}$$

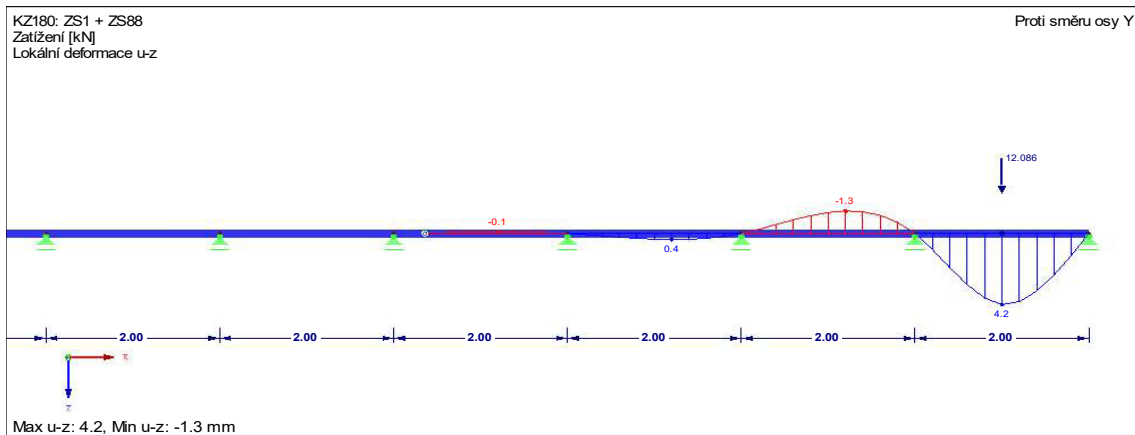
Jde o „malý smyk“ tehdy se nemusí uvažovat interakce ohybu a smyku.

Vyhovuje na smyk (21%)

Posouzení MSP

4.2.5 Posouzení průhyb

Rozhodující zatížení – stálé a proměnné (obslužné vozidlo)



Obrázek 16: Průběh průhybu na podélníku.

$$u = 4,2 \text{ mm}$$

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{2000}{250} = 8,0 \text{ mm}$$

$$u < u_{lim}$$

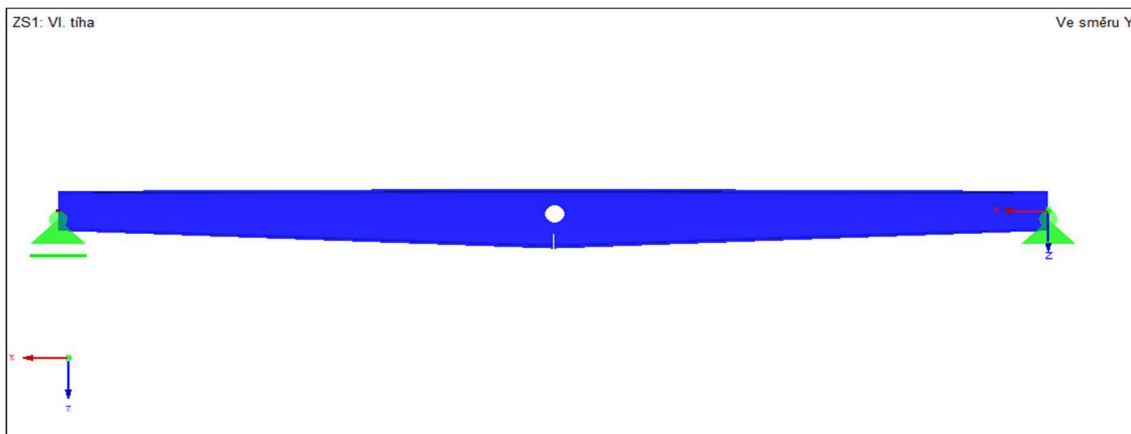
Vyhovuje na průhyb

4.3 Příčník

Materiál Ocel S355.

4.3.1 Průřezové charakteristiky

Příčník je proměnného průřezu kvůli lepším aerodynamickým vlastnostem a estetičnosti. Střed nosníku je namáhaný momentem a kraje jsou namáhané posouvající silou. Příčník je svařovaného průřezu s rozměry dle IPE. Na krajích je průřezu IPE 180 a ve středu je průřezu IPE 270. Ve středu nosníku je kruhový otvor o průměru 100 mm kvůli příčným ztužidlům mostovky, které procházejí přes tyto otvory. Tento otvor se při posouzení na ohyb od největšího momentu zanedbává, protože má malý vliv na ohybovou únosnost příčníku.



Obrázek 17: Průřez příčnicku.

Průřezová charakteristika	Symbol	IPE 180	IPE 270	Jednotky
Výška profilu	h	180	270	mm
Šířka profilu	b	91	135	mm
Tloušťka stojiny	t_w	5,3	6,6	mm
Tloušťka pásnice	t_f	8,0	10,2	mm
Plocha průřezu	A	2395,0	4595,0	mm ²
Plastická smyková plocha	A_{ply}	1456,0	2299,8	mm ²
Plastická smyková plocha	$A_{pl,z}$	911,6	1657,2	mm ²
Moment setrvačnosti	I_y	13100000	57900000	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I_z	1009000	4199000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i_y	74,2	112,3	mm
Poloměr setrvačnosti	i_z	20,5	30,2	mm
Hmotnost průřezu	G	18,4	36,1	kg/m
Elastický průřezový modul	W_y	146300	428900	mm ³
Elastický průřezový modul	W_z	22160	62200	mm ³
Statický moment	$S_{y,max}$	83200	242000	mm ³
Statický moment	$S_{z,max}$	8281,0	23236,9	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,y}$	166400	484000	mm ³
Plastický průřezový modul	$W_{pl,z}$	34600	96950	mm ³

Tabulka 20: Průřezové charakteristiky příčnicku.

4.3.2 Zatřídění průřezu

Z hlediska bezpečnosti se zatřídí jen IPE 270.

- **Pásnice(tlak)**

Délka $c_f = 49,2$ mm

Tloušťka $t_f = 10,2$ mm

$$\text{Součinitel materiálu } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Max poměr c/t pro Třída 1: $9 \cdot \varepsilon = 7,326$

Poměr c/t= 4,823 **Třída 1**

○ **Stojina (tlak a ohyb)**

Délka $c_w = 219,6$ mm

Tloušťka $t_w = 6,6$ mm

$$\text{Součinitel materiálu: } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Podíl tlaku (z programu Dlubal): $\alpha = 0,536$

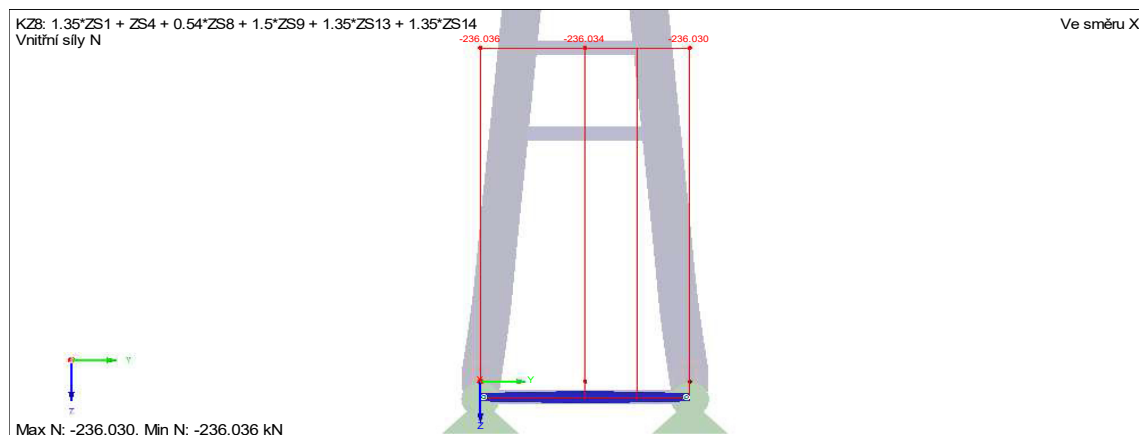
$$\text{Max poměr c/t pro Třída 1: } \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{396 \cdot 0,814}{13 \cdot 0,536} = 54,012$$

Poměr c/t= 33,273 **Třída 1**

Posouzení MSÚ

4.3.3 Posouzení na vzpěr

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ8 kde působí chodci na krajních polích a příčný vítr. Z důvodu bezpečnosti bereme plochu a poloměry setrvačnosti menšího průřezu.



Obrázek 18: Průběh normálových sil na příčniku.

○ **Vybočení v rovině nosníku**

Vzpěrná délka (celková vzdálenost) $L_{cr,y} = 4000$ mm

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{\perp} = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_{\perp}} = \frac{4000}{74,2} * \frac{1}{76,409} = 0,706$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti b.

Součinitel vzpěrnosti (z tabulky) $\chi_y = 0,780$

○ **Vybočení z roviny nosníku**

Vzpěrná délka (vzdálenost mezi podélníky):

$$L_{cr,z} = 600 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{600}{20,5} * \frac{1}{76,409} = 0,383$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti c.

Součinitel vzpěrnosti (z tabulky) $\chi_z = 0,905$

Rozhoduje vybočení z roviny nosníku

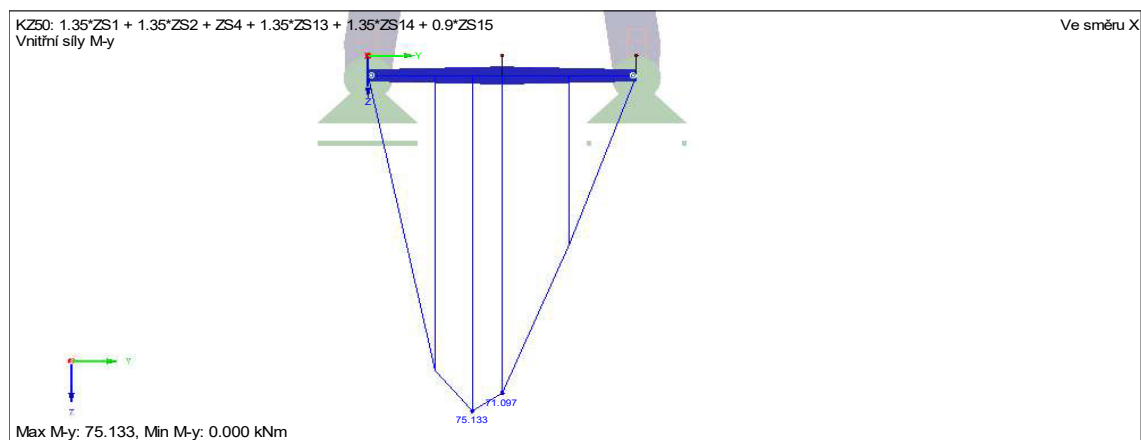
Návrhová únosnost

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,78 * 2395 * 355}{1,1 * 10^3} = \mathbf{602,887 \text{ kN}} > N_{Ed} = \mathbf{23,036 \text{ kN}}$$

Vyhovuje na vzpěr (39%)

4.3.4 Posouzení na ohyb

Rozhodující zatížení – KZ 50 (vlastní tíha, chodci na celém mostě, oteplení).



Obrázek 19: Průběh ohybových momentů na příčnici.

$$M_{y,Rd} = \frac{f_{y,d} * W_{y,pl}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 * 48,4 * 10^4 * 10^{-6}}{1,0} = \mathbf{171,82 \text{ kNm}}$$

$$M_{y,Ed} = \mathbf{75,133 \text{ kNm}}$$

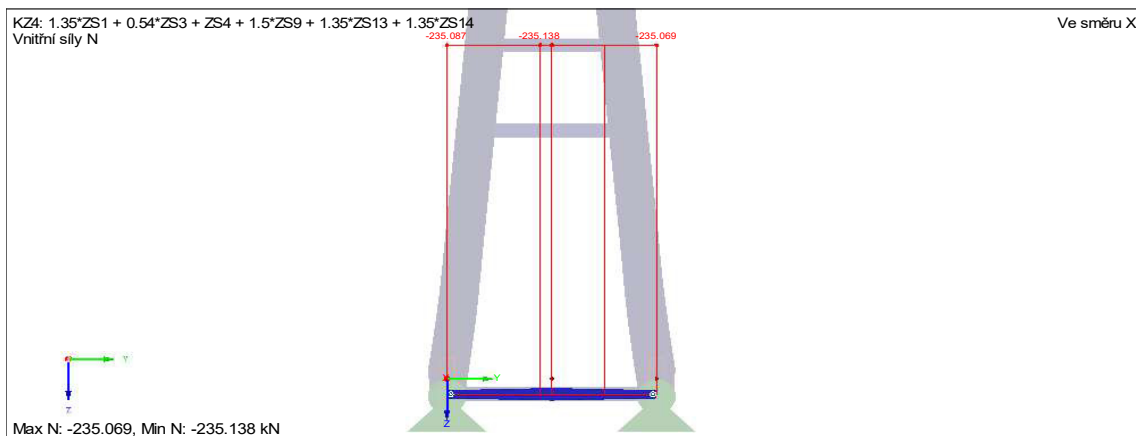
$$M_{y,Rd} > M_{y,Ed}$$

Vyhovuje na ohyb (44%)

4.3.5 Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu

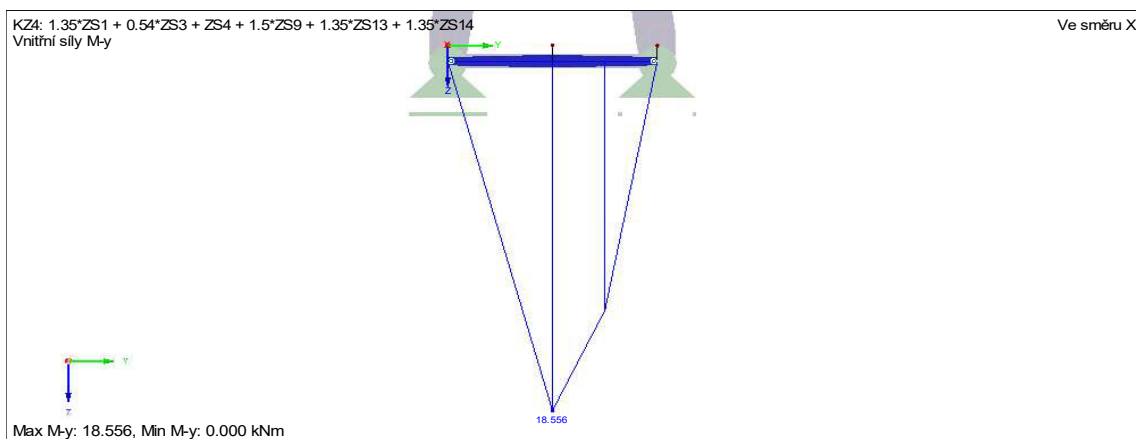
Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ4 kde působí chodci na jedné polovici oblouku a příčný vítr. $N_{Ed} = -235,138 \text{ kN}$, $M_y = 18,556 \text{ kNm}$, $M_z = 0$.

Normálová síla:



Obrázek 20: Průběh normálových sil na příčniku.

Moment M_y :



Obrázek 21: Průběh ohybových momentů na příčniku.

Součinitele ekvivalentního konstantního momentu (dle průběhu momentu z tabulek):

$$C_{my} = 0,95$$

Interakční součinitele:

$$k_{yy} = C_{my} * \min \left(1 + (\lambda'_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \gamma_{M1} * N_{Rd}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \gamma_{M1} * N_{Rd}} \right) = 0,95 * \min \left(1 + (0,706 - 0,2) * \frac{235,138}{602,887}, 1 + 0,8 * \frac{235,138}{602,887} \right) = 1,137$$

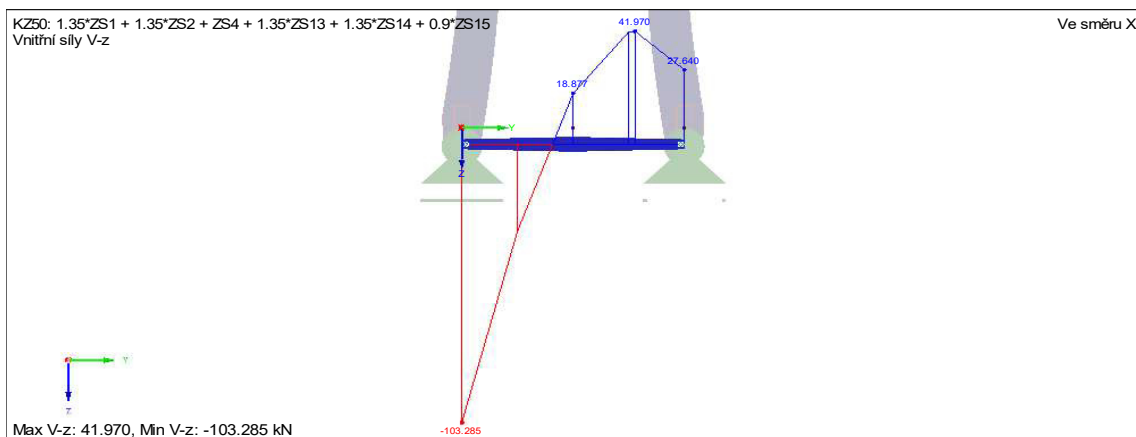
Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{235,138}{602,887} + 1,137 * \frac{18,556}{\frac{171,82}{1,1}} = 0,525 \leq 1$$

Vyhovuje (53%)

4.3.6 Posouzení na smyk

Příčnick je navržen na maximální posouvající sílu, kterou vyvozuje kombinaci zatížení KZ50 kde působí chodci na celém mostě a oteplení.



Obrázek 22: Průběh posouvajících sil na příčniku.

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_w * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{911,6 * 355}{1,0 * \sqrt{3}} = \mathbf{186,840 \text{ kN}}$$

$$V_{Ed} = \mathbf{103,285 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

$$0,5 * V_{Rd} > V_{Ed}$$

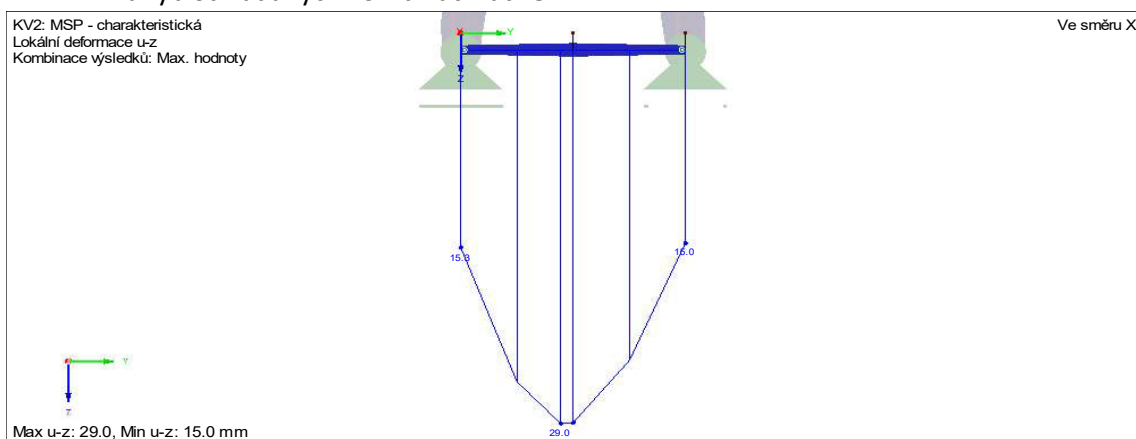
V tomto případě se nemusí uvažovat interakce ohybu a smyku, protože v místě největší posouvající síly je velikost momentu zanedbatelná.

Vyhovuje na smyk (55%)

Posouzení MSP

4.3.6.1 Posouzení na průhyb

Průhyb od zadaných kombinací zatížení.



Obrázek 23: Průběh průhybu na příčniku.

$$u = 29,0 - 15,0 = \mathbf{14,0 \text{ mm}}$$

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{4000}{250} = \mathbf{16,0 \text{ mm}}$$

$$u < u_{lim}$$

Vyhovuje na průhyb

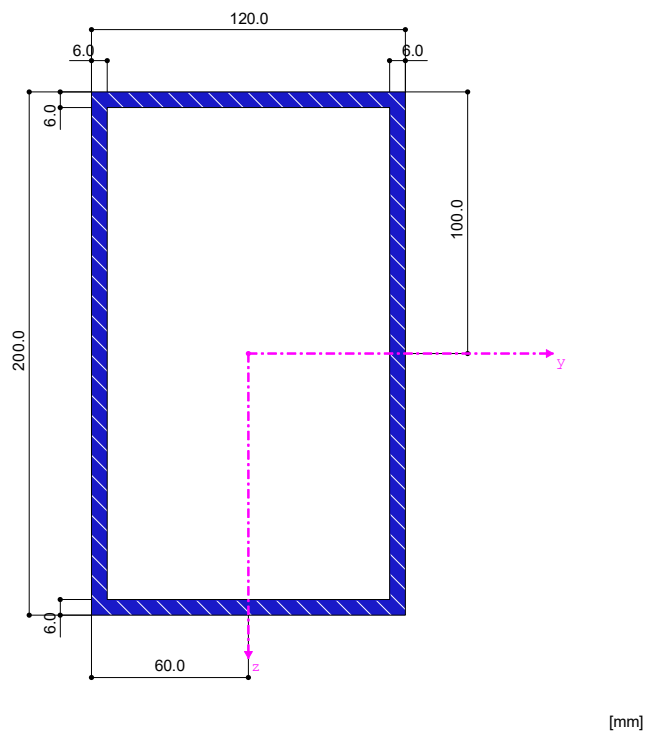
4.4 Trám u podpor

Materiál ocel S355.

4.4.1 Průřezové charakteristiky

Trám je obdélníkového svařovaného průřezu. Tak jako u příčnicku, trám má ve střede kruhový otvor o průměru 100 mm kvůli příčným ztužidlům mostovky, které procházejí přes tyto otvory. Tento otvor se při posouzení na ohyb od největšího momentu zanedbává, protože má malý vliv na ohybovou únosnost trámu.

TO 200/120/6/6/6/6



[mm]

Obrázek 24: Průřez trámu u podpor.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška	a	200	mm
Šířka	b	120,0	mm
Tloušťka stěn	t	6,0	mm
Plocha průřezu	A	3696,0	mm ²
Smyková plocha	A _y	979	mm ²
Smyková plocha	A _z	2108	mm ²
Moment setrvačnosti	I _y	20200000,0	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I _z	9064510,0	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i _y	73,9	mm
Poloměr setrvačnosti	i _z	50	mm
Hmotnost průřezu	G	29	kg/m
Elastický průřezový modul	W _y	201980,0	mm ³
Elastický průřezový modul	W _z	151075,0	mm ³
Statický moment	S _{y,max}	61428,0	mm ³
Statický moment	S _{z,max}	42948	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,y,max}	245712	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,z,max}	171792,0	mm ³

Tabulka 21: Průřezové charakteristiky trámu u podpor.

4.4.2 Zatřídění průřezu

- **Pásnice(tlak)**

Délka $c_f = 108$ mm

Tloušťka $t_f = 6$ mm

$$\text{Součinitel materiálu } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Max poměr c/t pro Třída 1: $33 \cdot \varepsilon = 26,862$

Poměr $c/t=18$ **Třída 1**

- **Stojina (tlak)**

Délka $c_w = 188$ mm

Tloušťka $t_w = 6$ mm

$$\text{Součinitel materiálu: } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Podíl tlaku (z programu Dlubal): $\alpha = 0,89$

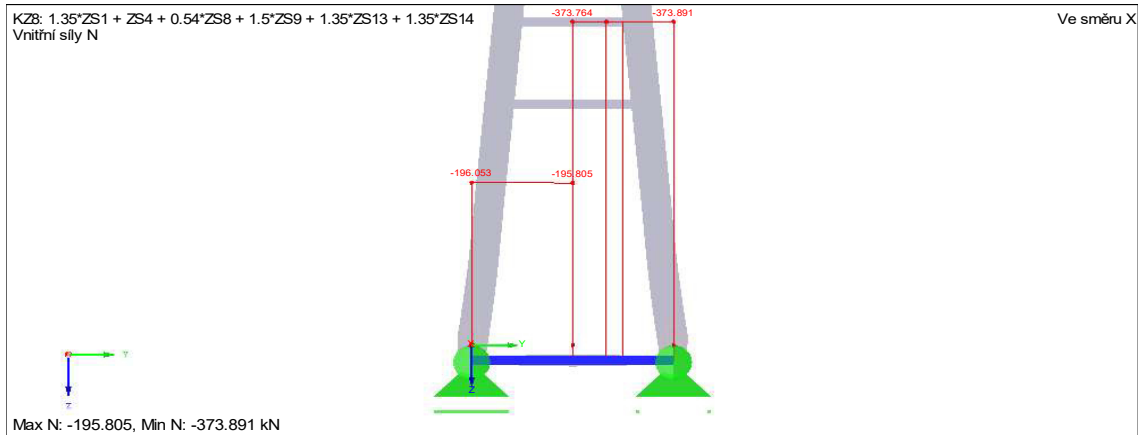
$$\text{Max poměr } c/t \text{ pro Třída 2: } \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{456 \cdot 0,814}{13 \cdot 0,89 - 1} = 35,117$$

Poměr $c/t = 31,333$ **Třída 2**

Posouzení MSÚ

4.4.3 Posouzení na vzpěr

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ8 (chodci na krajních polích a příčný vítr).



Obrázek 25: Průběh normálových sil na trámu u podpor.

- **Vybočení v rovině nosníku**

Vzpěrná délka (celková vzdálenost) $L_{cr,y} = 4000$ mm

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_x = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_x} = \frac{4000}{73,9} * \frac{1}{76,409} = 0,708$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti b.

Součinitel vzpěrnosti (z tabulky) $\chi_y = 0,779$

- **Vybočení z roviny nosníku**

Vzpěrná délka (vzdálenost mezi podélníky):

$L_{cr,z} = 600$ mm

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_x = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_x} = \frac{600}{50} * \frac{1}{76,409} = 0,157$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti b.

Součinitel vzpěrnosti (z tabulky) $\chi_z = 1$

Rozhoduje vybočení z roviny nosníku

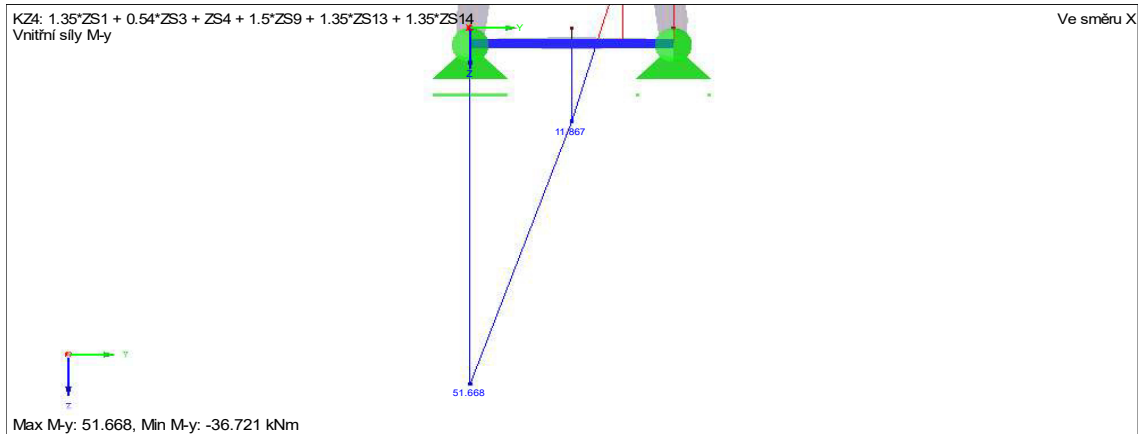
Návrhová únosnost

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,779 * 3696 * 355}{1,1 * 10^3} = 929,191 \text{ kN} > N_{Ed} = 373,891 \text{ kN}$$

Vyhovuje na vzpěr (40%)

4.4.4 Posouzení na ohyb

Rozhodující zatížení – KZ4 (chodci na pulce celého mostu, příčný vítr).



Obrázek 26: Průběh ohybových momentů na trámu u podpor.

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y * W_{y,pl}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 * 245712 * 10^{-6}}{1,0} = 8,228 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 5,668 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} > M_{y,Ed}$$

Vyhovuje na ohyb (59%)

4.4.5 Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ4 kde působí chodci na jedné polovici oblouku a příčný vítr. $N_{Ed} = -372,418 \text{ kN}$, $M_y = -36,721 \text{ kNm}$, $M_z = -1,484$ (zanedbáváme kvůli malému vlivu).

Součinitele ekvivalentního konstantního momentu (dle průběhu momentu z tabulek):

$$C_{my} = 0,4$$

Interakční součinitele:

$$k_{yy} = C_{my} * \min \left(1 + (\lambda_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rd}}{\gamma_{M1}}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rd}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,4 * \min \left(1 + (0,708 - 0,2) * \frac{372,418}{929,191}, 1 + 0,8 * \frac{372,418}{929,191} \right) = 0,481$$

Posouzení:

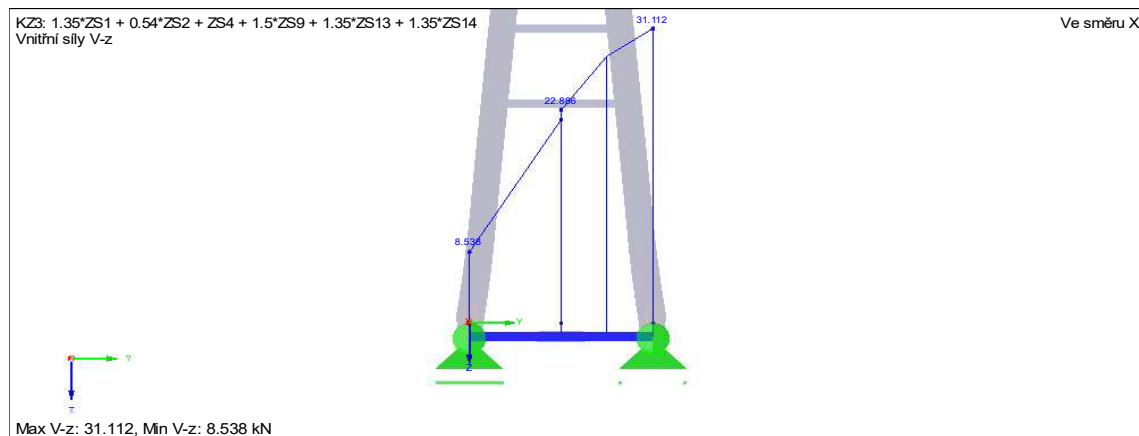
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{372,418}{929,191} + 0,481 * \frac{36,721}{\frac{87,228}{1,1}} = 0,624$$

$$\leq 1$$

Vyhovuje (62%)

4.4.6 Posouzení na smyk

Trám u podpor je navržen na maximální posouvající sílu, kterou vyvozuje kombinaci zatížení KZ3 kde působí chodci na celém mostě a příčný vítr.



Obrázek 27: Průběh posouvajících sil na trámu u podpor.

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_w * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{2108 * 355 * 10^{-3}}{1,0 * \sqrt{3}} = 432,054 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 31,112 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

$$0,5 * V_{Rd} > V_{Ed}$$

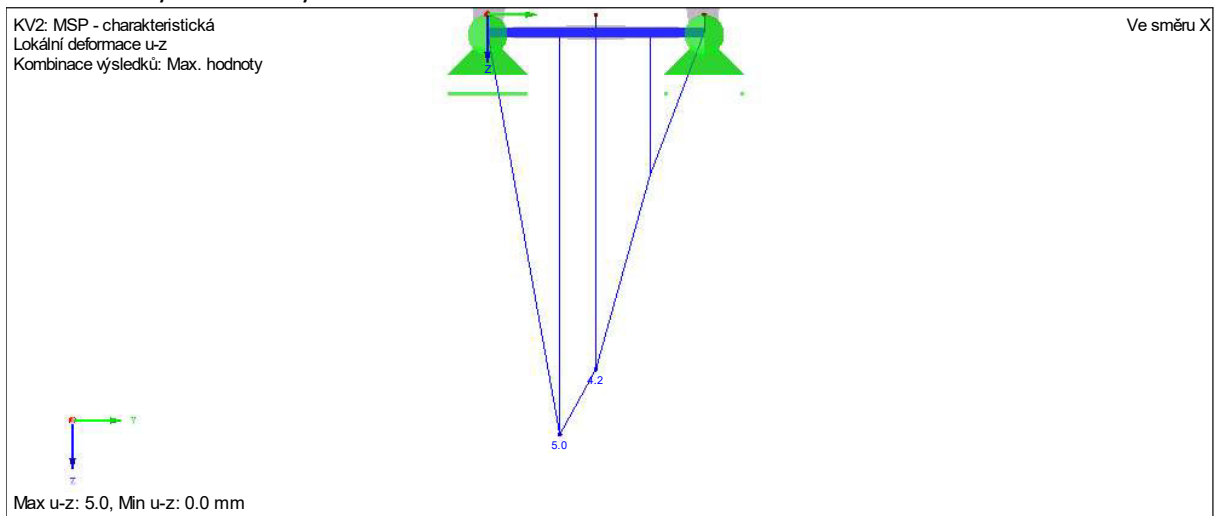
Jde o „malý smyk“ tehdy se nemusí uvažovat interakce ohybu a smyku.

Vyhovuje na smyk (7%)

Posouzení MSP

4.4.6.1 Posouzení na průhyb

Průhyb od zadaných kombinací zatížení.



Obrázek 28: Průběh průhybu na trámu u podpor.

$$u = 5 \text{ mm}$$

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{4000}{250} = 16,0 \text{ mm}$$

$$u < u_{lim}$$

Vyhovuje na průhyb

4.5 Ztužidla – diagonály v mostovce

Materiál ocel S460.

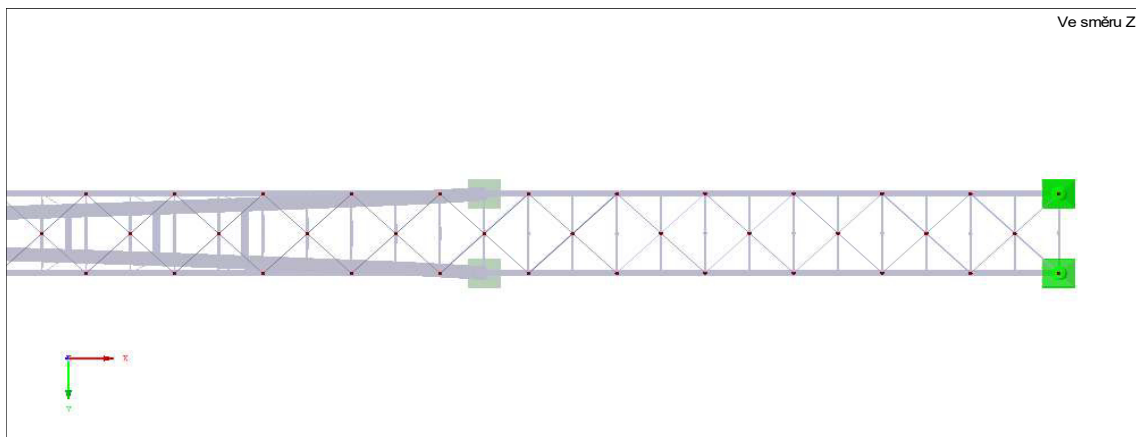
4.5.1 Průřezové charakteristiky

Ztužidla jsou umístěné ob příčnic v mostovce po každých 4 metrech a přecházejí přes otvory v příčnicích. Ztužidla jsou systému Macalloy M42(průměr 42 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

Obrázek 29: Vlastnosti táhel Macalloy.

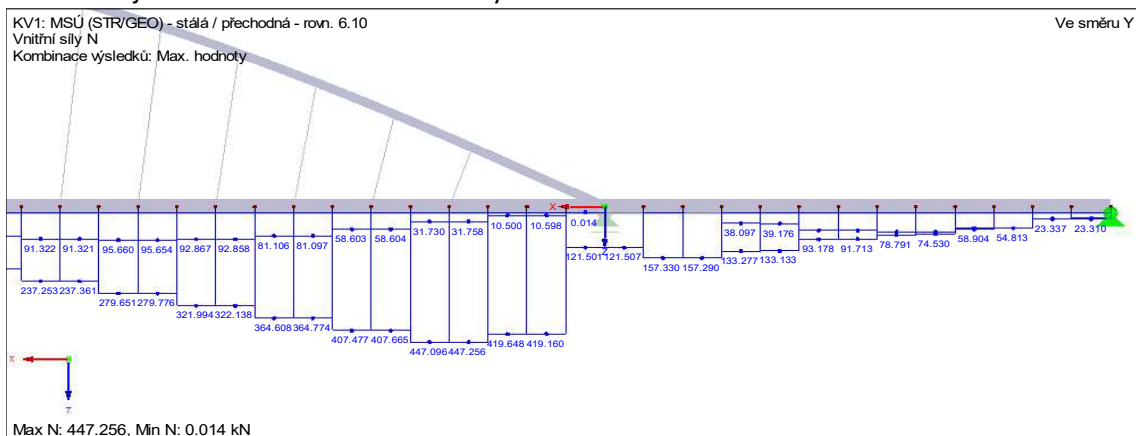


Obrázek 30: Umístění ztužidel v mostovce.

Posouzení MSÚ

4.5.2 Posouzení na tah

Největší normálová síla od zadaných kombinací zatížení.



Obrázek 31: Průběh normálových sil na ztužidlech v mostovce.

Návrhová únosnost v tahu je dána výrobcem.

$$N_{Rd} = 501 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 447,256 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} > N_{Ed}$$

Vyhovuje na tah (89%)

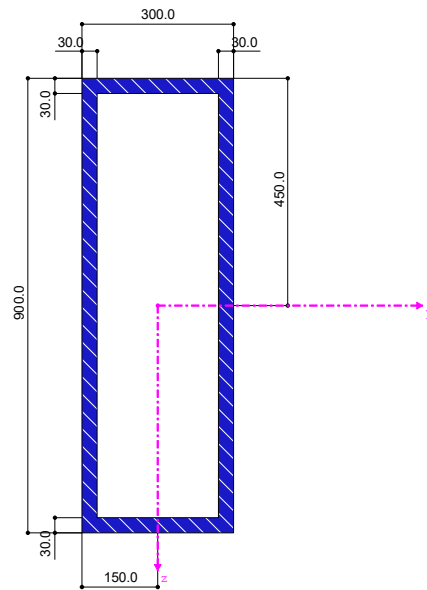
4.6 Hlavní nosník – krajní pole

Materiál ocel S355.

4.6.1 Průřezové charakteristiky

Hlavní nosník je uzavřený svařovaný obdélníkový profil o rozměrech 900/300/30.

TO 900/300/30/30/30/30



[mm]

Obrázek 32: Průřez hlavního nosníku-krajní pole TO900/300/30.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška	a	900	mm
Šířka	b	300,0	mm
Plocha průřezu	A	68400,0	mm ²
Plastická smyková plocha	A _y	8700,6	mm ²
Plastická smyková plocha	A _z	48558,4	mm ²
Moment setrvačnosti	I _y	6371000000	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I _z	1057000000,0	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i _y	305,2	mm
Poloměr setrvačnosti	i _z	124,3	mm
Hmotnost průřezu	G	537	kg/m
Elastický průřezový modul	W _y	14160000	mm ³
Elastický průřezový modul	W _z	7048800,0	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,y,max}	18410000,0	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,z,max}	8154000,0	mm ³

Tabulka 22: Průřezové charakteristiky hlavní nosník-krajní pole.

4.6.2 Zatřídění průřezu

- Pásnice (tlak)

Délka $c_f = 240$ mm

Tloušťka $t_f = 30$ mm

$$\text{Součinitel materiálu } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

$$\text{Max poměr } c/t \text{ pro Třída 1 : } 33 * \varepsilon = 26,86$$

Poměr $c/t=8$ **Třída 1**

- Stojina (tlak a ohyb)

Délka $c_w=840$ mm

Tloušťka $t_w=30$ mm

$$\text{Součinitel materiálu } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Podíl tlaku (z programu Dlubal): $\alpha = 0,515$

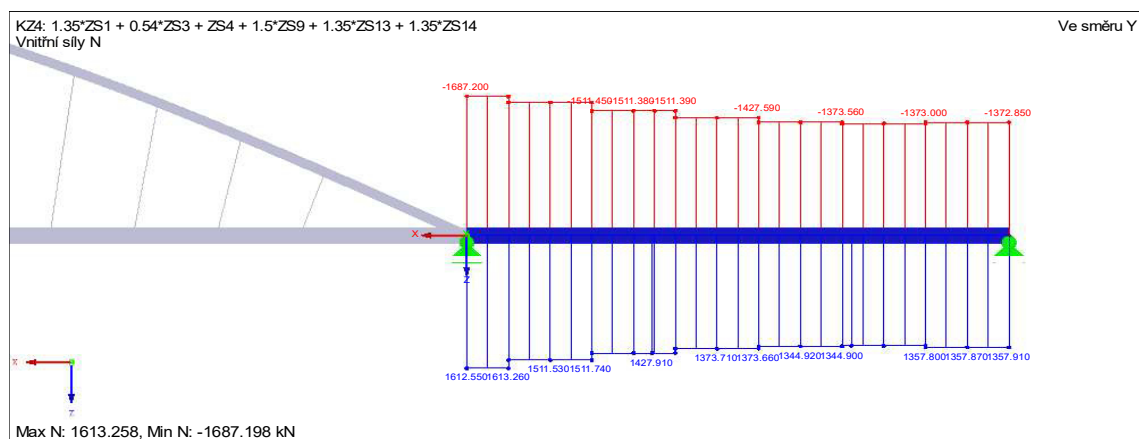
$$\text{Max poměr } c/t \text{ pro Třída 1: } \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * 0,814}{13 * 0,515 - 1} = 56,601$$

Poměr $c/t=28$ **Třída 1**

Posouzení MSÚ

4.6.3 Posouzení na vzpěr

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ4 kde působí chodci na jedné polovici oblouku a příčný vítr.



Obrázek 33: Průběh normálových sil na hlavním nosníku-krajní pole.

- **Vybočení v rovině nosníku:**

$$\text{Kritická síla } N_{cr} = \alpha_{cr} * N_{Ed} = 3,02 * 1689,198 = 4869,901 \text{ kN}$$

$$\text{Vzpěrná délka (vzdálenost mezi podporami): } L_{cr,y} = 26000 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{26000}{305,2} * \frac{1}{76,409} = 1,115$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti c: $\alpha=0,49$

Součinitel vzpěrnosti $\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,115 - 0,2) + 1,115^2] = 1,346$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{1,346 + \sqrt{1,346^2 - 1,115^2}} = 0,476$$

- **Vybočení z roviny nosníku:**

Vzpěrná délka (vzdálenost příčnicku): $L_{cr,z} = 2000$ mm

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_* = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_*} = \frac{2000}{124,3} * \frac{1}{76,409} = 0,211$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti c: $\alpha=0,49$

Součinitel vzpěrnosti $\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,211 - 0,2) + 0,211^2] = 0,525$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{0,525 + \sqrt{0,525^2 - 0,211^2}} = 0,994$$

Rozhoduje vybočení v rovine nosníku.

Návrhová únosnost:

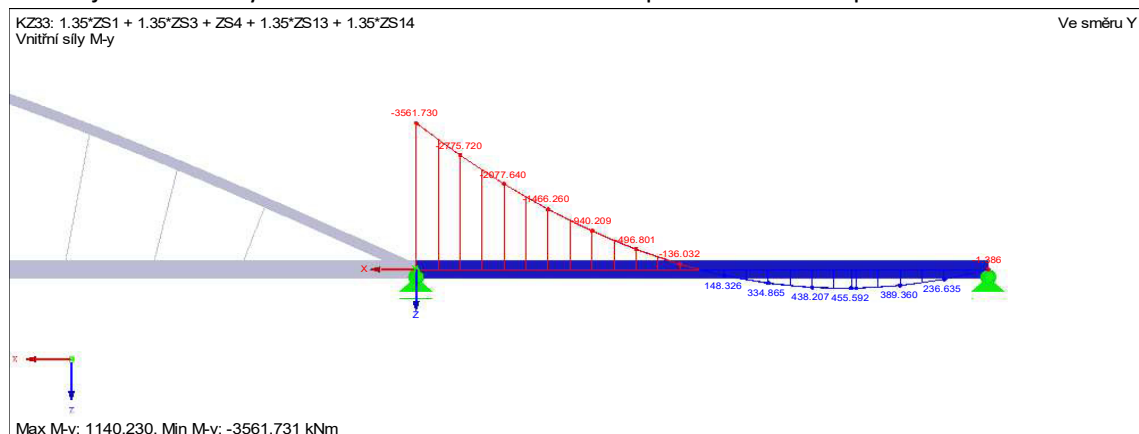
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,476 * 68400 * 355}{1,1 * 10^3} = 10507,484 \text{ kN} > N_{Ed} = 1707,05 \text{ kN}$$

Vyhovuje na vzpěr (16%)

4.6.4 Posouzení na ohyb

Průřez je uzavřený a tím neklopí, $\chi_{LT} = 1,0$.

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ33 kde působí chodci na pulce celého mostu.



Obrázek 34: Průběh ohybových momentů na hlavním nosníku-krajní pole.

Posouzení k ose Y:

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y * W_{y,pl}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 * 1,841 * 10^7 * 10^{-6}}{1,0} = 6535,55 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 3561,731 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} > M_{y,Ed}$$

Vyhovuje na ohyb (55%)

Posouzení k ose Z:

$$M_{z,Rd} = \frac{f_y * W_{z,pl}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 * 8,154 * 10^6 * 10^{-6}}{1,0} = 2894,67 \text{ kNm}$$

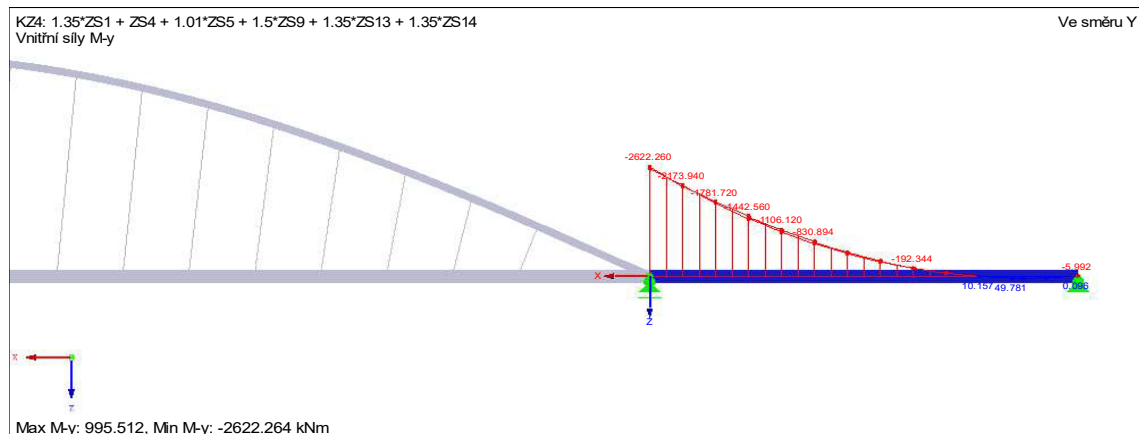
$$M_{z,Ed} = 178,523 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} > M_{z,Ed}$$

Vyhovuje na ohyb (6%)

4.6.5 Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ4 kde působí chodci na jedné polovici oblouku a příčný vítr. $N_{Ed} = -1689,198 \text{ kN}$, $M_y = -1828,896 \text{ kNm}$, $M_z = 112,907 \text{ kNm}$.



Obrázek 35: Průběh ohybových momentů na hlavním nosníku-krajní pole.

Součinitele ekvivalentního konstantního momentu (dle průběhu momentu z tabulek):

$$C_{my} = 0,4$$

$$C_{mz} = 0,4$$

Interakční součinitele:

$$k_{yy} = C_{my} * \min \left(1 + (\lambda'_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rd}}{\gamma_{M1}}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rd}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,4 * \min \left(1 + (1,115 - 0,2) * \frac{1689,198}{10507,484}, 1 + 0,8 * \frac{1689,198}{10507,484} \right) = 0,451$$

$$k_{zz} = C_{mz} * \min \left(1 + (\lambda'_z - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rd}}{\gamma_{M1}}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rd}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,4 * \min \left(1 + (0,211 - 0,2) * \frac{1689,198}{21942,098}, 1 + 0,8 * \frac{1689,198}{21942,098} \right) = 0,401$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 0,401 = 0,241$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,451 = 0,271$$

Posouzení:

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ = \frac{1689,198}{10507,484} + 0,451 * \frac{1828,896}{\frac{6535,55}{1,1}} + 0,241 * \frac{112,907}{\frac{2894,67}{1,1}} = 0,310 \\ \leq 1 \end{aligned}$$

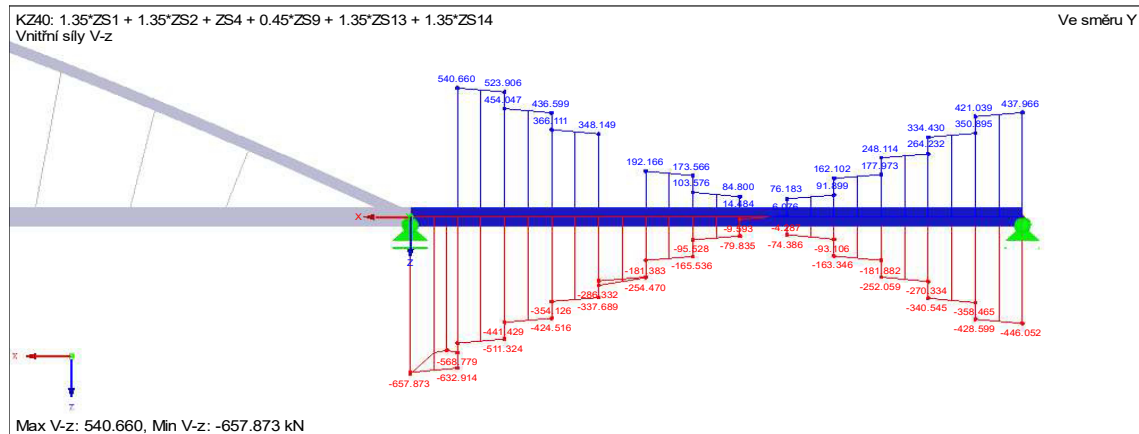
$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ = \frac{1689,198}{21942,098} + 0,271 * \frac{1828,896}{\frac{6535,55}{1,1}} + 0,401 * \frac{112,907}{\frac{2894,67}{1,1}} = 0,178 \\ \leq 1 \end{aligned}$$

Vyhovuje (31%)

4.6.6 Posouzení na smyk

Posouzení ve směru osy z:

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ40 kde působí chodci na celém moste a příčný vítr.



Obrázek 36: Průběh posouvajících sil ve směru osy Z na hlavním nosníku-krajní pole.

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz,z} * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{48558,4 * 355}{1,0 * \sqrt{3}} = 9952,498 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 65,873 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

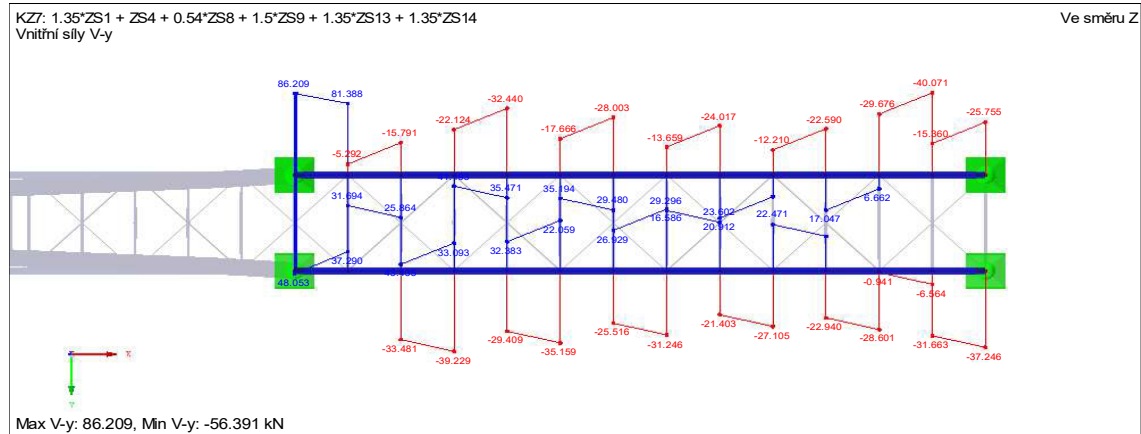
$$0,5 * V_{Rd} > V_{Ed}$$

Jde o „malý smyk“ tedy se nemusí uvažovat interakce ohybu a smyku.

Vyhovuje na smyk (7%)

Posouzení ve směru osy Y:

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ7 kde působí chodci v krajních polích a příčný vítr.



Obrázek 37: Průběh posouvajících sil ve směru osy Y na hlavním nosníku-krajní pole.

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz,y} * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{8700,6 * 355}{1,0 * \sqrt{3}} = 1783,269 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 103,285 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

$$0,5 * V_{Rd} > V_{Ed}$$

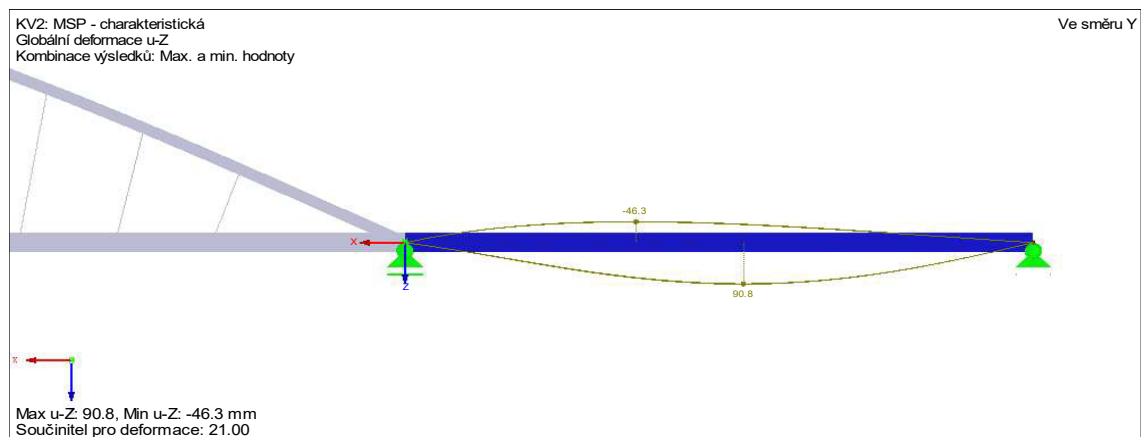
Jde o „malý smyk“ tedy se nemusí uvažovat interakce ohybu a smyku.

Vyhovuje na smyk (6%)

Posouzení MSP

4.6.7 Posouzení na průhyb

Průhyb od zadaných kombinací zatížení.



Obrázek 38: Průběh průhybu na hlavním nosníku-krajní pole.

$$u = 90,8 \text{ mm}$$

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{26000}{250} = 104 \text{ mm}$$

$$u < u_{lim}$$

Vyhovuje na průhyb

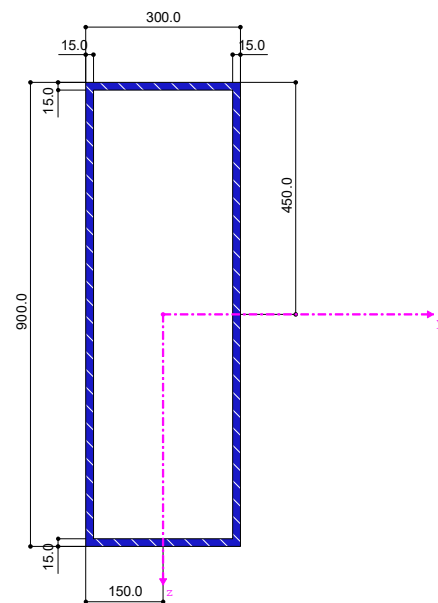
4.7 Hlavní nosník – střední pole

Materiál ocel S355.

4.7.1 Průřezové charakteristiky

Hlavní nosník je uzavřený svařovaný obdélníkový profil o rozměrech 900/300/30.

TO 900/300/15/15/15/15



[mm]

Obrázek 39: Průřez hlavní nosník-střední pole.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška	a	900	mm
Šířka	b	300,0	mm
Plocha průřezu	A	35100,0	mm ²
Plastická smyková plocha	A _y	4643,9	mm ²
Plastická smyková plocha	A _z	24651,5	mm ²
Moment setrvačnosti	I _y	3,409E+09	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I _z	5,980E+08	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i _y	311,6	mm
Poloměr setrvačnosti	i _z	130,5	mm
Hmotnost průřezu	G	275,5	kg/m
Elastický průřezový modul	W _y	7574850,0	mm ³
Elastický průřezový modul	W _z	3986550,0	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,y,max}	9659250,0	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,z,max}	4394250,0	mm ³

Tabulka 23: Průřezové charakteristiky hlavní nosník-střední pole.

4.7.2 Zatřídění průřezu

- **Pásnice (tlak)**

Délka c_f= 270 mm

Tloušťka t_f = 15 mm

$$\text{Součinitel materiálu } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Max poměr c/t pro Třída 1 : 33 * ε = 26,86

Poměr c/t= 18 **Třída 1**

- **Stojina (tlak a ohyb)**

Délka c_w= 870 mm

Tloušťka t_w = 15 mm

$$\text{Součinitel materiálu } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Podíl tlaku (z programu Dlubal): α = 0,496

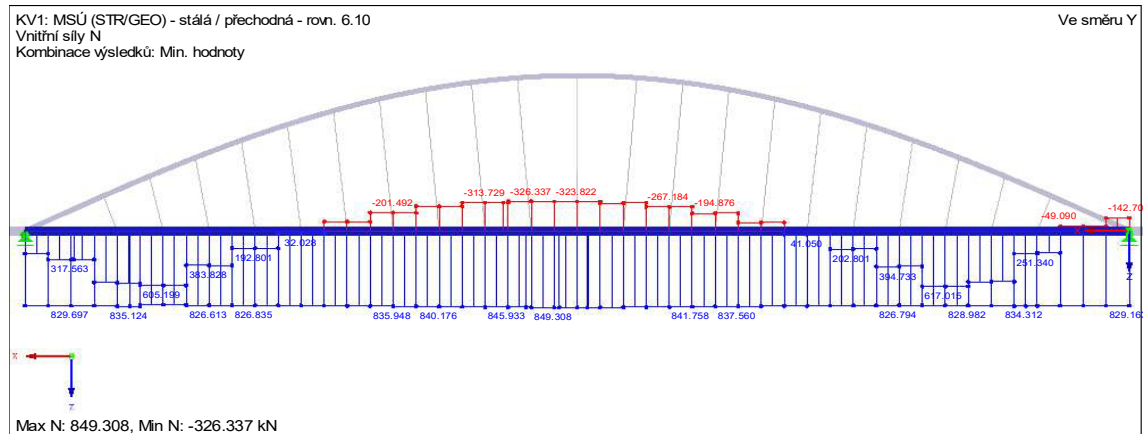
$$\text{Max poměr c/t pro Třída 2: } \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{456 * 0,814}{13 * 0,496 - 1} = 59,167$$

Poměr c/t= 58 **Třída 2**

Posouzení MSÚ

4.7.3 Posouzení na vzpěr

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ4 kde působí chodci na jedné polovici oblouku a příčný vítr.



Obrázek 40: Průběh normálových sil na hlavním nosníku- střední pole.

○ Vybočení v rovině nosníku

Vzpěrná délka (vzdálenost mezi podporami) $L_{cr,y} = 20\,000\text{ mm}$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_x = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_x} = \frac{20000}{311,6} * \frac{1}{76,409} = 0,84$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti a: $\alpha=0,49$

Součinitel vzpěrnosti $\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,84 - 0,2) + 0,84^2] = 1,01$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{1,01 + \sqrt{1,01^2 - 0,84^2}} = 0,637$$

○ Vybočení z roviny nosníku

Vzpěrná délka (vzdálenost příčnicku) $L_{cr,z} = 2000\text{ mm}$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_x = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_x} = \frac{2000}{130,5} * \frac{1}{76,409} = 0,201$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti a: $\alpha=0,49$

Součinitel vzpěrnosti: $\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,201 - 0,2) + 0,201^2] = 0,520$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{0,520 + \sqrt{0,520^2 - 0,201^2}} = 1$$

Rozhoduje vybočení v rovine nosníku.

Návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,637 * 35100 * 355}{1,1 * 10^3} = 7215,762 \text{ kN} > N_{Ed} = 326,337 \text{ kN}$$

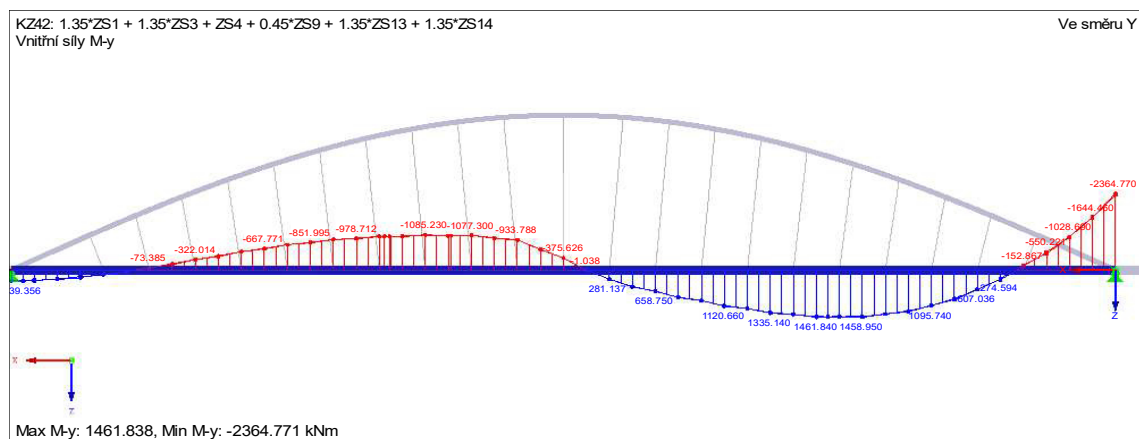
Vyhovuje na vzpěr (5%)

4.7.4 Posouzení na ohyb

Průřez je uzavřený a tím neklopí, $\chi_{LT} = 1,0$.

Posouzení k ose Y:

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ42 kde působí chodci na pulce celého mostu a příčný vítr.



Obrázek 41: Průběh ohybových momentů M_y na hlavním nosníku- střední pole.

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y * W_{y,pl}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 * 9,65925 * 10^6 * 10^{-6}}{1,0} = 3429,034 \text{ kNm}$$

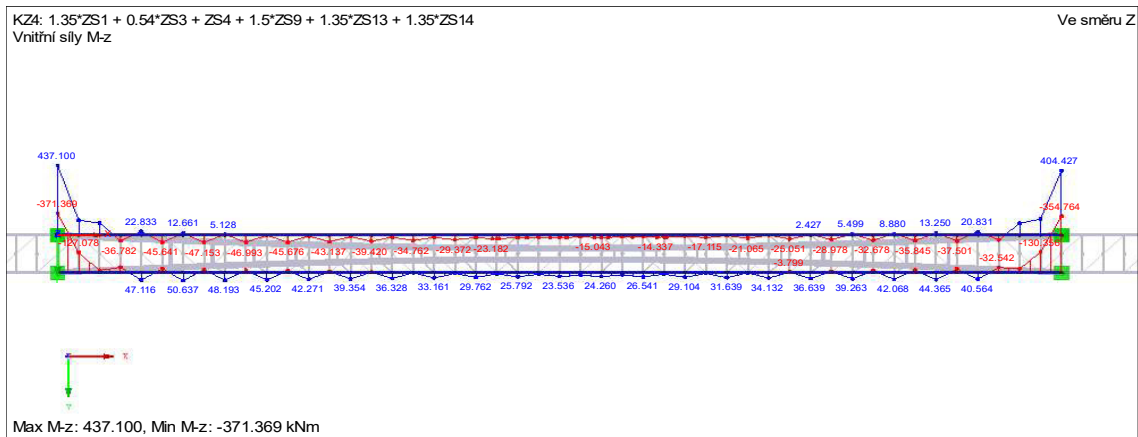
$$M_{y,Ed} = 2364,771 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} > M_{y,Ed}$$

Vyhovuje na ohyb (69%)

Posouzení k ose Z:

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ4 kde působí chodci na jedné polovici oblouku a příčný vítr.



Obrázek 42: Průběh ohybových momentů M_z na hlavním nosníku- střední pole.

$$M_{z,Rd} = \frac{f_y * W_{z,pl}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 * 4,39425 * 10^6 * 10^{-6}}{1,0} = \mathbf{1559,959 \text{ kNm}}$$

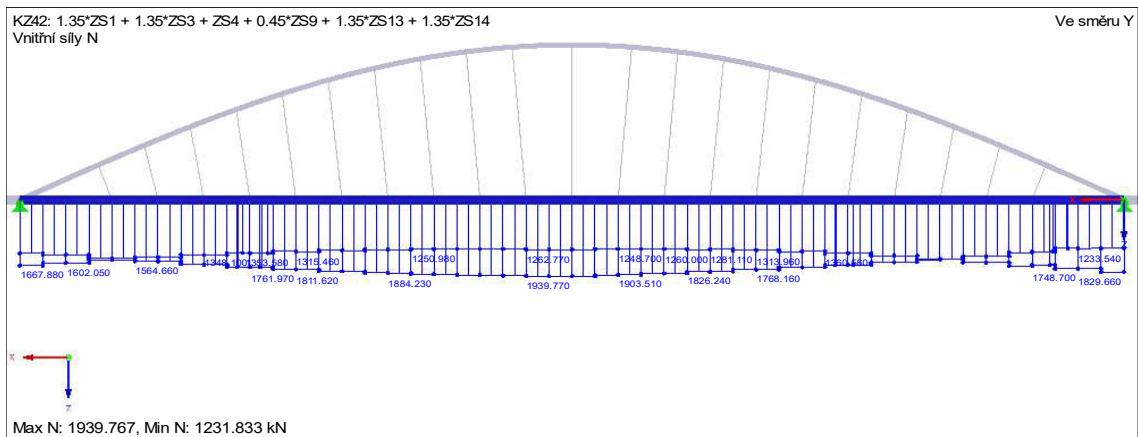
$$M_{z,Ed} = \mathbf{437,100 \text{ kNm}}$$

$$M_{z,Rd} > M_{z,Ed}$$

Vyhovuje na ohyb (28%)

4.7.5 Posouzení na kombinaci tahu a ohybu

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ42 kde působí chodci na pulce celého mostu a příčný vítr. Obrázek pro moment viz obrázek výš. $N_{Ed} = 1829,660 \text{ kN}$, $M_y = 2364,771 \text{ kNm}$.



Obrázek 43: Průběh normálových sil na hlavním nosníku- střední pole.

Redukovaný návrhový moment:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} * \left(1 - \left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^2 \right) = 3429,034 * \left(1 - \left(\frac{1829,660}{11327,727} \right)^2 \right) = \mathbf{3339,574 \text{ kNm}}$$

$$M_{y,Ed} = \mathbf{2364,771 \text{ kNm}}$$

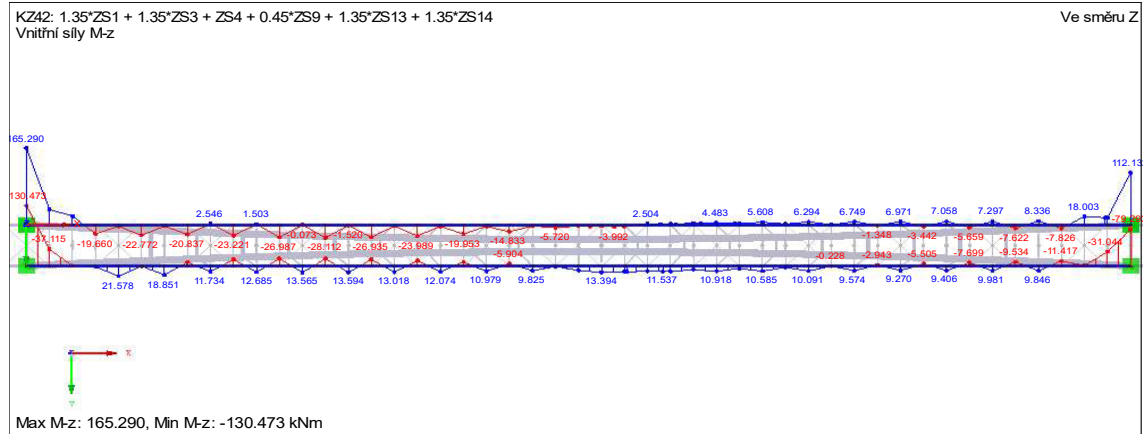
$$M_{y,Rd} > M_{y,Ed}$$

Vyhovuje (71%)

4.7.5.1 Posouzení na kombinaci ohybu ve dvou rovinách

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ42 kde působí chodci na pulce celého mostu a příčný vítr. Obrázek pro M_y viz obrázek výš. $M_z = 165,290$ kN, $M_y = 2364,771$ kNm.

M_z :



Obrázek 44: Průběh ohybových momentů M_z na hlavním nosníku- střední pole.

Interakční součinitele: $\alpha = \beta = 1$

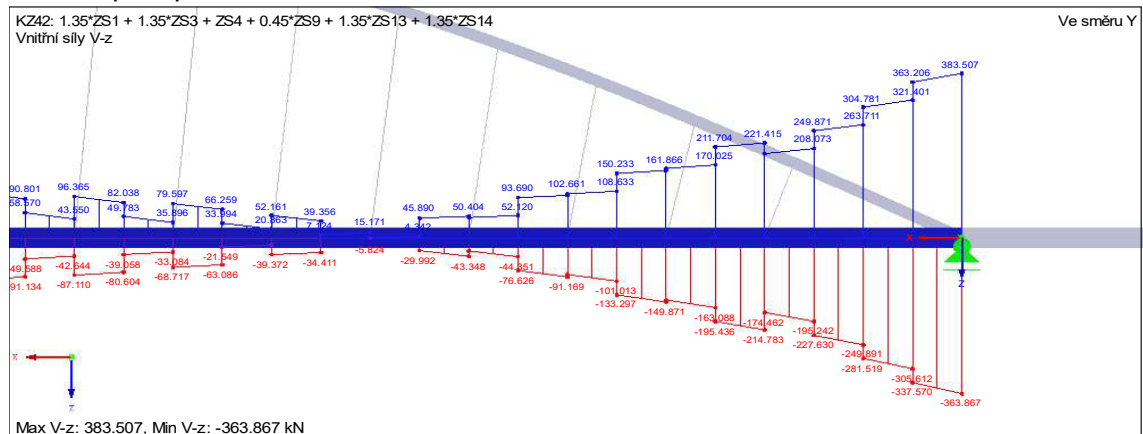
$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}\right)^\beta = \left(\frac{2364,771}{3429,034}\right)^1 + \left(\frac{165,290}{1559,959}\right)^1 = 0,796 \leq 1$$

Vyhovuje (80%)

4.7.6 Posouzení na smyk

Posouzení ve směru osy Z:

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ42 kde působí chodci na celý polovici mostu a příčný vítr.



Obrázek 45: Průběh posouvajících sil V_z na hlavním nosníku- střední pole.

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz,z} * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{24651,5 * 355}{1,0 * \sqrt{3}} = 5052,555 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 383,507 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$



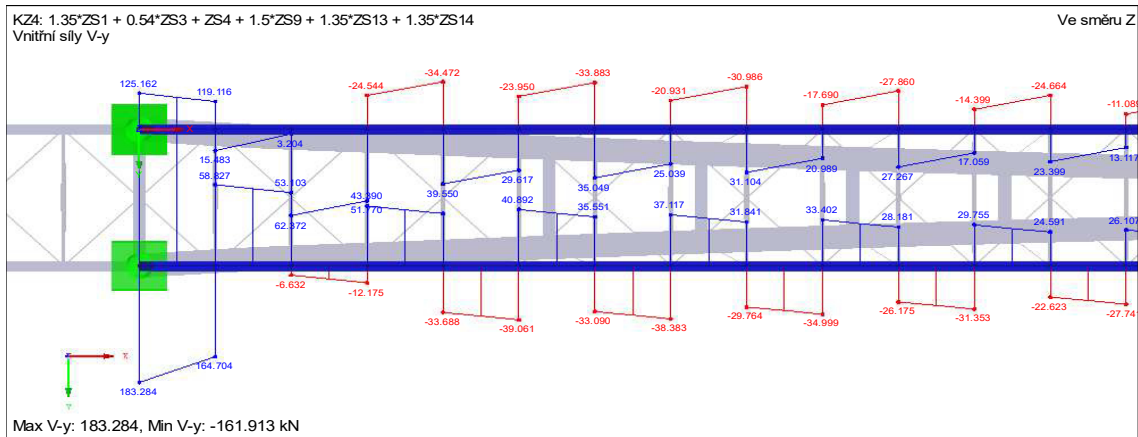
$$0,5 * V_{Rd} > V_{Ed}$$

Jde o „malý smyk“ tehdy se nemusí uvažovat interakce ohybu a smyku.

Vyhovuje na smyk (8%)

Posouzení ve směru osy Y:

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení K4 kde působí chodci na pulce celého mostu a příčný vítr.



Obrázek 46: Průběh posouvajících sil V_y na hlavním nosníku-střední pole.

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz,y} * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{4643,9 * 355}{1,0 * \sqrt{3}} = \mathbf{951,810 \text{ kN}}$$

$$V_{Ed} = \mathbf{183,284 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

$$0,5 * V_{Rd} > V_{Ed}$$

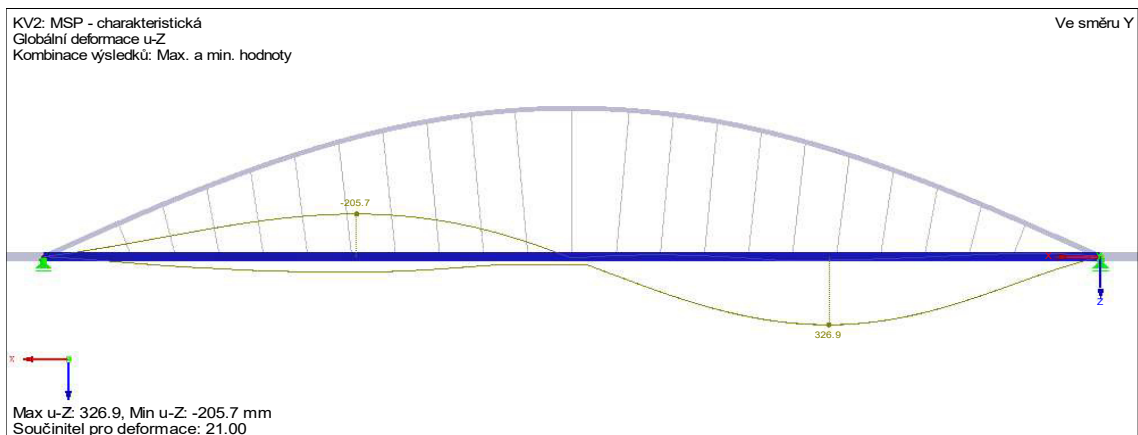
Jde o „malý smyk“ tehdy se nemusí uvažovat interakce ohybu a smyku.

Vyhovuje na smyk (19%)

Posouzení MSP

4.7.7 Posouzení hlavního nosníku-krajní pole na průhyb

Průhyb od zadaných kombinací zatížení.



Obrázek 47: Průběh průhybu na hlavním nosníku-střední pole.

$$u = 326,9\text{mm}$$

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{96000}{250} = 384\text{ mm}$$

$$u < u_{lim}$$

Vyhovuje na průhyb

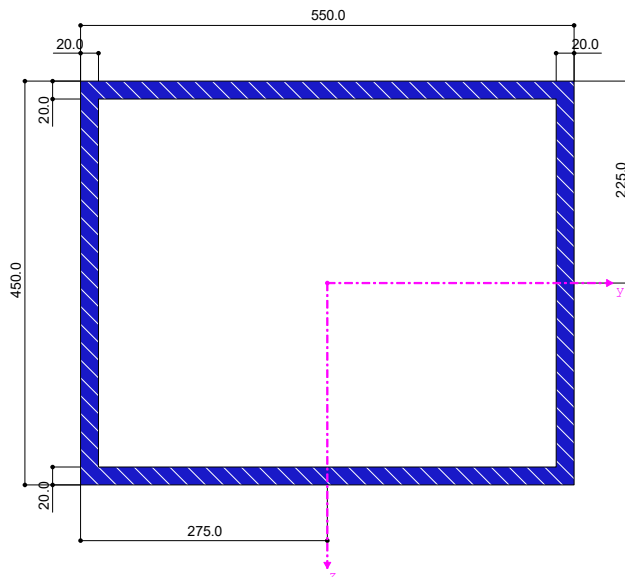
4.8 Oblouk

Materiál ocel S355.

4.8.1 Průřezové charakteristiky

Pro průřez oblouku byl zvolen svařovaný obdélníkový průřez o rozměrech 450/550/20.

TO 450/550/20/20/20/20



[mm]

Obrázek 48: Průřez oblouku TO450/550/20.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška	a	450	mm
Šířka	b	550,0	mm
Plocha průřezu	A	38400,0	mm ²
Smyková plocha	A _y	18428,1	mm ²
Smyková plocha	A _z	13649	mm ²
Moment setrvačnosti	I _y	1247000000	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I _z	1707000000,0	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i _y	180,2	mm
Poloměr setrvačnosti	i _z	210,8	mm
Hmotnost průřezu	G	301	kg/m
Elastický průřezový modul	W _y	5544090	mm ³
Elastický průřezový modul	W _z	6206620,0	mm ³
Statický moment	S _{y,max}	1602750,0	mm ³
Statický moment	S _{z,max}	1842750,0	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,y,max}	6411000	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,z,max}	7371000	mm ³

Tabulka 24: Průřezové charakteristiky oblouku.

4.8.2 Zatřídění průřezu

○ **Pásnice (tlak)**

Délka c_f= 490 mm

Tloušťka t_f = 20 mm

$$\text{Součinitel materiálu } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Max poměr c/t pro Třída 1: 33 * ε = 26,86

Poměr c/t= 24,5 **Třída 1**

○ **Stojina (tlak)**

Délka c_w= 390 mm

Tloušťka t_w = 20 mm

$$\text{Součinitel materiálu } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

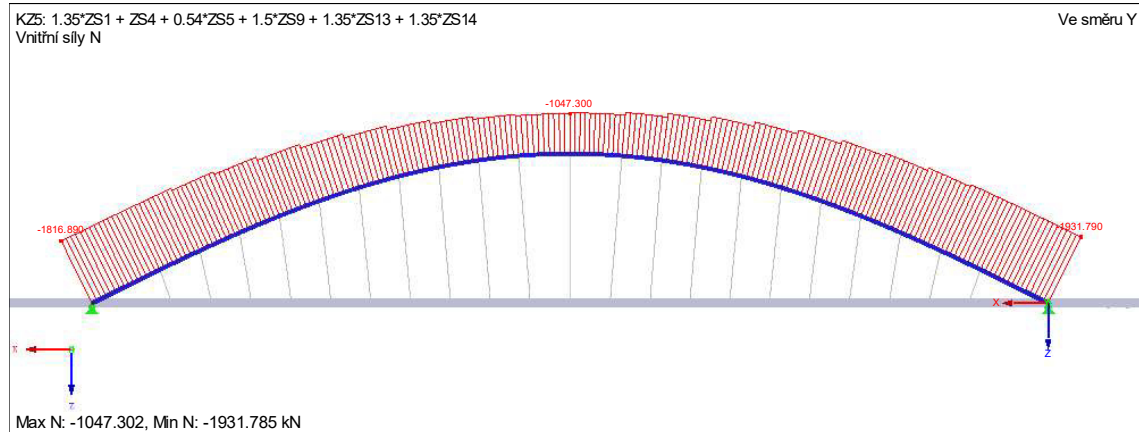
Max poměr c/t pro Třída 1: 33 * ε = 26,86

Poměr c/t= 19,5 **Třída 1**

Posouzení MSÚ

4.8.3 Posouzení na vzpěr

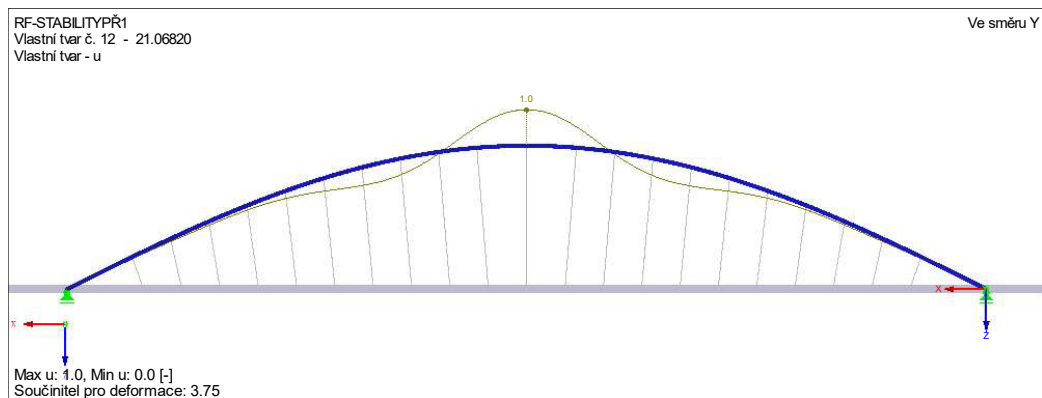
Při vzpěru je rozhodující kombinace KZ5, v ktorým působí chodci na pulce oblouku a příčný vítr.



Obrázek 49: Průběh normálových sil na oblouku.

○ **Vybočení v rovině nosníku:**

Pomocí přídatného modulu RF-Stability v programe Dlubal RFEM bol vypočítaný prvni vlastní tvar se součinitelem kritického napětí $\alpha_{cr} = 21,07$.



Obrázek 50: Vlastní tvar oblouku.

Vzpěrná délka (z programu Dlubal): $L_{cr,y} = 8808 \text{ mm}$

Kritická síla: $N_{cr} = 33325,1 \text{ kN}$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda' = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{38400 * 355}{33325100}} = 0,640$$

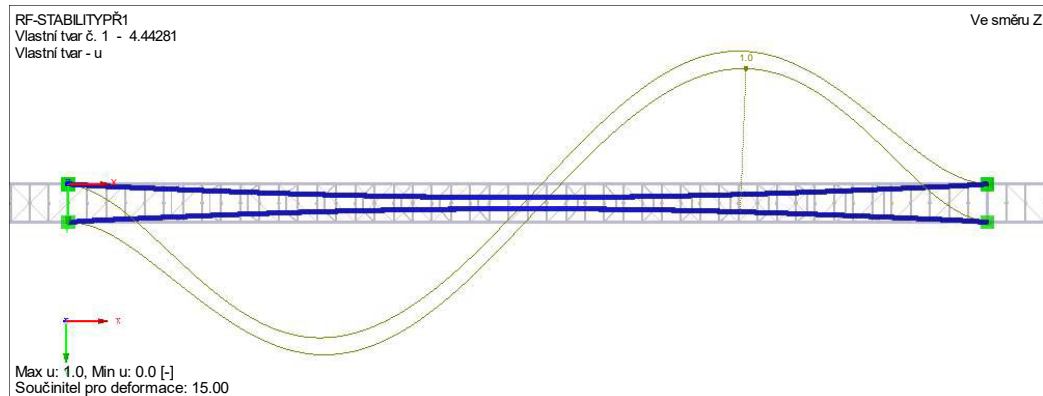
Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti c: $\alpha=0,49$

Součinitel vzpěrnosti: $\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,640 - 0,2) + 0,640^2] = 0,813$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{0,813 + \sqrt{0,813^2 - 0,640^2}} = 0,761$$

○ **Vybočení z roviny nosníku:**

Pomocí přídatného modulu RF-Stability v programe Dlubal RFEM bol vypočítaný prvni vlastní tvar se součinitelem kritického napětí $\alpha_{cr} = 4,44$.



Obrázek 51: První vlastní tvar oblouku.

Vzpěrná délka (z programu Dlubal): $L_{cr,z} = 22432 \text{ mm}$

Kritická síla: $N_{cr} = 7030,29 \text{ kN}$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda' = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{38400 * 355}{7030290}} = 1,392$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti c: $\alpha = 0,49$

Součinitel vzpěrnosti: $\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (1,392 - 0,2) + 1,392^2] = 1,761$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{1,761 + \sqrt{1,761^2 - 1,392^2}} = 0,352$$

Rozhoduje vybočení z roviny nosníku.

Návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,352 * 38400 * 355}{1,1 * 10^3} = 4362,24 \text{ kN} > N_{Ed} = 1931,785 \text{ kN}$$

Vyhovuje na vzpěr (44%)

○ **Lokální vybočení z roviny oblouku mezi ztužidly:**

Vzpěrná délka (největší vzdálenost mezi ztužidly): $L_{cr,z} = 7600 \text{ mm}$ (zaokrouhlený nahoru)

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_1} = \frac{7600}{210,8} * \frac{1}{76,409} = 0,472$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti c: $\alpha=0,49$

Součinitel vzpěrnosti: $\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,472 - 0,2) + 0,472^2] = 0,678$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{0,678 + \sqrt{0,678^2 - 0,472^2}} = 0,859$$

Lokální návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,859 * 38400 * 355}{1,1 * 10^3} = \mathbf{106\ 353\ kN} > N_{Ed} = \mathbf{193\ 785\ kN}$$

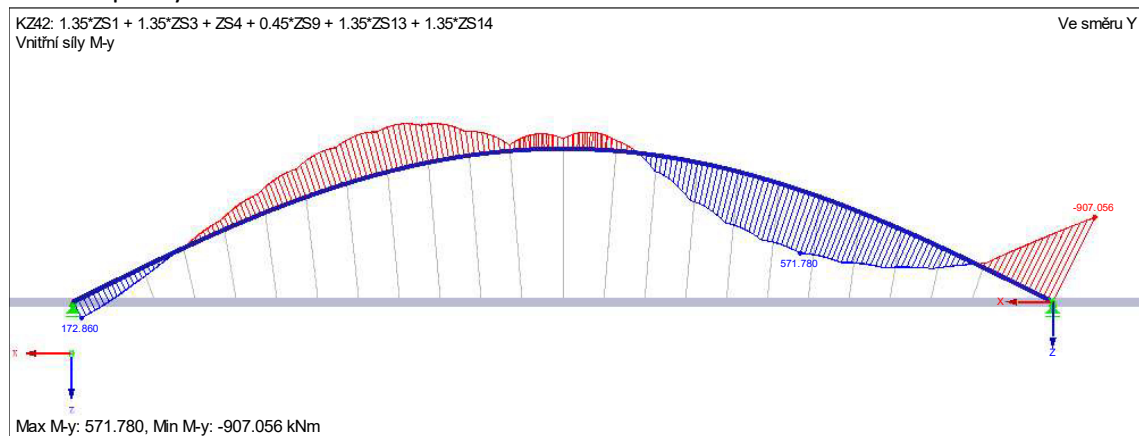
Vyhovuje na vzpěr (18%)

4.8.4 Posouzení na ohyb

Průřez je uzavřený a tím neklopí, $\chi_{LT} = 1,0$.

Posouzení k ose Y:

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ42 kde působí chodci na pulce celého mostu a příčný vítr.



Obrázek 52: Průběh ohybových momentů M_y na oblouku.

$$M_{y,Rd} = \frac{f_y * W_{y,pl}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 * 6,411 * 10^6 * 10^{-6}}{1,0} = \mathbf{2275,905\ kNm}$$

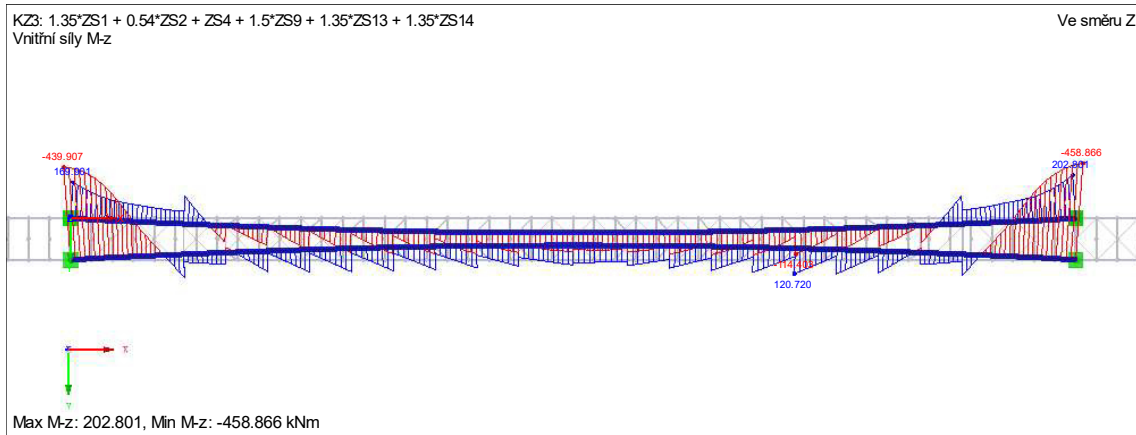
$$M_{y,Ed} = \mathbf{907,056\ kNm}$$

$$M_{y,Rd} > M_{y,Ed}$$

Vyhovuje na ohyb (40%)

Posouzení k ose Z:

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ3 kde působí chodci na celém mostě a příčný vítr.



Obrázek 53: Průběh ohybových momentů M_z na oblouku.

$$M_{z,Rd} = \frac{f_y * W_{z,pl}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 * 7,371 * 10^6 * 10^{-6}}{1,0} = 2616,705 \text{ kNm}$$

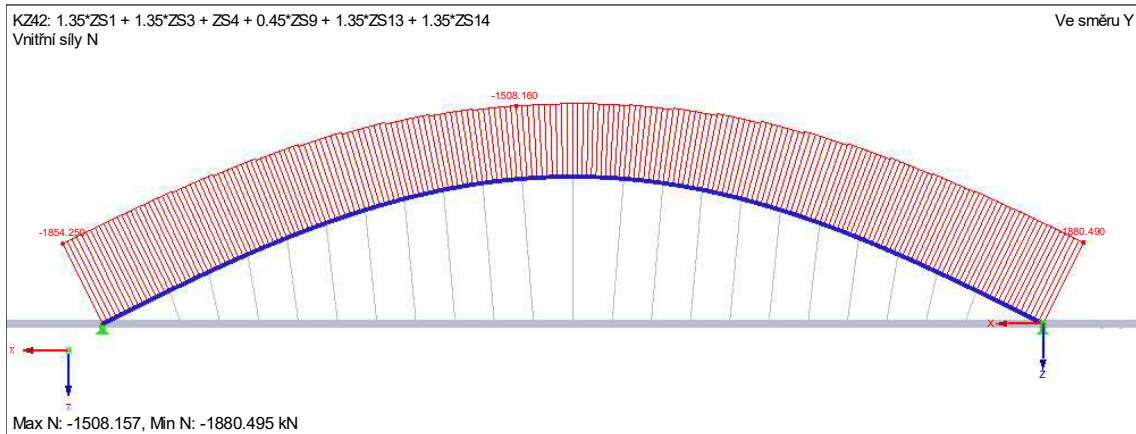
$$M_{z,Ed} = 458,866 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} > M_{z,Ed}$$

Vyhovuje na ohyb (18%)

4.8.5 Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ42 kde působí chodci na jedné polovici celého mostu a příčný vítr. Obrázek momentu viz. výše. $N_{Ed} = -1880,495 \text{ kN}$, $M_y = -907,056 \text{ kNm}$, $M_z = 194,679 \text{ kNm}$.



Obrázek 54: Průběh normálových sil na oblouku.

Součinitele ekvivalentního konstantního momentu (dle průběhu momentu z tabulek):

$$C_{my} = 0,604$$

$$C_{mz} = 0,996$$

Interakční součinitele:

$$k_{yy} = C_{my} * \min \left(1 + (\lambda'_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rd}}{\gamma_{M1}}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rd}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,604 * \min \left(1 + (0,604 - 0,2) * \frac{1931,785}{7931,345}, 1 + 0,8 * \frac{1931,785}{7931,345} \right) = 0,663$$

$$k_{zz} = C_{mz} * \min \left(1 + (\lambda'_z - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rd}}{\gamma_{M1}}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rd}}{\gamma_{M1}}} \right) = 0,996 * \min \left(1 + (1,392 - 0,2) * \frac{1931,785}{4362,24}, 1 + 0,8 * \frac{1931,785}{4362,24} \right) = 1,349$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 1,349 = 0,809$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,663 = 0,398$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{1931,785}{7931,345} + 0,663 * \frac{907,056}{\frac{2275,905}{1,1}} + 0,809 * \frac{458,866}{\frac{2616,705}{1,1}} = 0,690 \leq 1$$

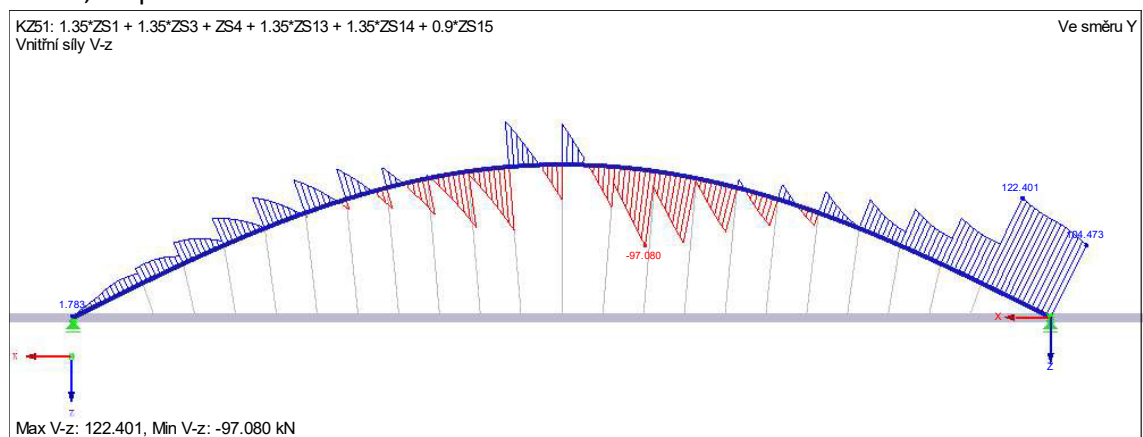
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{1931,785}{4362,24} + 0,398 * \frac{907,056}{\frac{2275,905}{1,1}} + 1,349 * \frac{458,866}{\frac{2616,705}{1,1}} = 0,878 \leq 1$$

Vyhovuje (88%)

4.8.6 Posouzení na smyk

Posouzení ve směru osy z:

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ51 kde působí chodci na pulce celého mostu, oteplení.



Obrázek 55: Průběh posouvajících sil V_z na oblouku.

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz,z} * f_y}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{13649 * 355}{1,0 * \sqrt{3}} = 2797,490 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 122,401 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

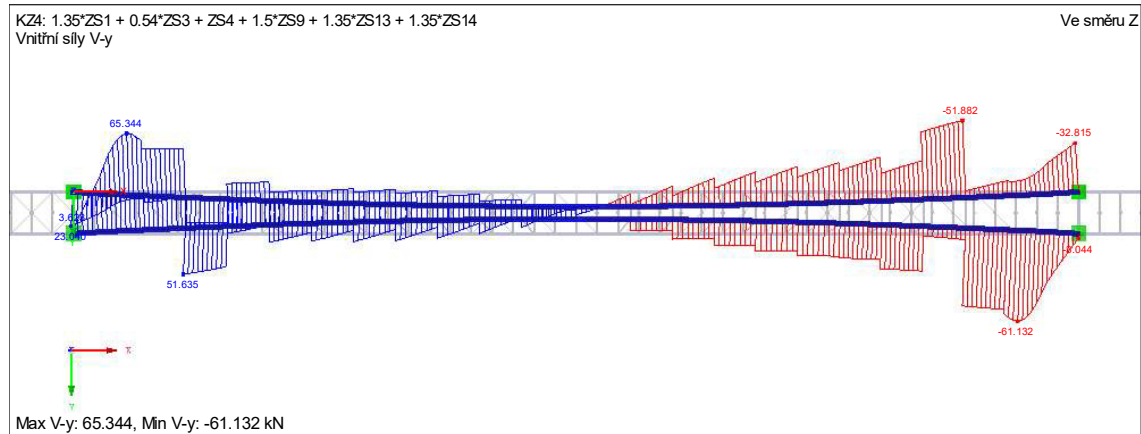
$$0,5 * V_{Rd} > V_{Ed}$$

Jde o „malý smyk“ tehdy se nemusí uvažovat interakce ohybu a smyku.

Vyhovuje na smyk (4%)

Posouzení ve směru osy y:

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ4 kde působí chodci na jedné polovici oblouku a příčný vítr.



Obrázek 56: Průběh posouvajících sil Vy na oblouku.

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz,y} * f_{yd}}{\gamma_{M0} * \sqrt{3}} = \frac{18428,1 * 355}{1,0 * \sqrt{3}} = 3777,011 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 65,344 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

$$0,5 * V_{Rd} > V_{Ed}$$

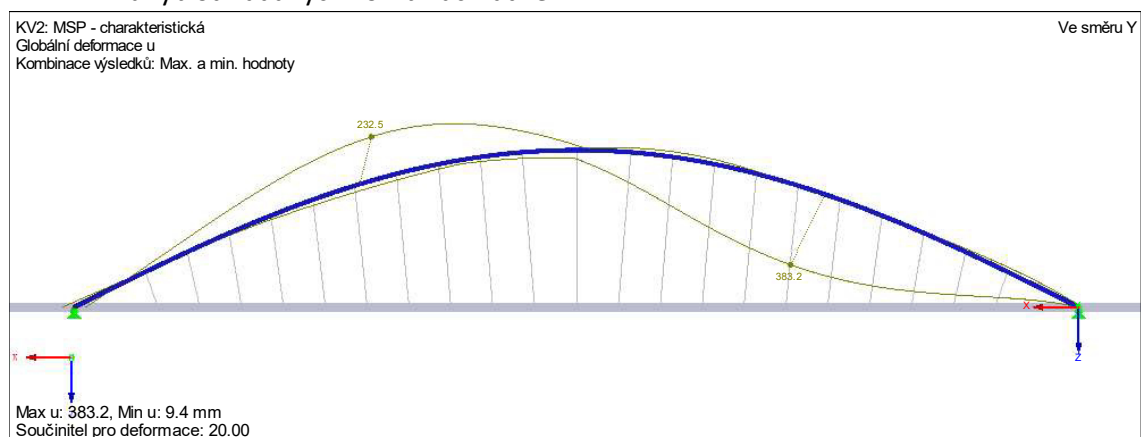
Jde o „malý smyk“ tehdy se nemusí uvažovat interakce ohybu a smyku.

Vyhovuje na smyk (2%)

Posouzení MSP

4.8.7 Posouzení na průhyb

Průhyb od zadaných kombinací zatížení.



Obrázek 57: Průběh průhybu na oblouku.

$$u = 383,2 \text{ mm}$$

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{101633}{250} = 406,5 \text{ mm}$$

$$u < u_{lim}$$

Vyhovuje na průhyb

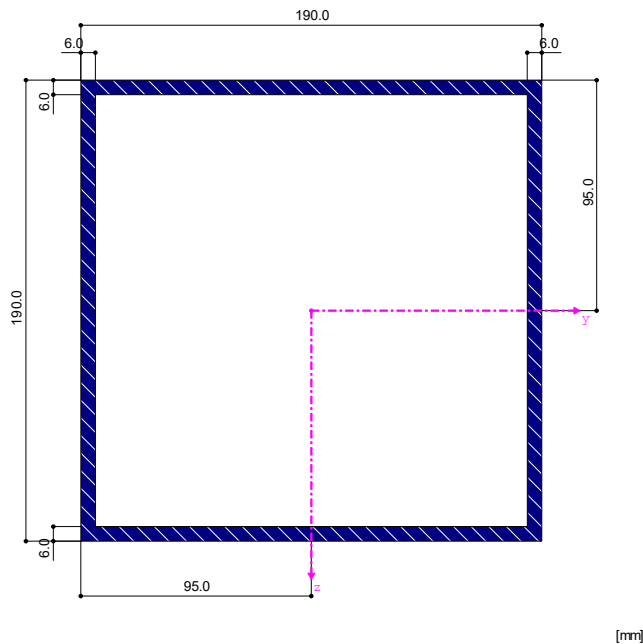
4.9 Ztužidla mezi oblouky

Materiál ocel S355.

4.9.1 Průřezové charakteristiky

Příčná ztužidla jsou navržena jako obdélníkový svařovaný průřez o rozměrech 190/190/6. Ztužidla jsou připojena rámově k obloukům.

TO 190/190/6/6/6/6



Obrázek 58: Průřez ztužidla mezi oblouky TO190/190/6.

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška	a	190,0	mm
Šířka	b	190,0	mm
Plocha průřezu	A	4416,0	mm ²
Smyková plocha	A _y	1842,7	mm ²
Smyková plocha	A _z	1842,7	mm ²
Moment setrvačnosti	I _y	24940000	mm ⁴
Moment setrvačnosti	I _z	24940000	mm ⁴
Poloměr setrvačnosti	i _y	75,2	mm
Poloměr setrvačnosti	i _z	75,2	mm
Hmotnost průřezu	G	34,7	kg/m
Elastický průřezový modul	W _y	262574,0	mm ³
Elastický průřezový modul	W _z	262574,0	mm ³
Statický moment	S _{y,max}	76203,0	mm ³
Statický moment	S _{z,max}	76203,0	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,y,max}	304812,0	mm ³
Plastický průřezový modul	W _{pl,z,max}	304812,0	mm ³

Tabulka 25: Průřezové charakteristiky ztužidla mezi oblouky.

4.9.2 Zatřídění průřezu

- **Pásnice (tlak)**

Délka c_f= 178 mm

Tloušťka t_f = 6 mm

$$\text{Součinitel materiálu } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

Max poměr c/t pro Třídou 2: 38 * ε = 30,932

Poměr c/t= 29,666 **Třída 2**

- **Stojina (tlak)**

Délka c_w= 178 mm

Tloušťka t_w = 6 mm

$$\text{Součinitel materiálu } \varepsilon_f = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

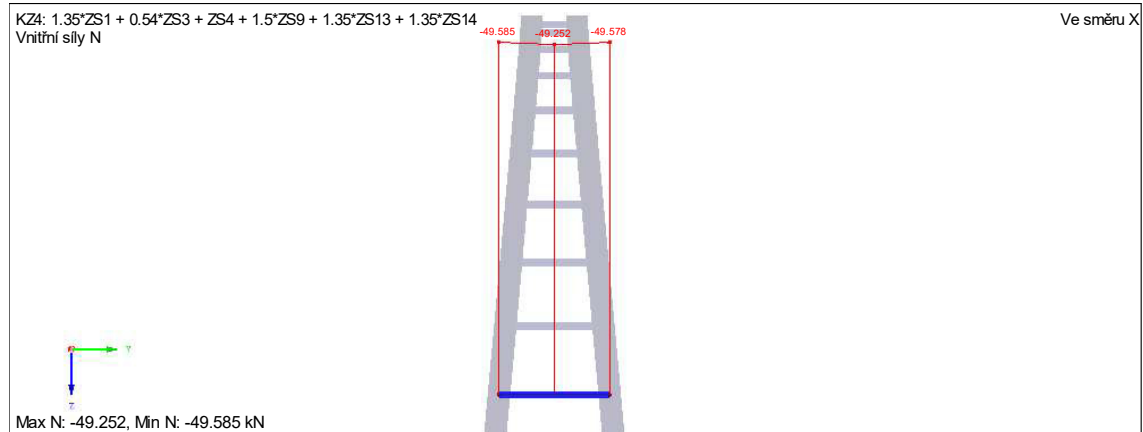
Max poměr c/t pro Třídou 2: 38 * ε = 30,932

Poměr c/t= 29,666 **Třída 2**

Posouzení MSÚ

4.9.3 Posouzení na vzpěr

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ4 kde působí chodci na jedné polovici oblouku a příčný vítr.



Obrázek 59: Průběh normálových sil na ztužidle mezi oblouky.

- **Vybočení v rovině nosníku:**

$$\text{Vzpěrná délka: } L_{cr,y} = \frac{L}{2} = \frac{2913}{2} = 1457 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{\ast} = \pi * \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi * \sqrt{\frac{210000}{355}} = 76,409$$

$$\lambda' = \frac{L_{cr}}{i} * \frac{1}{\lambda_{\ast}} = \frac{1457}{75,2} * \frac{1}{76,409} = 0,25$$

Součinitel imperfekce pro křivku vzpěrné pevnosti c: $\alpha=0,49$

Součinitel vzpěrnosti $\phi = 0,5 * [1 + \alpha * (\lambda' - 0,2) + \lambda'^2] = 0,5 * [1 + 0,49 * (0,25 - 0,2) + 0,25^2] = 0,544$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda'^2}} = \frac{1}{0,544 + \sqrt{0,544^2 - 0,25^2}} = 0,954$$

Návrhová únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,954 * 4416 * 355}{1,1 * 10^3} = 1359,606 \text{ kN} > N_{Ed} = 49,585 \text{ kN}$$

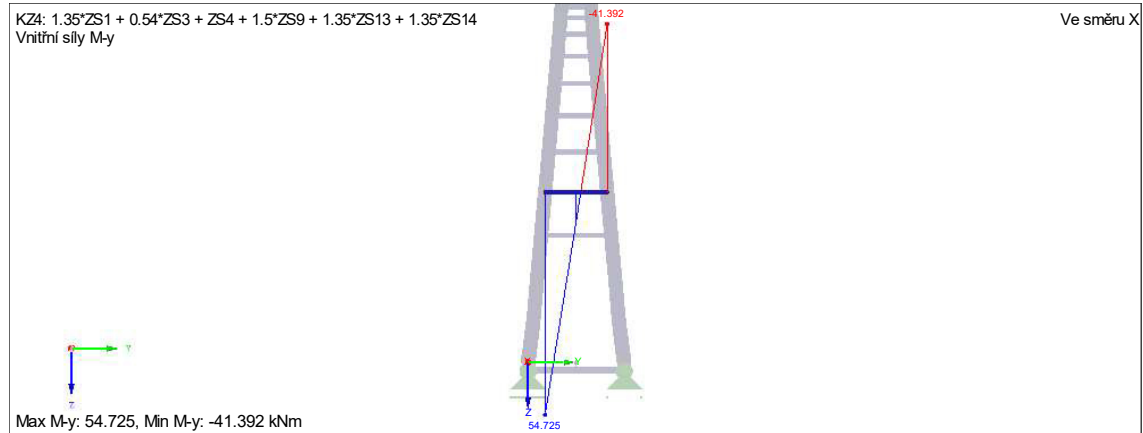
Vyhovuje na vzpěr (4%)

4.9.4 Posouzení na ohyb

Průřez je uzavřený a tím neklopí, $\chi_{LT} = 1,0$.

Posouzení k ose Y:

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ4 kde působí chodci na jedné polovici oblouku a příčný vítr.



Obrázek 60: Průběh ohybových momentů M_y na ztužidle mezi oblouky.

$$M_{y,Rd} = \frac{f_{y,d} * W_{y,pl}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 * 304812 * 10^{-6}}{1,0} = 108,208 \text{ kNm}$$

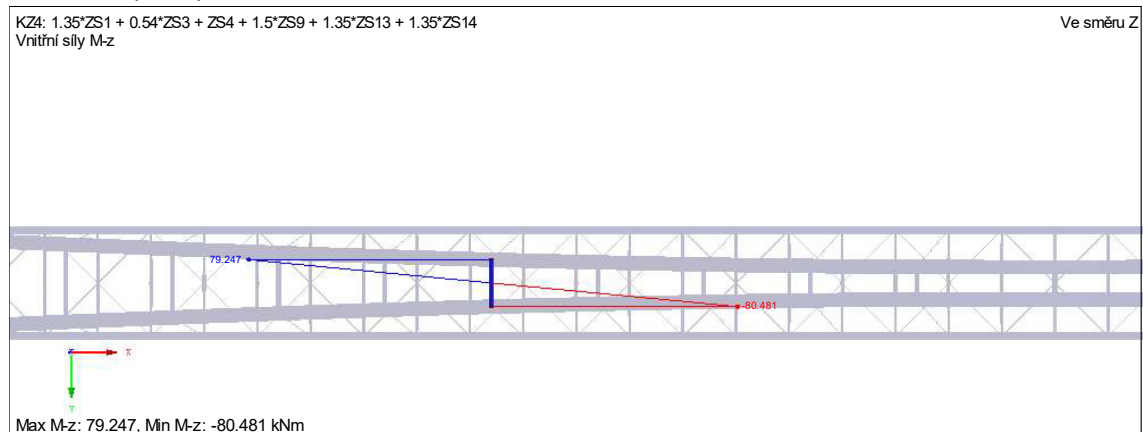
$$M_{y,Ed} = 54,725 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} > M_{y,Ed}$$

Vyhovuje na ohyb (51%)

Posouzení k ose Z:

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ4 kde působí chodci na jedné polovici oblouku a příčný vítr.



Obrázek 61: Průběh ohybových momentů M_z na ztužidle mezi oblouky.

$$M_{z,Rd} = \frac{f_{y,d} * W_{z,pl}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 * 304812 * 10^{-6}}{1,0} = 108,208 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 8,481 \text{ kNm}$$

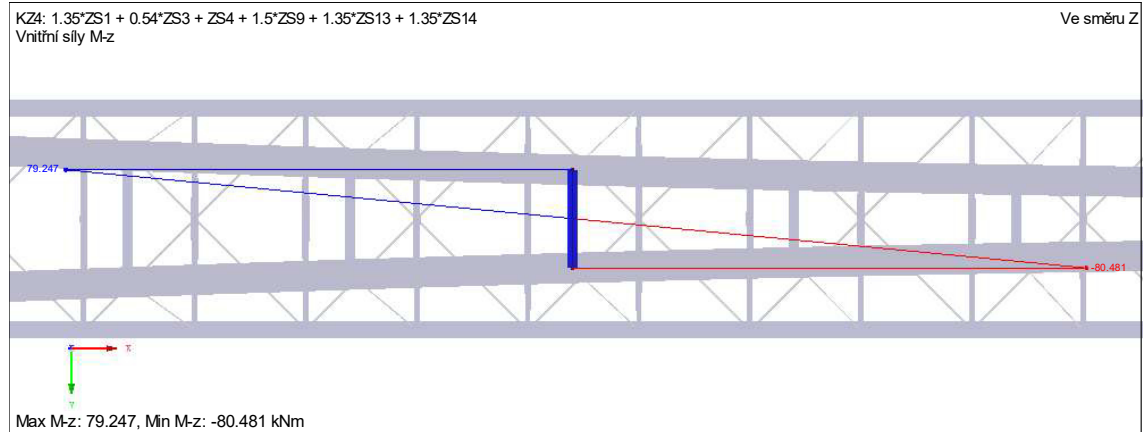
$$M_{z,Rd} > M_{z,Ed}$$

Vyhovuje na ohyb (75%)

4.9.5 Posouzení na kombinaci tlaku a ohybu

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ4 kde působí chodci na jedné polovici oblouku a příčný vítr. $N_{Ed} = -49,585 \text{ kN}$, $M_y = 42,276 \text{ kNm}$, $M_z = 80,481 \text{ kNm}$.

M_z :



Obrázek 62: Průběh ohybových momentů M_z na tužidle mezi oblouky.

Součinitele ekvivalentního konstantního momentu (dle tabulek):

$$C_{my} = 0,4$$

$$C_{mz} = 0,4$$

Interakční součinitele:

$$k_{yy} = C_{my} * \min \left(1 + (\lambda'_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \gamma_{M1} * N_{Rd}}, 1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \gamma_{M1} * N_{Rd}} \right) = 0,4 * \min \left(1 + (0,25 - 0,2) * \frac{49,585}{1359,606}, 1 + 0,8 * \frac{49,585}{1359,606} \right) = 0,401$$

$$k_{zz} = k_{yy} = 0,401$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 0,401 = 0,241$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,401 = 0,241$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} * \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{49,585}{1359,606} + 0,401 * \frac{42,276}{\frac{108,208}{1,1}} + 0,241 * \frac{80,481}{\frac{108,208}{1,1}} = 0,457 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} = \frac{49,585}{1359,606} + 0,241 * \frac{42,276}{\frac{108,208}{1,1}} + 0,401 * \frac{80,481}{\frac{108,208}{1,1}} = 0,468 \leq 1$$

Vyhovuje (47%)

4.9.6 Posouzení na kombinaci ohybu ve dvou rovinách

Průřez je navrhovaný na kombinaci zatížení KZ4 kde působí chodci na jedné polovici oblouku a příčný vítr. Obrázek pro M_y a M_z viz obrázek výš. $M_z = 80,481$ kN, $M_y = -42,276$ kNm.

Interakční součinitele (z programu Dlubal): $\alpha = \beta = 1,66$

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}\right)^\beta = \left(\frac{42,276}{108,208}\right)^{1,66} + \left(\frac{80,481}{108,208}\right)^{1,66} = 0,822 \leq 1$$

Vyhovuje (82%)

4.10 Táhla v oblouku

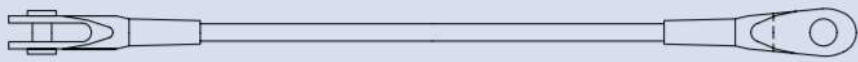
Materiál ocel S460.

4.10.1 Průřezové charakteristiky

Táhlá jsou zešikmené o stejné vzdálenosti a umístěné každé čtyři metry. Ztužidla jsou navržena ze systému Macalloy M24 (průměr 24 mm).

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

Závít	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

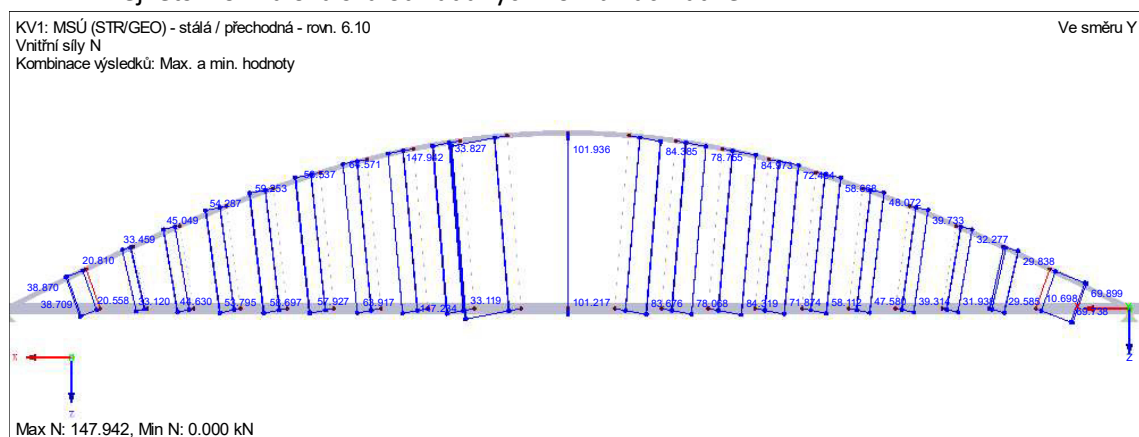


Obrázek 63: Vlastnosti táhel Macalloy.

Posouzení MSÚ

4.10.2 Posouzení na tah

Největší normálová síla od zadaných kombinací zatížení.



Obrázek 64: Průběh normálových sil na táhlech v oblouku.

Návrhová únosnost v tahu je dána výrobcem.

$$N_{Rd} = 156 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 147,942 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} > N_{Ed}$$

Vyhovuje na tah (95%)

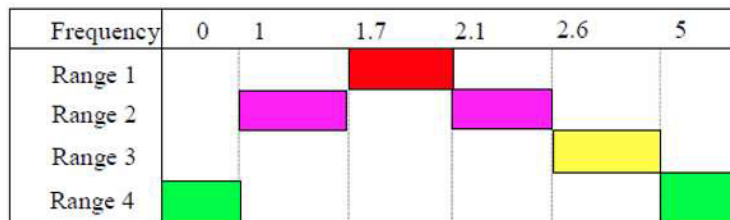
5 Posouzení dynamiky konstrukce

Pomocí přídatného modulu DYNAM Pro v programe Dlubal byli vypočteny vlastní frekvence konstrukce. Ověřování dynamického chování lávek pro pěší je nutno provést pro vlastní frekvence do 5 Hz pro svislé kmitání a do 2,5 Hz pro vodorovné kmitání. Při kmitání se rozlišují 4 rizikové kategorie frekvencí:

- Range 1:** maximální riziko rezonance
- Range 2:** střední riziko rezonance
- Range 3:** nízké riziko rezonance za běžných podmínek
- Range 4:** zanedbatelné riziko rezonance

5.1 Svislé kmitání

Na následujícím obrázku jsou vyznačeny rizikové kategorie při svislém kmitání.

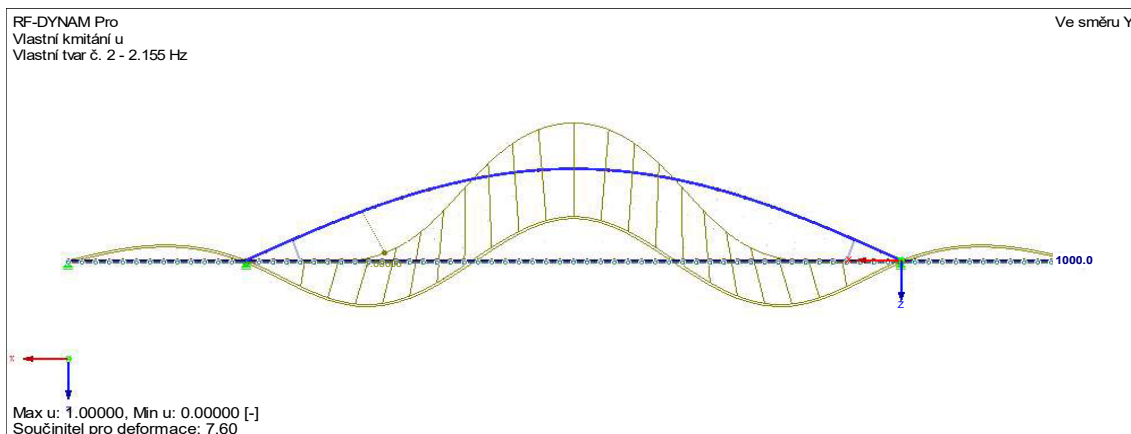


Obrázek 65: Rozsah frekvencí (Hz) svislého kmitání pro jednotlivé kategorie.

Šest vlastních frekvencí se nachází v rozsahu do 5 Hz a to:

- 1,115 Hz
- 2,155 Hz
- 3,417 Hz
- 4,085 Hz
- 4,218 Hz
- 4,737 Hz

Z toho jedna se nachází v blízkosti nejrizikovější kategorie. Tento vlastní tvar je vykreslen na následujícím obrázku.



Obrázek 66: Nejrizikovější vlastní tvar pro svislé kmitání (2,155 Hz).

5.2 Vodorovné kmitání

Na následujícím obrázku jsou vyznačeny rizikové kategorie při vodorovném kmitání.

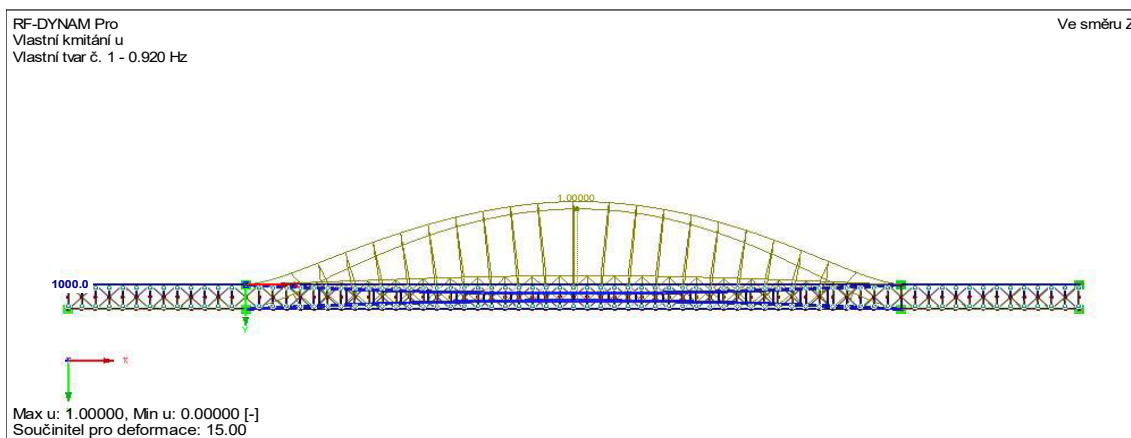
Frequency	0	0.3	0.5	1.1	1.3	2.5
Range 1						
Range 2						
Range 3						
Range 4						

Obrázek 67: Rozsah frekvencí (Hz) vodorovného kmitání pro jednotlivé kategorie.

Tři vlastní frekvence se nachází v rozsahu do 2,5 Hz a to:

- 0,920 Hz
- 1,255 Hz
- 2,112 Hz

Z toho jedna se nachází v nejrizikovější kategorii. Tento vlastní tvar je vykreslen na následujícím obrázku.



Obrázek 68: Nejrizikovější vlastní tvar pro vodorovné kmitání (0,920 Hz).

Podrobnější dynamická analýza není předmětem této bakalářské práce. Podle dynamického výpočtu by byli navrženy tlumiče kmitání, jejich typ a umístění.

6 Posouzení detailu konstrukce

6.1 Podporové ložisko

Na zadané kombinace zatížení byli navrženy elastomerová ložiska od firmy Freyssinet o rozměrech 450x600 mm a 9 vrstvách. Na následujícím obrázku jsou podrobné informace o navržených ložiskách.

Přodorysné rozměry ložiska	Maximální namáhání v tlaku při nulové deformaci	Tloušťka vrstev	Počet vrstev	Počet výztužných desek (TYP B)	Tloušťka výztužných desek	TYP B			TYP C				Celkové přípustné pootočení **
						Celková tloušťka elastomeru	Celková tloušťka ložiska	Přípustná deformace *	Tloušťka vnějších desek	Celková tloušťka elastomeru	Celková tloušťka ložiska	Přípustný posun *	
axb, D	F	t	n	ns	ts	Te	T	w	Ts	Te	T	w	α
mm	kN	mm			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m rad
450 x 600	6309	12	4	5	4	53	73	53	20	48	100	48	10
			5	6		65	89	65		60	116	60	13
			6	7		77	105	77		72	132	72	15
			7	8		89	121	89		84	148	84	18
			8	9		101	137	101		96	164	96	20
			9	10		113	153	113		108	180	108	23

Obrázek 69: Popis ložiska podle výrobce.

6.1.1 Posouzení na tlak

Návrhová únosnost v tlaku je dána výrobcem:

$$R_{z,Rd} = 6309 \text{ kN}$$

Největší svislá reakce v podpoře je:

$$R_{z,Ed} = 1759,120 \text{ kN}$$

$$R_{z,Rd} > R_{z,Ed}$$

Vyhovuje na tlak (28%)

6.1.2 Posouzení na vodorovný posun

Limitní posun v ložisku je dán výrobcem:

$$w_{lim} = 108 \text{ mm}$$

Největší posun v podpoře je:

$$w = 101,7 \text{ mm}$$

$$w_{lim} > w$$

Vyhovuje na posun (94%)

6.1.3 Posouzení na pootočení

Limitní pootočení v ložisku je dáno výrobcem:

$$\varphi_{lim} = 2 \text{ mrad}$$

Největší pootočení v podpoře je:

$$\varphi = 16,7 \text{ mrad}$$

$$\varphi_{lim} > \varphi$$

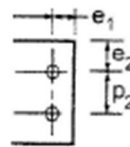
Vyhovuje na pootočení (73%)

6.2 Přípoj příčnicku na hlavní nosník

Přípoj je navrhovaný na maximální posouvající sílu $V_{Ed} = 103,285 \text{ kN}$ v místě přípoje z kombinace zatížení KZ5 kde působí chodci na celým mostě a oteplení.

6.2.1 Posouzení šroubů

Šrouby jsou umísťované na stojinu průřezu IPE 180. Navrženy jsou šrouby M20 ve dvou řadách a jednom sloupci. Pevnostní třída šroubů je 6.8 a umístění dle obrázku č.70, kde: $e_1 = 40 \text{ mm}$, $e_2 = 35 \text{ mm}$, $p_2 = 70 \text{ mm}$.



Obrázek 70: Umístění šroubů v stojně příčnicku.

Síla na jeden šroub: $V_{Ed,1} = 51,643 \text{ kN}$

Únosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{a_v * f_{ub} * A_s}{\gamma_{M2}} * n = \frac{0,5 * 600 * 245}{1,25} * 1 = 58,8 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení:

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3 * d_0}, \frac{p_1}{3 * d_0} - 0,25, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1 \right\} = \min \left\{ \frac{40}{3 * 20}, \frac{70}{3 * 20} - 0,25, \frac{600}{490}, 1 \right\} = 0,667$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 * \frac{35}{20} - 1,7; 2,5 \right\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b * k_1 * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,667 * 2,5 * 20 * 5,3 * 490}{1,25} = 69,288 \text{ kN}$$

Rozhoduje únosnost ve stříhu.

$$F_{v,Rd} = 58,8 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,1} = 51,643 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} > V_{Ed,1}$$

**Vyhovuje na stříh a otláčení
(88%)**

6.2.2 Posouzení plechu

Plech je navržen o tloušťce 7 mm a výšce 140 mm.

Posouzení na smyk:

Smyková plocha plechu bez otvorů pro šrouby: $A_{vz} = 7 \cdot (140 - 2 \cdot 22) = 672 \text{ mm}^2$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{672 \cdot 355}{1,0 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{3}} = \mathbf{137,732 \text{ kN}}$$

$$V_{Ed} = \mathbf{103,285 \text{ kN}}$$

$$V_{pl,Rd} > V_{Ed}$$

Vyhovuje na smyk (75%)

Posouzení svaru:

Pro svaření plechu a hlavního nosníku byl použit koutový svar o tloušťce $a=5 \text{ mm}$ vařený kolem dokola.

Moment setrvačnosti svaru:

$$I_w = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 5 \cdot 140^3 = 2286666 \text{ mm}^4$$

Napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L_w} = \frac{103,285 \cdot 10^3}{2 \cdot 5 \cdot 140} = 73,775 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = \frac{M_{Ed} \cdot z}{I_w} = \frac{103,285 \cdot 0,06 \cdot 10^6 \cdot 60}{2286666} = 162,606 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{162,606}{\sqrt{2}} = \mathbf{114,98 \text{ MPa}}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{355}{1,25} = \mathbf{284 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{\perp,1} > \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

Vyhovuje (40%)

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} = \sqrt{114,98^2 + 3 \cdot (114,98^2 + 73,775^2)} = \mathbf{263,078 \text{ MPa}}$$

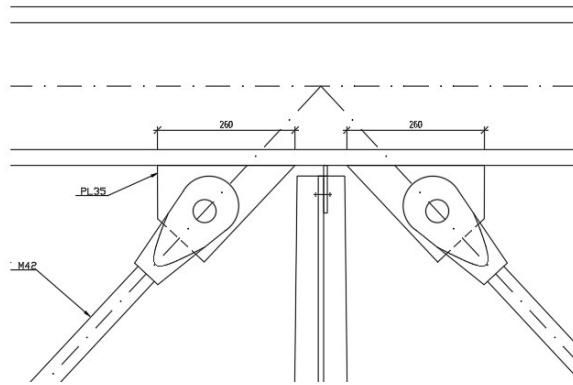
$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{355}{0,9 \cdot 1,25} = \mathbf{315,556 \text{ MPa}}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} > \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

Vyhovuje (83%)

6.3 Připoj ztužidla v mostovce na hlavní nosník

Největší normálová síla v ztužidle je $N_{Ed}=447,256 \text{ kN}$. Podle geometrie prvku rozložíme sílu do dvou směrů: $F_{Ed,x}=304,628 \text{ kN}$, $F_{Ed,y}=327,475 \text{ kN}$.



Obrázek 71: Přípoj ztužidel na hlavní nosník.

6.3.1 Posouzení plechu

Plech je navržen o tloušťce 35 mm a délce 260 mm.

Posouzení na smyk:

Smyková plocha plechu bez otvorů na táhlo: $A_{vz} = 35 \cdot (178 - 44) = 4690 \text{ mm}^2$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_{yd}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{4690 \cdot 355}{1,0 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{3}} = \mathbf{961,259 \text{ kN}}$$

$$F_{Ed,x} = \mathbf{304,628 \text{ kN}}$$

$$V_{pl,Rd} > F_{Ed,x}$$

Vyhovuje na smyk (32%)

Posouzení svaru:

Pro svaření plechu a hlavního nosníku byl použit koutový svar o délce $L_w = 260 \text{ mm}$ a tloušťce $a = 7 \text{ mm}$ vařený kolem dokola.

Napětí ve svaru:

$$\tau_{II,1} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L_w} = \frac{304,628 \cdot 10^3}{2 \cdot 7 \cdot 260} = 83,689 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M = \frac{F_{Ed,y}}{2 \cdot a \cdot L_w} + \frac{M}{W} = \frac{327,475 \cdot 10^3}{2 \cdot 7 \cdot 260} + \frac{327,475 \cdot 10^3 \cdot 39,5}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 7 \cdot 260^2} = 171,973 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp,1} = \sigma_{\perp,1} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{171,973}{\sqrt{2}} = \mathbf{121,603 \text{ MPa}}$$

$$\frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{355}{1,25} = \mathbf{284 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{\perp,1} > \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

Vyhovuje (43%)

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} = \sqrt{121,603^2 + 3 \cdot (121,603^2 + 83,689^2)} = \mathbf{283,127 \text{ MPa}}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{355}{0,9 \cdot 1,25} = \mathbf{315,556 \text{ MPa}}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp,1}^2 + 3 * (\tau_{\perp,1}^2 + \tau_{II,1}^2)} > \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$$

Vyhovuje (90%)

7 Závěr

Pro lávku byli navrženy a posouzeny podle norem a z hlediska statiky všechny hlavní nosní prvky a vybrané detaily konstrukce. Dále podle posunu a pootočení byla navržena podporová ložiska. Z hlediska dynamiky se určili vlastní tvary a kmitání. Všechny vnitřní síly, deformace, kmitání a vlastní tvary byli vypočteny pomocí programu Dlubal RSTAB. Bakalářská práce ještě obsahuje technickou zprávu a výkresovou dokumentaci.

Použitá literatura:

- [1] ČSN EN 1990 (73 0002): *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: ČNI, 2011, 100 s.
- [2] ČSN EN 1991-1-1 (73 0035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: ČNI, 2004, 44 s.
- [3] ČSN EN 1991-1-4 (73 0035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: ČNI, 2007, 124 s.
- [4] ČSN EN 1991-1-5 (73 0035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*. Praha: ČNI, 2005, 44 s.
- [5] ČSN EN 1991-2 (73 6205): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty*. Praha: ČNI, 2005, 44 s.
- [6] ČSN EN 1991-2 (73 6203): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: ČNI, 2005, 152 s.
- [7] ČSN EN 1993-1-8 (73 1401): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků*. Praha: ČNI, 2007, 128 s.
- [8] STUDNIČKA, J., HOLICKÝ, M., MARKOVÁ, J. *Ocelové konstrukce 2: Zatížení*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03768-3.
- [9] STUDNIČKA, J., HOLICKÝ, M., MARKOVÁ, J. *Ocelové konstrukce 2: Zatížení*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03768-3.
- [10] STUDNIČKA, J. *Navrhování nosných konstrukcí: Ocelové konstrukce*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2014. ISBN 978-80-01-05490-1.
- [11] SOKOL, Z., WALD, F. *Ocelové konstrukce: Tabulky*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 978-80-01-04655-5.
- [12] *Systém konstrukčních táhel Macalloy*. Dostupné na: <http://www.tension.cz/>
- [13] *Elastomerová ložiska Freyssinet*. Dostupné na: <http://www.freyssinet.cz/>

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Detail spoje hlavního nosníku a oblouku varianty č.1.	4
Obrázek 2: Detail tuhého spoje hlavního nosníku a oblouku varianty č.2.....	5
Obrázek 3: Výpočtový model hlavní konstrukce.....	5
Obrázek 4: Schéma uvolnění podpor.....	5
Obrázek 5: Pohled na výpočtový model hlavní konstrukce ze směru osy X.....	6
Obrázek 6: Výpočtový model podélníku.....	6
Obrázek 7: Výpočtový model podlahové fošny.....	7
Obrázek 8: Rozložení zatížení při zatížení dopravou.....	8
Obrázek 9: Průřez dřevěný podlahový fošny 200/50.....	15
Obrázek 10: Průběh ohybových momentů na podlahový fošně.....	15
Obrázek 11: Průběh posouvajících sil na podlahový fošně.....	16
Obrázek 12: Průběh průhybu na podlahový fošně.....	16
Obrázek 13: Průřez podélníku IPE 100.....	17
Obrázek 14: Průběh ohybových momentů na podélníku.....	19
Obrázek 15: Průběh posouvající síly na podélníku.....	19
Obrázek 16: Průběh průhybu na podélníku.....	20
Obrázek 17: Průřez příčnicku.....	21
Obrázek 18: Průběh normálových sil na příčnicku.....	22
Obrázek 19: Průběh ohybových momentů na příčnicku.....	23
Obrázek 20: Průběh normálových sil na příčnicku.....	24
Obrázek 21: Průběh ohybových momentů na příčnicku.....	24
Obrázek 22: Průběh posouvajících sil na příčnicku.....	25
Obrázek 23: Průběh průhybu na příčnicku.....	25
Obrázek 24: Průřez trámu u podpor.....	26
Obrázek 25: Průběh normálových sil na trámu u podpor.....	28
Obrázek 26: Průběh ohybových momentů na trámu u podpor.....	29
Obrázek 27: Průběh posouvajících sil na trámu u podpor.....	30
Obrázek 28: Průběh průhybu na trámu u podpor.....	31
Obrázek 29: Vlastnosti táhel Macalloy.....	31
Obrázek 30: Umístění ztužidel v mostovce.....	32
Obrázek 31: Průběh normálových sil na ztužidlech v mostovce.....	32
Obrázek 32: Průřez hlavního nosníku-krajní pole TO900/300/30.....	33
Obrázek 33: Průběh normálových sil na hlavním nosníku-krajní pole.....	34
Obrázek 34: Průběh ohybových momentů na hlavním nosníku-krajní pole.....	35
Obrázek 35: Průběh ohybových momentů na hlavním nosníku-krajní pole.....	36
Obrázek 36: Průběh posouvajících sil ve směru osy Z na hlavním nosníku-krajní pole.....	37
Obrázek 37: Průběh posouvajících sil ve směru osy Y na hlavním nosníku-krajní pole.....	38
Obrázek 38: Průběh průhybu na hlavním nosníku-krajní pole.....	38
Obrázek 39: Průřez hlavní nosník-střední pole.....	39
Obrázek 40: Průběh normálových sil na hlavním nosníku- střední pole.....	41
Obrázek 41: Průběh ohybových momentů M_y na hlavním nosníku- střední pole.....	42
Obrázek 42: Průběh ohybových momentů M_z na hlavním nosníku- střední pole.....	43
Obrázek 43: Průběh normálových sil na hlavním nosníku- střední pole.....	43
Obrázek 44: Průběh ohybových momentů M_z na hlavním nosníku- střední pole.....	44
Obrázek 45: Průběh posouvajících sil V_z na hlavním nosníku- střední pole.....	44

Obrázek 46: Průběh posouvajících sil V_y na hlavním nosníku-střední pole.	45
Obrázek 47: Průběh průhybu na hlavním nosníku-střední pole.	45
Obrázek 48: Průřez oblouku TO450/550/20.	46
Obrázek 49: Průběh normálových sil na oblouku.	48
Obrázek 50: Vlastní tvar oblouku.	48
Obrázek 51: První vlastní tvar oblouku.	49
Obrázek 52: Průběh ohybových momentů M_y na oblouku.	50
Obrázek 53: Průběh ohybových momentů M_z na oblouku.	51
Obrázek 54: Průběh normálových sil na oblouku.	51
Obrázek 55: Průběh posouvajících sil V_z na oblouku.	52
Obrázek 56: Průběh posouvajících sil V_y na oblouku.	53
Obrázek 57: Průběh průhybu na oblouku.	53
Obrázek 58: Průřez ztužidla mezi oblouky TO190/190/6.	54
Obrázek 59: Průběh normálových sil na ztužidle mezi oblouky.	56
Obrázek 60: Průběh ohybových momentů M_y na ztužidle mezi oblouky.	57
Obrázek 61: Průběh ohybových momentů M_z na ztužidle mezi oblouky.	57
Obrázek 62: Průběh ohybových momentů M_z na ztužidle mezi oblouky.	58
Obrázek 63: Vlastnosti táhel Macalloy.	59
Obrázek 64: Průběh normálových sil na táhlech v oblouku.	59
Obrázek 65: Rozsah frekvencí (Hz) svislého kmitání pro jednotlivé kategorie.	60
Obrázek 66: Nejrizikovější vlastní tvar pro svislé kmitání (2,155 Hz).	61
Obrázek 67: Rozsah frekvencí (Hz) vodorovného kmitání pro jednotlivé kategorie.	61
Obrázek 68: Nejrizikovější vlastní tvar pro vodorovné kmitání (0,920 Hz).	61
Obrázek 69: Popis ložiska podle výrobce.	62
Obrázek 70: Umístění šroubů v stojně příčnicku.	63
Obrázek 71: Příklad ztužidel na hlavní nosník.	65

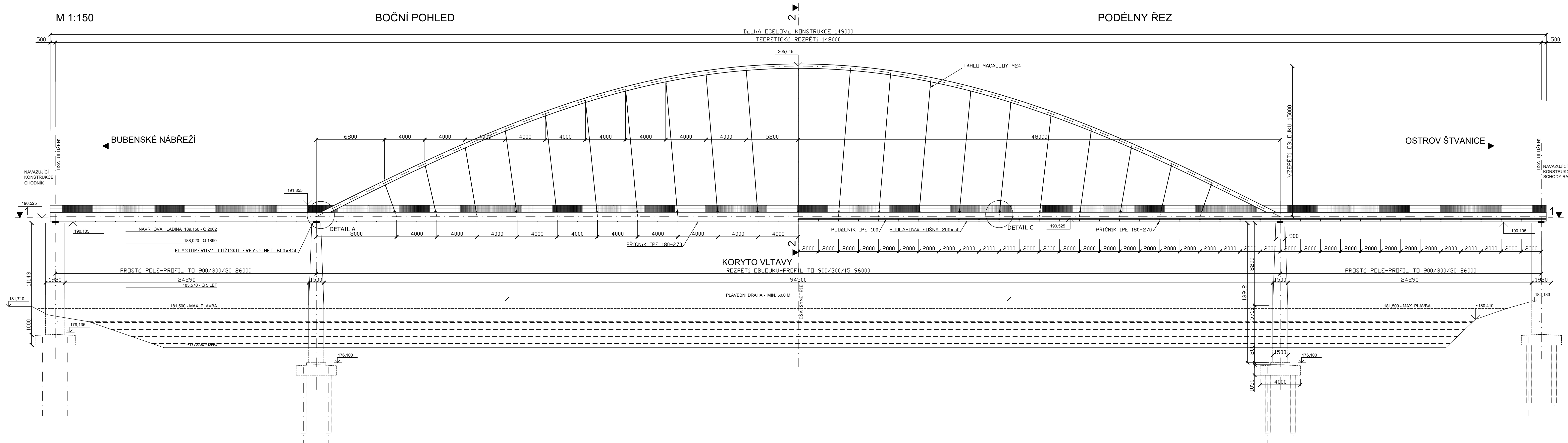
Seznam tabulek:

Tabulka 1: Součinitele pro 1. kombinaci účinků.	10
Tabulka 2: Součinitele pro 2. kombinaci účinků.	11
Tabulka 3: Součinitele pro 3. kombinaci účinků.	11
Tabulka 4: Součinitele pro 4. kombinaci účinků.	11
Tabulka 5: Součinitele pro 5. kombinaci účinků.	11
Tabulka 6: Součinitele pro 6. kombinaci účinků.	11
Tabulka 7: Součinitele pro 7. kombinaci účinků.	12
Tabulka 8: Součinitele pro 8. kombinaci účinků.	12
Tabulka 9: Součinitele pro 9. kombinaci účinků.	12
Tabulka 10: Součinitele pro 10. kombinaci účinků.	12
Tabulka 11: Součinitele pro 11. kombinaci účinků.	12
Tabulka 12: Součinitele pro 12. kombinaci účinků.	13
Tabulka 13: Součinitele pro 13. kombinaci účinků.	13
Tabulka 14: Součinitele pro 14. kombinaci účinků.	13
Tabulka 15: Součinitele pro 15. kombinaci účinků.	13
Tabulka 16: Součinitele pro 16. kombinaci účinků.	13
Tabulka 17: Materiálové vlastnosti podlahový fošny.	14
Tabulka 18: Průřezové charakteristiky podlahový fošny.	15
Tabulka 19: Průřezové charakteristiky podélníku.	18
Tabulka 20: Průřezové charakteristiky příčníku.	21
Tabulka 21: Průřezové charakteristiky trámu u podpor.	27
Tabulka 22: Průřezové charakteristiky hlavní nosník-krajní pole.	33
Tabulka 23: Průřezové charakteristiky hlavní nosník-střední pole.	40
Tabulka 24: Průřezové charakteristiky oblouku.	47
Tabulka 25: Průřezové charakteristiky ztužidla mezi oblouky.	55

M 1:150

BOČNÍ POHLED

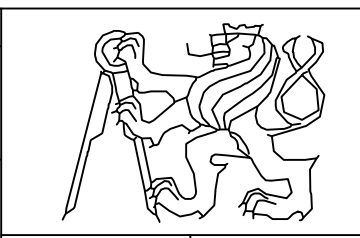
PODÉLNÝ ŘEZ



MATERIÁLY

KONSTRUKČNÍ PRVEK	MATERIÁL
PILOTY	C25/30-XA1+XC2
ZÁKLADY	C30/37- XF4+XA1+XC2
PILÍŘE	C30/37-XF4+XD2+XC4
DŘEVĚNÉ FOSŇY	DŘEVO C35
OCELOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE	S355J2+N
PEVNOST ŠROUBY	6.8

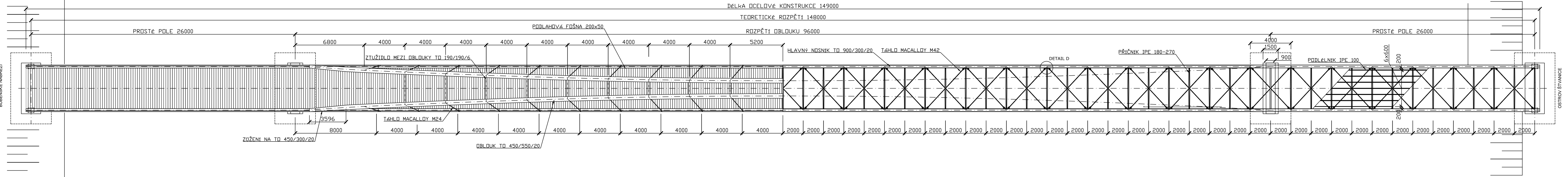
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA
SI-K	K134	Rastislav Mazák
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ	Ing. Michal Netušil, Ph.D.
Lávka pro chodce a cyklisty přes Vltavu v Praze Holešovicích		
FORMÁT	5x A3	
MĚŘÍTKO	1:150	
DATUM	15.5.2017	
Č. VÝKR.	1	



M 1:150

PŮDORYS

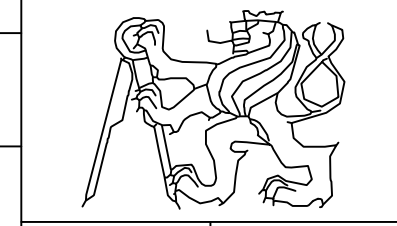
VODOROVNÝ ŘEZ NOSNOU KONSTRUKCÍ 1-1



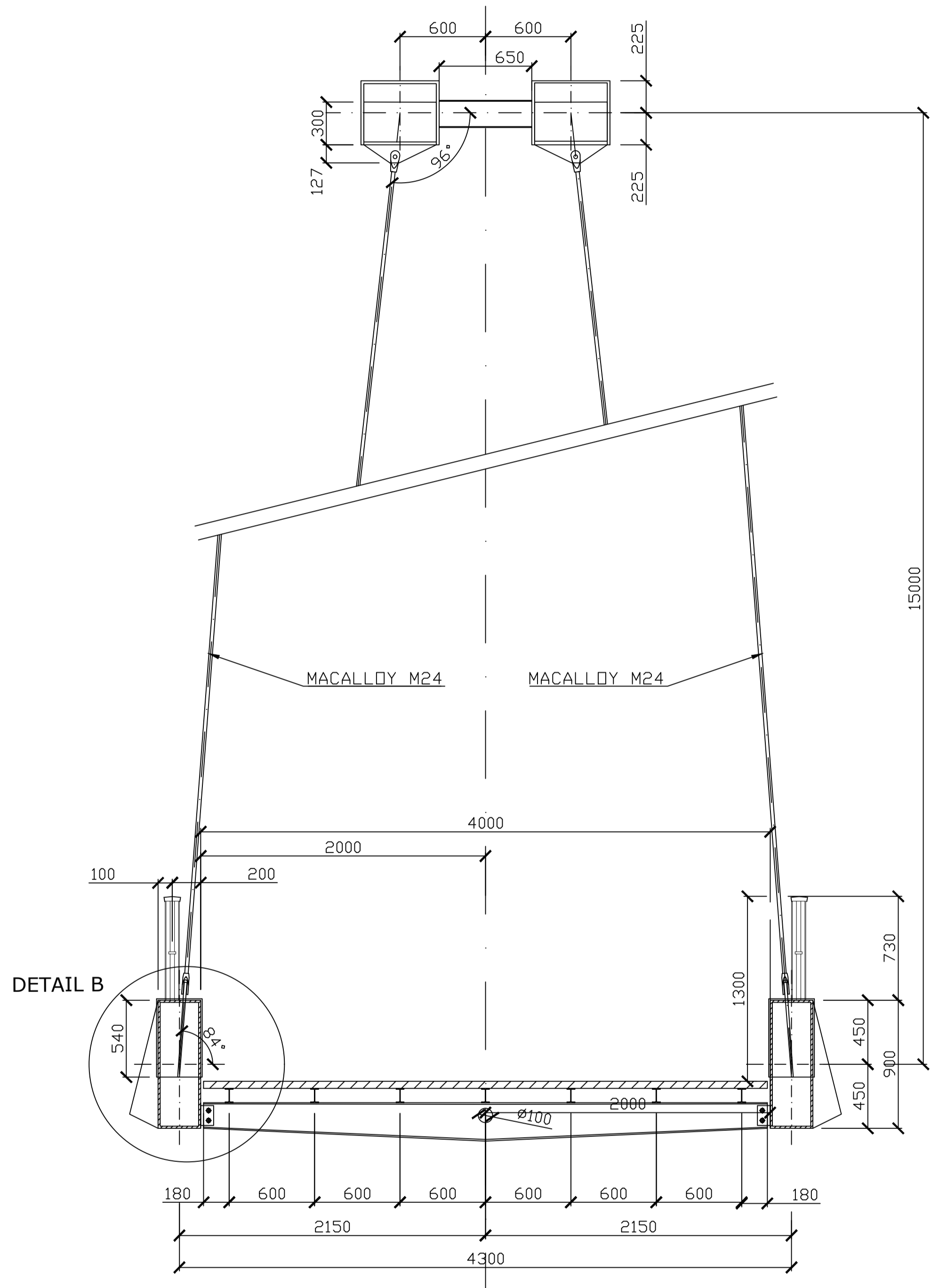
MATERIÁLY

KONSTRUKČNÍ PRVEK	MATERIÁL
PILOTY	C25/30-XA1+XC2
ZÁKLADY	C30/37- XF4+XA1+XC2
PILÍŘE	C30/37-XF4+XD2+XC4
DŘEVĚNÉ FOŠNY	DŘEVO C35
OCELOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE	S355J2+N
PEVNOST ŠROUBY	6.8

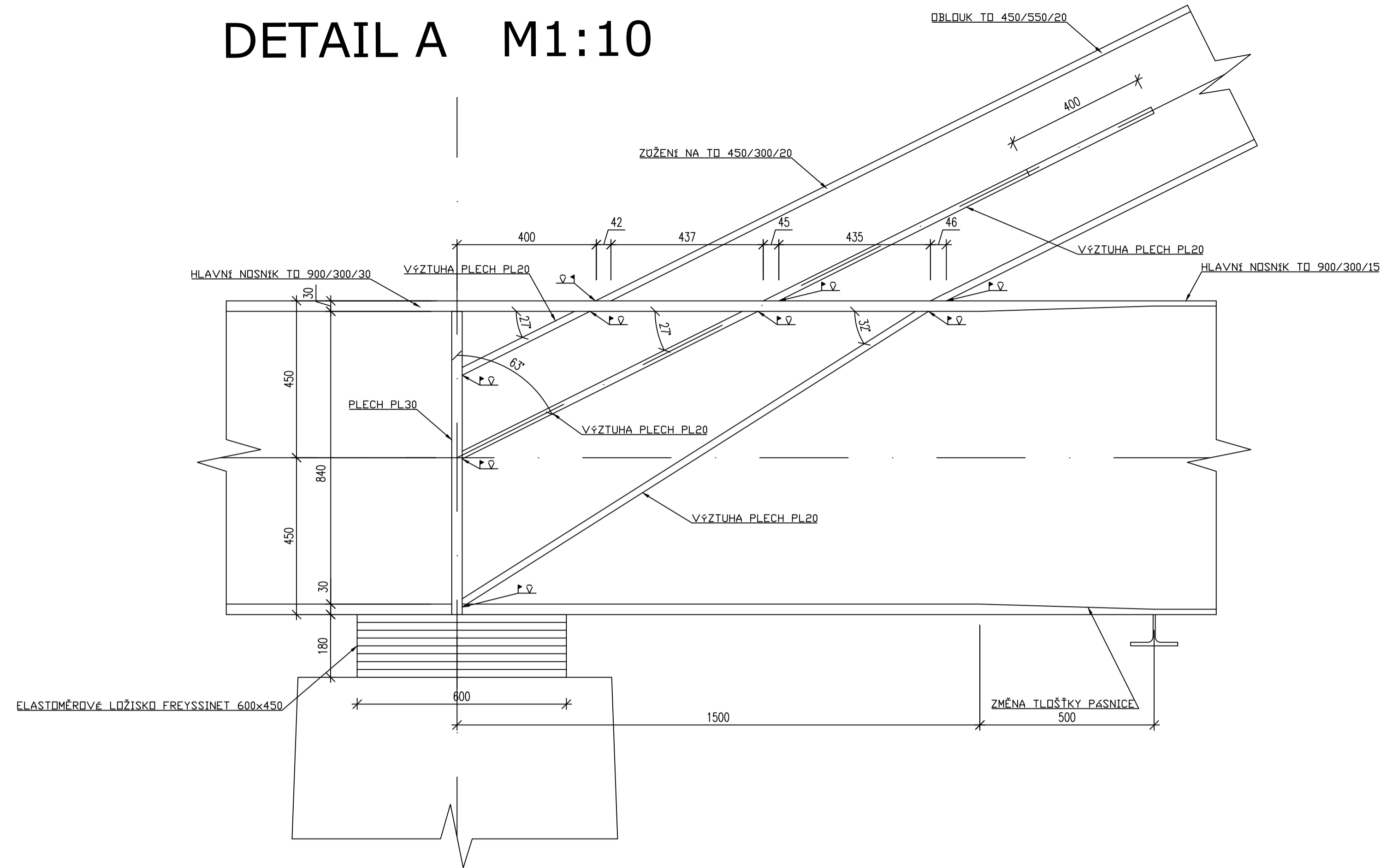
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA
SI-K	K134	Rastislav Mazák
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ	
4.	Ing. Michal Netušil, Ph.D.	
Lávka pro chodce a cyklisty přes Vltavu v Praze Holešovicích		
FORMÁT	5x44	
MĚŘITKO	1:150	
DATUM	15.5.2017	
OBSAH:	PŮDORYS A VODOROVNÝ ŘEZ 1-1	Č. VÝKR. 2



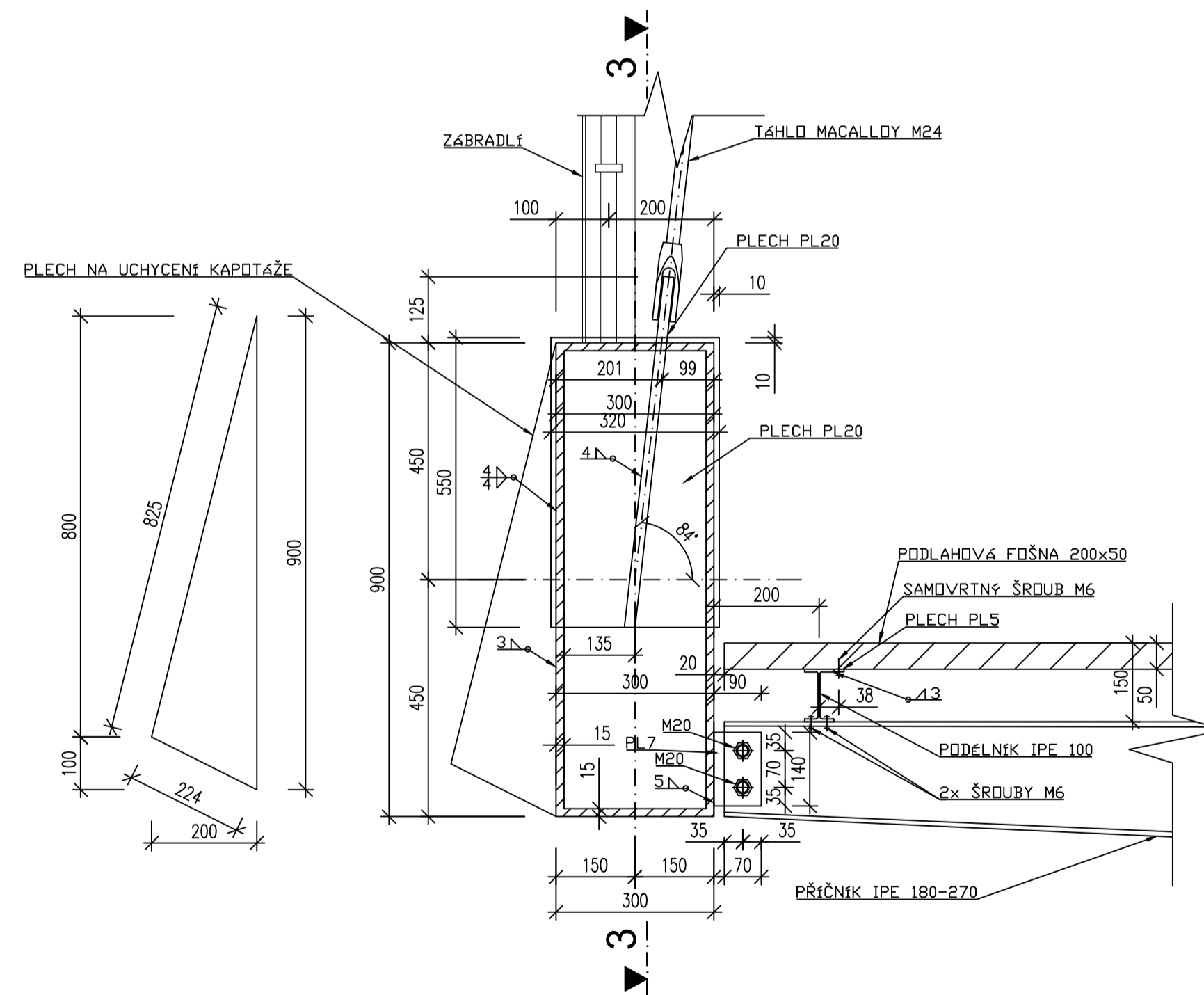
ŘEZ 2-2 M1:25



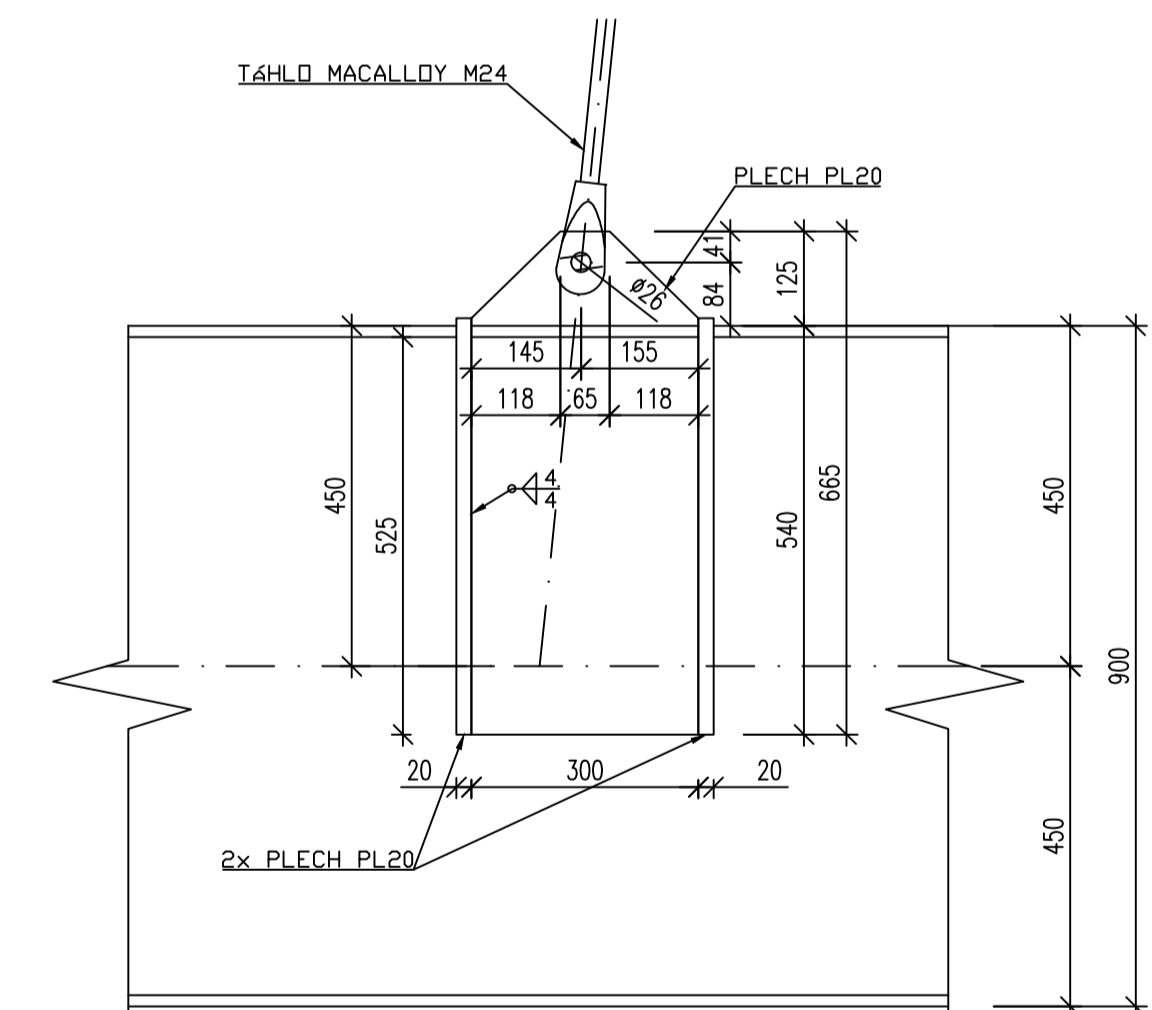
DETAIL A M1:10



DETAIL B M1:10



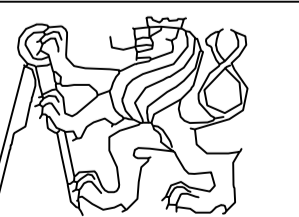
ŘEZ 3-3 M1:10



MATERIÁLY

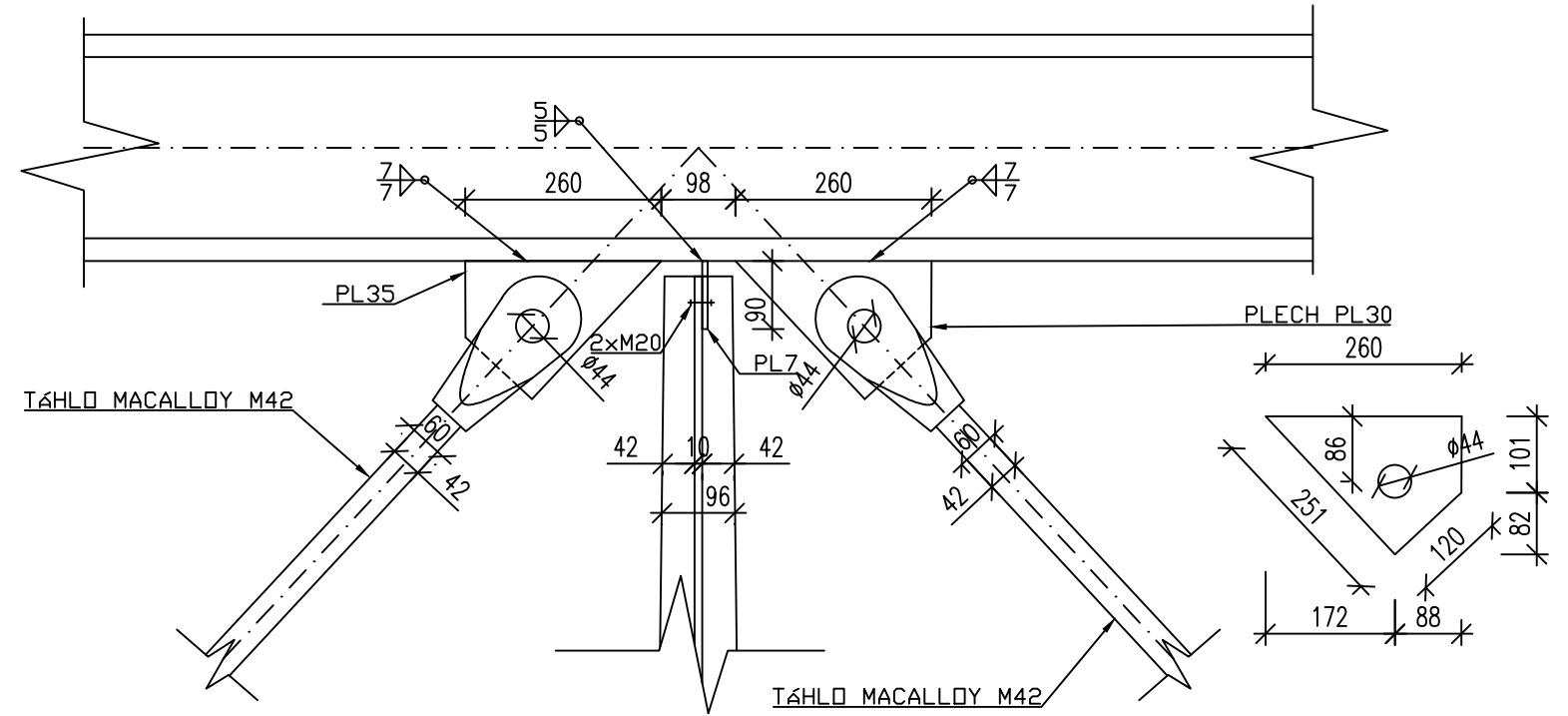
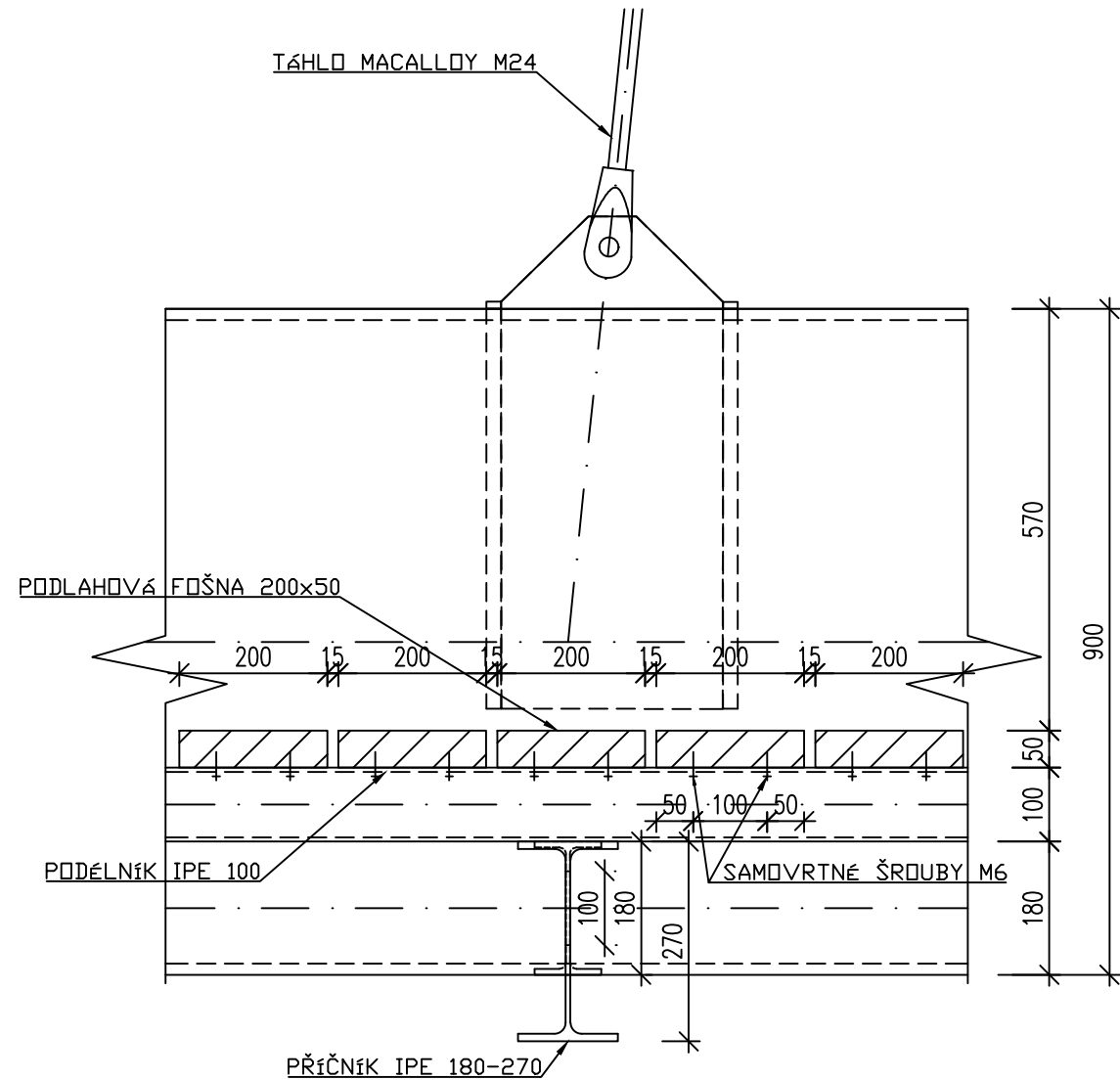
KONSTRUKČNÍ PRVEK	MATERIÁL
PILOTY	C25/30-XA1+XC2
ZÁKLADY	C30/37- XF4+XA1+XC2
PILÍŘE	C30/37-XF4+XD2+XC4
DŘEVĚNÉ FOSNY	DŘEV0 C35
OCELOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE	S355J2+N
PEVNOST ŠROUBY	6.8

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA
SI-K	K134	Rostislav Mazák
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ	Ing. Michal Netušil, Ph.D.
Lávka pro chodce a cyklisty přes Vltavu v Praze Holešovicích		
FORMÁT	A1	
MĚŘÍTKO	1:25;1:10	
DATUM	15.5.2017	
OBSAH:	PŘÍČNÝ ŘEZY 2-2 a 3-3, DETAILS A,B	Č. VÝKR.
		3



DETAIL C M1:10

DETAIL D M1:10



MATERIÁLY

KONSTRUKČNÍ PRVEK	MATERIÁL
PILOTY	C25/30-XA1+XC2
ZÁKLADY	C30/37- XF4+XA1+XC2
PILÍŘE	C30/37-XF4+XD2+XC4
DŘEVĚNÉ FOŠNY	DŘEVŮ C35
OCELOVÁ NOSNÁ KONSTRUKCE	S355J2+N
PEVNOST ŠROUBY	6.8

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA
SI-K	K134	Rastislav Mazák
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ	
4.	Ing. Michal Netušil, PhD.	
Lávka pro chodce a cyklisty přes Vltavu v Praze Holešovicích		
OBSAH: DETAILY C a D		
FORMÁT	A3	
MĚŘÍTKO	1:10	
DATUM	15.5.2017	
Č. VÝKR.	4	