



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra mechaniky

Lávka pro pěší v komplexu budov GEONE, Praha, Holešovice

Footbridge in GEONE development, Prague, Holešovice

Bakalářská práce

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby
Vedoucí práce: Ing. arch., Ing. František Denk, Ph.D.

Marek Potřebuješ

Praha 2019

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Potrebuješ** Jméno: **Marek** Osobní číslo: **439014**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra mechaniky**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce a dopravní stavby**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Lávka pro pěší v komplexu budov GEONE, Praha, Holešovice

Název bakalářské práce anglicky:

Footbridge in GEONE Development, Prague, Holešovice

Pokyny pro vypracování:

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. arch. Ing. František Denk, Ph.D., katedra mechaniky FSV

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

Datum zadání bakalářské práce: **26.02.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. arch. Ing. František Denk, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

_____ podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci zpracoval samostatně pod vedením Ing. arch., Ing. Františka Denka, Ph.D. a s využitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 26.5.2019

Marek Potřebuješ

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce p. Ing. arch., Ing. Františku Denkovi Ph.D. za trpělivé vedení této práce, za přívětivý přístup při konzultacích a užitečných radách. Rád bych poděkoval i Ing. Miloslavu Smutkovi Ph.D. za poskytnutí podkladů pro zpracování mé bakalářské práce, za zaučení s programy firmy Recoc s.r.o. a za jejich půjčení. Ing. Milanu Klášterkovi děkuji za konzultace z oblasti navrhování ocelových konstrukcí a zaučení s programem SCIA Engineer. Poděkování patří všem za cenné rady z praxe, vstřícný postoj a trpělivost.

Abstrakt

Předmětem mé bakalářské práce je návrh konstrukce lávky pro chodce a cyklisty přes pozemní komunikaci. Lávka se bude nacházet v městské části Holešovice v Praze. Jedná se o návrh novostavby spojující veřejné prostranství s komplexem GEONE. Vytvořil jsem několik předběžných návrhů. Po vyhodnocení variant jsem vybral jednu, ke které jsem provedl podrobnější statický výpočet. Návrhy jsou dokumentovány v jednotlivých variantách základního uspořádání, vybraná varianta je dokumentována podrobnějšími výkresy s řešením hlavních detailů.

Podrobný statický výpočet se zabývá návrhem a posouzením všech nosných prvků na mezní stavy únosnosti a použitelnosti dle platných norem ČSN EN. K výpočtu byl použit program SCIA Engineer.

Klíčová slova

lávka pro pěší

ocelová konstrukce

příhradová lávka

prostý nosník

Abstract

The main point of my Bachelor work is design of a footbridge and construction for pedestrians and cyclists over the road. The footbridge will be located in town district Prague – Holesovice. It's design of new building connecting public area with GEONE complex. I created a few preliminary drafts. After evaluation of many drafts I chose one which I decided to make detailed statistical calculation. Designs are documented in individual variants of the basic arrangement, chosen variant is documented with more detailed drawings with solution of major details.

Detailed statistical calculation deals with design and assessment of all supporting elements on ultimate level states according to valid standards ČSN EN. I used SCIA Engineer program for calculation.

Keywords

footbridge

steel construction

truss footbridge

simply supported beam

OBSAH

1 REŠERŠE	12
1.1 ÚVOD	12
1.2 LÁVKA PŘES POTOK BOTIČ	13
1.3 LÁVKA PŘES JIŽNÍ ZHLAVÍ NÁDRAŽÍ V BENEŠOVĚ	14
1.4 ZVEDACÍ LÁVKA VE STARÉ VSI NAD ONDŘEJNICÍ.....	16
2 STUDIE	19
2.1 LOKALITA	19
2.2 INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ POMĚRY	19
2.3 POPIS KONSTRUKCE.....	20
2.4 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ.....	21
2.4.1 <i>Materiály</i>	21
2.4.2 <i>Ochrana oceli</i>	21
2.4.3 <i>Spodní stavba</i>	21
2.4.4 <i>Uložení objektu</i>	21
2.4.5 <i>Vliv na sousední objekty</i>	21
3 STATICKÝ NÁVRH A POSOUZENÍ – OBECNĚ.....	22
3.1 ROZSAH STATICKÉHO NÁVRHU A POSOUZENÍ.....	22
3.2 ZATÍŽENÍ.....	22
3.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ	22
3.4 VNITŘNÍ SÍLY.....	23
3.5 SOUČINITELÉ SPOLEHLIVOSTI MATERIÁLU	23
4 PŘEDBĚŽNÉ VARIANTY	24
4.1 OCELOVÁ TRÁMOVÁ KONSTRUKCE	24
4.1.1 <i>Popis konstrukce</i>	24
4.1.2 <i>Výpočtový model</i>	24
4.1.3 <i>Zatížení</i>	24
4.1.3.1 <i>Vlastní tíha</i>	24
4.1.3.2 <i>Ostatní stálé - g_k</i>	24
4.1.3.3 <i>Proměnné zatížení</i>	25
4.1.4 <i>Zatěžovací stavy</i>	25
4.1.5 <i>Kombinace zatížení</i>	25
4.1.6 <i>Statický návrh a posouzení</i>	26
4.1.6.1 <i>Posouzení podélníku</i>	26

4.1.6.2	Posouzení příčnicku.....	28
4.1.6.3	Posouzení hlavního nosníku.....	29
4.1.6.4	Posouzení MSP.....	31
4.2	PŘÍHRADOVÁ OCELOVÁ KONSTRUKCE.....	33
4.2.1	<i>Popis konstrukce.....</i>	33
4.2.2	<i>Výpočtový model.....</i>	33
4.2.3	<i>Zatížení.....</i>	33
4.2.3.1	Vlastní tíha.....	33
4.2.3.2	Ostatní stálé - g_k	33
4.2.3.3	Proměnné zatížení.....	34
4.2.4	<i>Zatěžovací stavy.....</i>	34
4.2.5	<i>Kombinace zatížení.....</i>	34
4.2.6	<i>Statický návrh a posouzení.....</i>	35
4.2.6.1	Posouzení podélníku.....	35
4.2.6.2	Posouzení příčnicku.....	37
4.2.6.3	Posouzení spodního pásu.....	38
4.2.6.4	Posouzení horního pásu.....	40
4.2.6.5	Posouzení diagonál.....	41
4.2.6.6	Posouzení MSP.....	43
4.3	OBLOUKOVÁ PŘÍHRADOVÁ KONSTRUKCE.....	46
4.3.1	<i>Popis konstrukce.....</i>	46
4.3.2	<i>Výpočtový model.....</i>	46
4.3.3	<i>Zatížení.....</i>	46
4.3.3.1	Vlastní tíha.....	46
4.3.3.2	Ostatní stálé - g_k	46
4.3.3.3	Proměnné zatížení.....	47
4.3.4	<i>Zatěžovací stavy.....</i>	47
4.3.5	<i>Kombinace zatížení.....</i>	48
4.3.6	<i>Statický návrh a posouzení.....</i>	48
4.3.6.1	Posouzení podélníku.....	48
4.3.6.2	Posouzení příčnicku.....	50
4.3.6.3	Posouzení spodního pásu.....	51
4.3.6.4	Posouzení horního pásu.....	53
4.3.6.5	Posouzení diagonál.....	55
4.3.6.6	Posouzení MSP.....	56
4.4	ZHODNOCENÍ VARIANT.....	59

5	FINÁLNÍ VARIANTA – OBLOUKOVÁ PŘÍHRADOVÁ KONSTRUKCE	60
5.1	VÝPOČTOVÝ MODEL	60
5.2	ZATÍŽENÍ.....	60
5.2.1	<i>Vlastní tíha</i>	60
5.2.2	<i>Ostatní stálé - g_k</i>	60
5.2.3	<i>Proměnné zatížení</i>	61
5.2.3.1	Užitné rovnoměrné – gr_1	61
5.2.3.2	Soustředné zatížení.....	62
5.2.3.3	Zatížení větrem	62
5.2.4	<i>Zatěžovací stavy</i>	65
5.2.5	<i>Kombinace zatížení</i>	65
5.3	STATICKÝ NÁVRH A POSOUZENÍ	67
5.3.1	<i>Návrh a posouzení mostovky</i>	67
5.3.2	<i>Posouzení podélníku</i>	68
5.3.3	<i>Posouzení spodního příčnicku</i>	70
5.3.4	<i>Posouzení spodního pásu</i>	73
5.3.5	<i>Posouzení horního pásu</i>	75
5.3.6	<i>Posouzení diagonál</i>	78
5.3.7	<i>Posouzení horního příčnicku</i>	82
5.3.8	<i>Posouzení ztužidel</i>	85
5.3.9	<i>Posouzení MSP</i>	87
5.3.10	<i>Návrh a posouzení zábradlí</i>	89
5.3.11	<i>Návrh mostního závěru</i>	91
5.3.12	<i>Návrh ložisek</i>	93
6	ZÁVĚR.....	94
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	95
7.1	LITERATURA	95
7.2	ŘADA NOREM ČSN EN	95
7.3	POUŽITÉ PODKLADY	96
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	98
9	SEZNAM TABULEK	100
10	SEZNAM PŘILOŽENÉ DOKUMENTACE.....	101



**FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE**

1 Rešerše

1.1 Úvod

Mostní objekt je součástí dopravní cesty v místě, ve kterém je potřeba překonat přírodní nebo umělou překážku přemostěním, popř. zvolit obdobné řešení z vodohospodářských, ekonomických, ekologických nebo estetických důvodů. Pojem mostní objekt se dělí na mosty, propustky a lávky.

Lávka je mostní objekt, který má kolmou světlost otvoru alespoň 2,0 m. Tento objekt je tvořen spodní stavbou, nosnou konstrukcí, svrškem, vybavením, přidruženými částmi, popř. přesypávkou. Rozdíl mezi mostem a lávkou spočívá v tom, že lávka slouží chodcům i cyklistům, případně pouze chodcům nebo pouze cyklistům.

Konstrukce lávek nejsou masivní, mají menší normové hodnoty zatížení, nežli mají mosty, proto se navrhují štíhlejší nosné prvky a jsou více esteticky příjemné. To má za následek, že jsou více náchylné na dynamické zatížení v podobě lidského kroku nebo zatížení větrem. Hlavním kritériem návrhu lávky je, aby se nedostaly do rezonančního stavu. Pro lávky, na kterých se očekává velký pěší provoz, volíme tužší průřez, kterým dosáhneme vyšší vlastní frekvence, než jsou frekvence lidského kroku. Pokud navrhujeme méně tužší konstrukci lávky, musíme počítat s tím, že konstrukce bude mít větší průhyb a snadněji se rozkmitá. Pokud bude hrozit rezonanční stav, je výhodnější navrhnout tlumič než zesilovat konstrukci.

Historický vývoj konstrukcí lávek je prakticky shodný s vývojem silničních mostů. Ať se jedná o použitý materiál, tak i o použité technologie výstavby. K jejich výstavbě se nejvíce využívá prostý beton, železobeton, předpjatý beton, ocel nebo dřevo. Realizace lávek se odvíjí od typu konstrukce a taktéž od místa výstavby a je zcela individuální.

Zatížení, které působí na lávky, můžeme rozdělit podle doby trvání na stálé a nahodilé. Stálé zatížení reprezentuje vlastní tíha konstrukce a ostatní tíha stálých částí mostu, mezi které můžeme zahrnout zábradlí, či jiná zařízení nesené nosnou konstrukcí. Nahodilé zatížení se dělí na dlouhodobé, krátkodobé a mimořádné zatížení. Nahodilé zatížení můžeme dále ještě rozdělit na silové působení a nesilové působení. Mezi silové působení patří např. zatížení chodci, zatížení sněhem aj. Nesilové působení představuje například teplotní změny okolního vzduchu. Nedílnou součástí zatížení

lávek jsou i dynamické účinky v podobě chůze chodců, přejíždění servisního vozidla, pohybu nevyvážených částí strojů a podobně.

Zásady navrhování podle mezních stavů se dělí na dva základní mezní stavy, a to na mezní stav únosnosti (MSÚ) a mezní stav použitelnosti (MSP). Mezní stav únosnosti se týká bezpečnosti osob nebo bezpečnosti konstrukce. V rámci mezního stavu únosnosti se ověřuje ztráta statické rovnováhy konstrukce nebo její části, poruchy nadměrného přetvoření, ztráta stability konstrukce nebo její části. Mezní stav použitelnosti se týká funkcí konstrukce nebo nosných prvků za běžného provozu, pohody osob a vzhledu stavby. Tyto stavy můžeme rozdělit na stavy vratné a nevratné. Ověřování mezních stavů použitelnosti má vycházet z kritérií týkajících se následujících hledisek, a to: deformací, které ovlivňují vzhled konstrukce, pohodu uživatelů nebo provozuschopnost konstrukce; kmitání, která způsobují nepohodu osob nebo omezují funkčnost konstrukce; poškození, která mohou nepříznivě ovlivnit vzhled, trvanlivost nebo provozuschopnost konstrukce. Navrhování podle mezních stavů musí vycházet z odpovídajících modelů konstrukce a zatížení a musí se ověřit, že žádný mezní stav není překročen. Ověření se provádí na všechny příslušné návrhové situace a zatěžovací stavy.

1.2 Lávka přes potok Botič

Tato lávka pro pěší a cyklisty se nachází v Praze 10. Jedná se o spřaženou ocelobetonovou trémovou konstrukci, která přemostuje potok Botič (viz Obr. 1.1). Délka lávky je 24 metry a šířka je proměnná od 3 do 5 metrů. Stavební výška je 800 mm, z nichž je výška železobetonové desky 200 mm a výška ocelových nosníků 600 mm. Ocelové nosníky jsou celkem čtyři, u širší části lávky se jeden nosník rozvětluje na dva. Nosníky jsou uloženy na elastomerových ložiskách, na jedné straně jsou celkem čtyři ložiska, na opačné straně, která je širší, je celkem pět ložisek. Příčnický, které spojují ocelové nosníky, aby nedocházelo ke klopení, jsou v rozteči přibližně po 6 metrech. Výška příčnicku je odhadem 350 mm. Výška nad hladinou potoka je 4,8 metru. Lávka je uložena na dvou betonových opěrách. Jsou na nich zřízeny revizní schody, které dovolují nahlédnout na uložení konstrukce. Jelikož se jedná o lávku, na které se mohou pohybovat cyklisté, je zřízeno bezpečností ocelové zábradlí o výšce 1300 mm. To je kotveno do boční strany železobetonové desky. Mostovka je ošetřena protiskluzovou vrstvou, která slouží také jako pochozí vrstva.



Obr. 1.1 Boční pohled na lávku přes potok Botič

Lávka byla dokončena v polovině prosince 2017. Realizace trvala 90 dnů a cena lávky byla necelých 7 mil. Kč.

1.3 Lávka přes jižní zhlaví nádraží v Benešově

Lávka pro pěší a cyklisty se nachází ve městě Benešov. Překlenuje zhlaví nádraží s devíti elektrifikovanými kolejemi. Vzhledem k tomu, že lávka byla projektována pro pěší a cyklisty, jsou prostorové podmínky označovány jako velmi stísněné. V návrhu lávky byl kladen důraz na optimální vedení trasy nivelety, možnosti technologie výstavby, na použitelnost a trvanlivost konstrukce a také na estetické začlenění do místa stavby.

Lávka byla navržena jako třípólová s celkovou délkou 75 metrů. Výška nad temeny kolejnic je až 7,3 metru. Z bočního pohledu (viz Obr. 1.2) lze vidět uspořádání podpor lávky. Z hlediska šikmosti se považuje lávka za kolmou. Volná šířka mezi zábradlími je 3,6 metru. Jelikož se jedná o lávku, která je navržena pro cyklisty, je výška horního madla zábradlí ve výšce 1300 mm.

Spodní stavba se skládá ze dvou opěr a dvou pilířů. Opěry jsou masivní ze železobetonu. Armatura opěr je provázaná s konstrukcí ložisek z důvodu zachycení tahových reakcí z nosné konstrukce. Křídla opěr jsou složena z gabionových stěn. Ty jsou vysoké přibližně 4 metry. Pilíře jsou založené na masivních železobetonových základových blocích. Ty jsou v rovnoběžném směru s kolejnicemi obloženy gabionovými konstrukcemi, které tlumí případný náraz vykolejením vagónu. Opěry a bloky jsou založeny na vrtaných pilotách o průměru 600 mm.



Obr. 1.2 Boční pohled na lávku [17]

Nosnou konstrukci tvoří svařovaná příhradová konstrukce složená z trubkových profilů. Rozpětí jednotlivých polí je 20,6 + 45,5 + 8,3 metru. Nepříliš ideální rozdělení jednotlivých polí si vyžádaly stísněné prostorové podmínky. Příčné rámové vazby jsou lichoběžníkového tvaru. Příčné vazby jsou spojeny příhradovými prvky hlavních nosníků konstrukce. Jednotlivá pole příhradoviny jsou ztužena v horní i dolní rovině. Pasy hlavních nosníků jsou vyrobeny z trubek profilu TR 219/12,5 z oceli S355. Vzdálenosti příčných vazeb jsou konstantní, proto jsou délky jednotlivých prvků stejně dlouhé. Konstrukce ložisek přenáší tahové i tlakové reakce a zároveň tvoří elektrickou izolaci mezi nosnou konstrukcí a spodní stavbou.

Mostovku tvoří ocelové podélné nosníky profilu U se svislou stojinou. Podélné dřevěné polštáře jsou připevněny k horní pásnici ocelových nosníků. Příčnou pochozí vrstvu tvoří dřevěné fošny, které jsou připevněné k dřevěným polštářům. Dřevěné prvky jsou z tropického dřeva Massaranduba, které se vyznačuje vysokou odolností proti mechanickému a klimatickému opotřebení. Staticky funguje mostovka jako roznášecí prvek mezi příčnými vazbami konstrukce. Taktéž je od hlavního nosného systému oddělena, proto mohla být vmontována dodatečně do nosné konstrukce.

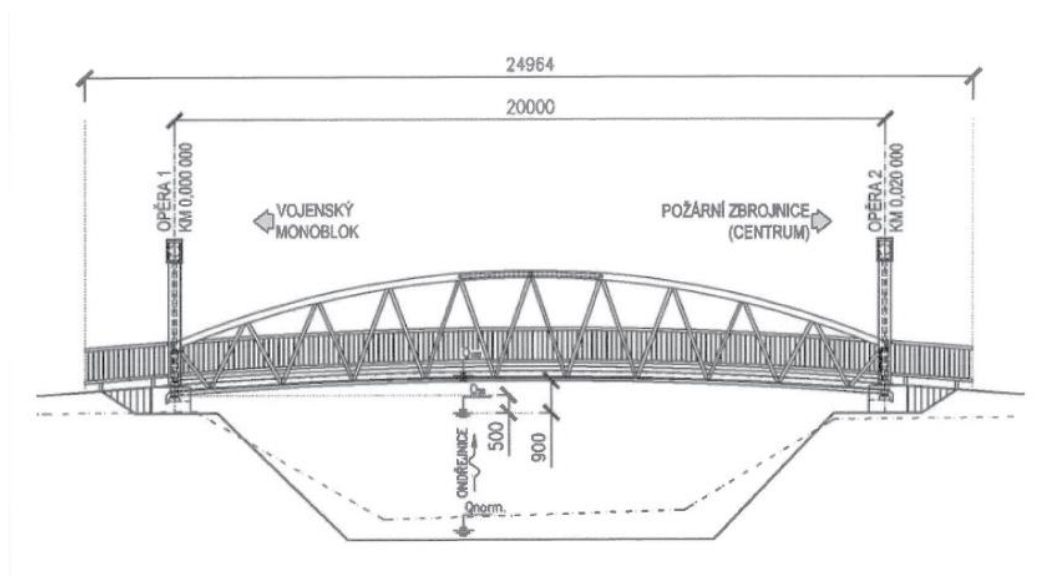
Lávka je vybavena veřejným osvětlením, které se nachází v kruhových styčnicích horního vodorovného ztužení. Tím je odolné vůči vandalismu.

Zábradlí bylo provedeno z ocelových trubkových profilů. Výplň zábradlí tvoří panely z válcovaného tahokovu. V místě sloupků zábradlí jsou podélné prvky mostovky vzájemně ztuženy příčnou výztuhou tak, aby lépe vzdorovaly příčnému namáhání zábradlí.

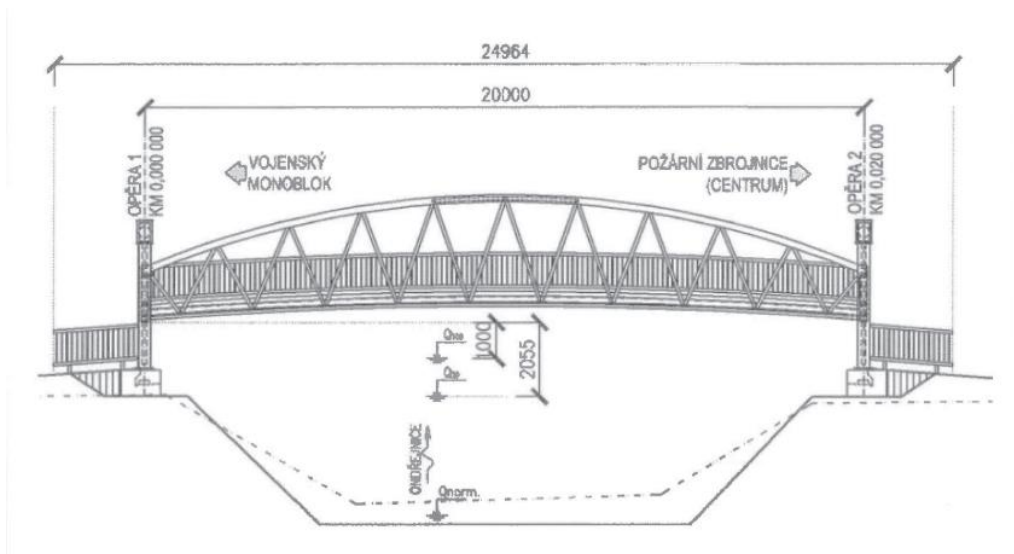
Technologie montáže lávky se musela podříditi velmi omezené možnosti výluk v dané trase koridoru železnice. Lávka byla rozdělena na 4 díly. V prostoru staveniště byly dva díly hlavního pole svařeny v jeden montážní díl. Celková hmotnost ocelové konstrukce byla 85 tun. Realizace lávky trvala 160 dní.

1.4 Zvedací lávka ve Staré Vsi nad Ondřejnicí

Zvedací lávka se nachází na území Staré Vsi nad Ondřejnicí. Z důvodu nedostatečné volné výšky konstrukce při průtoku byla tato lávka opatřena zvedacím zařízením. Umožňuje pěší a cyklistický provoz. Lávka přemostuje říčku Ondřejnici. Konstrukční návrh lávky před zvednutím (viz Obr. 1.3) převede průtok Q20 s rezervou 500 mm od nejnižší hrany nosné konstrukce a s rezervou 900 mm od středu rozpětí. Po zvednutí nosné konstrukce (viz Obr. 1.4), které je 1600 mm, bude nejnižší hrana nosné konstrukce ve výšce 1062 mm nad hladinou při průtoku Q100 a střed rozpětí ve výšce 1462 mm nad hladinou při Q100. Průtok Q20 odpovídá dvacetileté vodě a průtok Q100 odpovídá průtoku stoleté vody.



Obr. 1.3 Lávka před zvednutím [19]



Obr. 1.4 Lávka po zvednutí [20]

Lávka je jednopolová (viz Obr. 1.5) a je projektovaná jako prostý nosník. Délka pole je 20 metrů. Volná šířka lávky je 4 metry a celková šířka lávky je 4,86 metru. Výška mostu nad terénem odpovídá 4,2 metru. Lávka je navržena na zatížení 500 kg/m^2 a vozidlo do 3,5 tuny.



Obr. 1.5 Boční pohled na lávku [18]

Spodní stavbu tvoří monolitické železobetonové opěry, které jsou založené na mikropilotovém systému. V opěrách jsou zabetonovány kotevní přípravky pro kotvení portálu zvedání lávky.

Nosná konstrukce lávky je jednopolová příhradová konstrukce se zakřiveným horním pásem. Horní pásy hlavních nosníků jsou vyrobeny z trubek profilu TR 193,7/10. Spodní pásy jsou tvořeny plechy ve tvaru obráceného „T“ a jsou v příčném směru spojeny po dvou metrech příčnicí. Ty jsou pak v podélném směru spojeny podélníky, které jsou osově po 300 mm, slouží jako výztuhy pro plech mostovky a spolu tvoří ortotropní mostovku. Horní a spodní pásy hlavního nosníku jsou poté propojeny pomocí diagonál z trubek profilu TR 88,9/8. Zavětrování a ztužení horního pásu je z trubek TR 88,9/8. Toto ztužení slouží proti vybočení horního tlačného nosníku. Ocelová konstrukce je z oceli S355J2. Nosná konstrukce je uložena na elastomerových ložiskách, která se nachází na opěrách. Ty se zároveň zvedají s konstrukcí, pokud je potřeba. Vozovku tvoří epoxidová izolace. Lávka není opatřena mostními závěry, mezi nosnou konstrukcí a zídka je mezera 20 mm.

Zvedací zařízení se skládá ze dvou portálů na každé straně lávky a je kotvené do základů pomocí závitových tyčí. Každý portál je tvořený dvojicí sloupů s vrchním nosníkem. V horní části sloupů jsou kotvící místa pro uchycení navíjecího bubnu. Oba bubny jsou ve sloupech propojené spojovací hřídelí, díky které je sladěné zvedání lávky.

Lávka byla kompletně vyrobena v mostárně a osazena pomocí jeřábu na ložiska. Vzhledem ke složitosti systému byl kladen velký důraz na přesnost montáže. Po osazení lávky byly přivařeny sloupy portálu ke kotvení desce přímo na stavbě. Výstavba trvala 90 dnů.

2 Studie

2.1 Lokalita

Lávka se bude nacházet v městské části Holešovice v Praze. Jedná se o území bývalého prefa závodu Wolf Prefa s.r.o, kde se bude nacházet komplex kancelářských budov GEONE. Lávka bude přemostňovat obslužnou místní komunikaci a spojoval veřejné prostranství s komplexem.



Obr. 2.1 Letecká fotka okolí navržené lávky [21]

2.2 Inženýrsko-geologické poměry

Provedenými průzkumy byly v místech zájmového území zastiženy následující geotechnické typy:

Navážky – materiál mající spíše charakter hlinitokamenitých a písčitých zemin, často se zbytky stavebního materiálu

Písky, hlinité nebo štěrkové písky a písčité – S3, S4

Štěr s příměsí jemnozrnné zeminy, hlinitý a jílovitý – G2, G3, G4 a G5

Jíly případně písčité – F4, F6

Břidlice jílovitá zcela zvětralá – R6/F2

Břidlice jílovitá silně zvětralá až zvětralá – R6, R5

Břidlice jílovitá navětralá – R5, R4

V blízkosti umístění lávky byl vyhlouben průzkumný vrt, který byl hlouben do hloubky 13,0 m. Geologický popis je následující:

0 - 1,2 m – navážka

1,2 – 3,8 m – písek hlinitý, středně zrnitý

3,8 – 7,5 m – štěrk s příměsí jemnozrné zeminy

7,5 – 9,0 m – štěrk špatně zrněný

9,0 – 11,4 m – štěrk s příměsí jemnozrné zeminy

11,4 – 12,8 m – břidlice zcela zvětralá

12,8 – 13,0 m – břidlice silně zvětralá

Hladina podzemní byla zastižena průzkumným vrtem v hloubce 5,20 m pod úrovní terénu. Na základě analýz vzorků podzemní vody lze konstatovat, že podzemní voda bude dle ČSN EN 206 v zájmovém území vytvářet uhličitou agresivitu vůči betonovým konstrukcím (XA1).

2.3 Popis konstrukce

Lávka pro chodce a cyklisty je navržena jako prostý nosník. Nosná konstrukce bude kloubově uložena na opěrách. Délka přemostění je 34 metry. Volná šířka mezi zábradlími je 3 metry. Podélný sklon lávky je navržen v souladu s přístupem invalidů, maximální přípustný sklon je tedy 1:12 (8,33%). Výškový rozdíl mezi opěrami je 3,5 metru. S ohledem na délku lávky a podélného sklonu bude na konci jedné opěry zřízena rampa, aby dorovnal výškový rozdíl. Minimální výška průchozího prostoru s ohledem na cyklisty je 2,5 metru. Volná výška pod lávkou musí být minimálně 4,2 metru pro obslužné místní komunikace, k této výšce se musí přičíst bezpečnostní vzdálenost, která odpovídá výšce 0,15 metru. Celkem musí být spodní hrana nosné konstrukce ve výšce 4,35 metru nad komunikací. Horní hrana mostovky je ve výšce od horní hrany silnice v rozmezí 5,7 až 8,5 metru. Výška zábradlí musí splňovat minimální výšku pro provoz cyklistů, tudíž výška činí 1,3 metru.

2.4 Technické řešení

2.4.1 Materiály

Ocelové prvky nosné konstrukce jsou navrženy z oceli S355J2 nebo S235J2. Mostovka je z ocelových pororoštů, které jsou z oceli S355JR. Pevnostní třída šroubů je 8.8.

2.4.2 Ochrana oceli

Ocelovou konstrukci je nutno chránit před korozí. Dle normy EN ISO 12994 bude provedena protikorozní ochrana oceli. Stupeň korozní aktivity je stanoven na C3 – pro městské a průmyslové prostředí.

2.4.3 Spodní stavba

Lávka je uložena na dvou protilehlých mostních opěrách, které jsou železobetonové. Ty jsou uloženy na železobetonových vrtaných pilotách vetknutých do základů. Pro předběžný návrh volím průměr pilot 450 mm. Rozměry pilot by se měli navrhnout a posoudit v podrobném výpočtu základových konstrukcí, to však není předmětem této bakalářské práce.

2.4.4 Uložení objektu

Ocelová konstrukce je ve všech variantách uložena na elastomerových ložiscích.

2.4.5 Vliv na sousední objekty

V blízkosti lávky se nachází kancelářské budovy. Ty budou dostatečně oddílané od konstrukce lávky. Dále je nutno uvažovat s výskytem bludných proudů, protože se lávka nachází v blízkosti elektrifikované železniční trati.

3 Statický návrh a posouzení – obecně

3.1 Rozsah statického návrhu a posouzení

Pro předběžné návrhy a posouzení tří variant konstrukčního řešení lávek pro pěší jsem vyjádřil vnitřní síly pomocí výpočetního programu Scia Engineer 18.1. Finální varianta je navržena ve výpočetním programu. Každá varianta je řešena v samostatné kapitole.

3.2 Zatížení

Pro předběžné návrhy jsou použita stálá zatížení a dominantní proměnné zatížení. U finální varianty se zohledňují i s klimatická zatížení na konstrukci. Všechna zatížení jsou vždy upřesněna pro každou variantu zvlášť.

3.3 Kombinace zatížení

Kombinace zatížení jsou uvažovány dle ČSN EN 1990.

Kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti při trvalých či dočasných zatěžovacích stavech.

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

Alternativně

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

$$\left. \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad (6.10b)$$

Kombinace (6.10a) a (6.10b) slouží k hospodárnějším výsledkům.

Kombinace zatížení pro mezní stav použitelnosti

Mezní stav budeme posuzovat pro charakteristickou kombinaci zatížení

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$$

Zatížení:

$G_{k,j}$ = charakteristická hodnota j-tého stálého zatížení

P = příslušná reprezentativní hodnota zatížení od předpětí

$Q_{k,1}$ = charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení

$Q_{k,i}$ = charakteristická hodnota vedlejšího i-tého proměnného zatížení

Součinitelé spolehlivosti pro mosty a lávky:

$\gamma_G = 1,35$ pro stálé zatížení nepříznivé

$\gamma_Q = 1,35$ pro proměnné zatížení (zatížení dopravou a chodci)

Tab. 3.1 Kombinační součinitelé

Zatížení	Značka	$\psi_{,0}$	$\psi_{,1}$	$\psi_{,2}$
Zatížení dopravou	gr1	0,40	0,40	0
	Q_{fwk}	0	0	0
	gr2	0	0	0
Zatížení větrem	F_{wk}	0,3	0,2	0
Zatížení teplotou	T_k	0,6	0,6	0,5

Redukční součinitel:

$\xi = 0,85$ pro stálé zatížení v kombinaci (6.10b)

3.4 Vnitřní síly

Pro všechny předběžné varianty a finální variantu jsou vnitřní síly převzaty z výpočetního programu Scia Engineer 18.1. Uvažované síly ve statickém výpočtu jsou vždy z nejkritičtější kombinace v nejkritičtějším místě posuzovaného průřezu. V jiném případě je vysvětleno, proč je použita jiná síla.

3.5 Součinitelé spolehlivosti materiálu

Dle ČSN EN 1993-1-1

$\gamma_{M0} = 1,00$ (únosnost průřezu kterékoliv třídy)

$\gamma_{M1} = 1,00$ (únosnost průřezu při posuzování stability prutu)

$\gamma_{M2} = 1,25$ (únosnost průřezu při porušení v tahu)

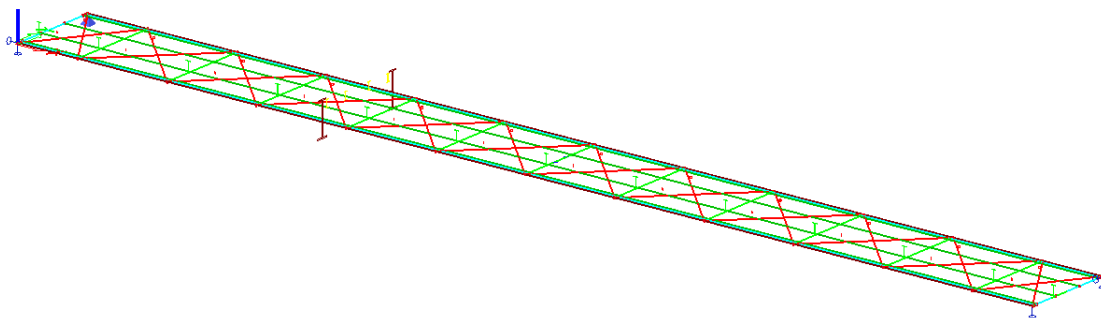
4 Předběžné varianty

4.1 Ocelová trémová konstrukce

4.1.1 Popis konstrukce

Hlavní nosné prvky jsou dva krajní svařované nosníky, na kterých je kotveno zábradlí výšky 1300 mm. Svařenec je profilu nesouměrného „I“, jeho výška je 1100 mm. Horní mostovku tvoří ocelové pororošty, které jsou uloženy na podélnících profilu UPE120. Zatížení je poté roznášeno do příčníků profilu IPE180 a ty jsou kotveny do hlavních nosníků. Svařence jsou opatřeny výztuhami, aby nedocházelo k boulení stěn, a příčnými vzpěrami, které brání klopení nosníků.

4.1.2 Výpočtový model



Obr. 4.1 Prutový model konstrukce

4.1.3 Zatížení

4.1.3.1 Vlastní tíha

Uvažovaná hmotnost všech dílců ve výpočtovém modelu.

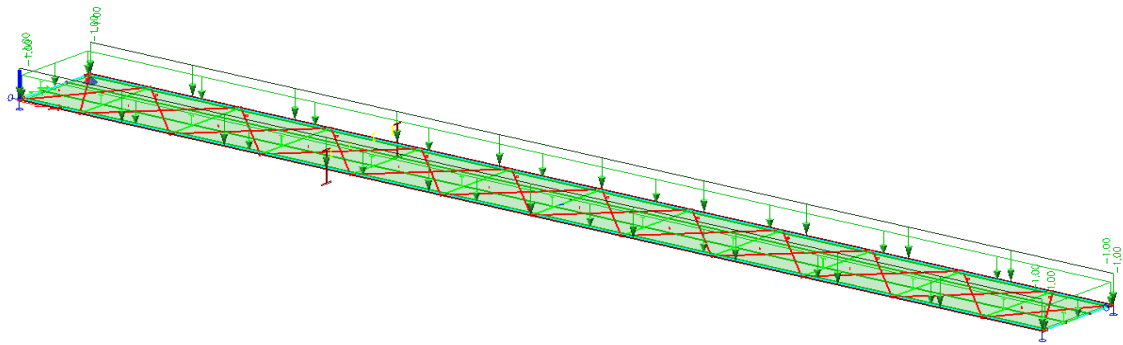
4.1.3.2 Ostatní stálé - g_k

Pochozí vrstva – pororošty Staco – TYP A. Hmotnost uvažovaná s rezervou 100 kg/m^2

$$g_{mo} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Uvažované bezpečnostní vybavení lávky, mezi které patří zábradlí apod.

$$g_{za} = 1,0 \text{ kN/m}$$



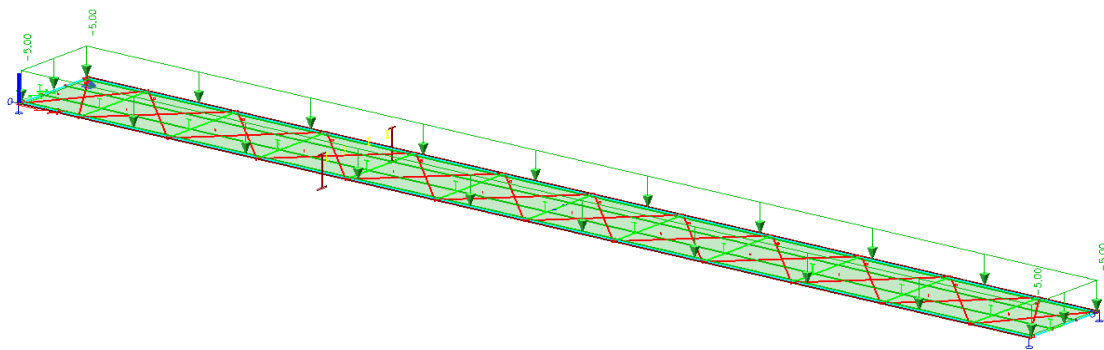
Obr. 4.2 Zatěžovací stav ZS2 – ostatní stálé

4.1.3.3 Proměnné zatížení

Užitné rovnoměrné – gr1

Rovnoměrné zatížení chodci

$$q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2 \text{ (dle ČSN EN 1991 – 2.)}$$



Obr. 4.3 Zatěžovací stav ZS3 – užité rovnoměrné

4.1.4 Zatěžovací stavy

Tab. 4.1 Zatěžovací stavy

ZS	Popis
ZS1	Vlastní tíha
ZS2	Ostatní stálé
ZS3	Užitné rovnoměrné

4.1.5 Kombinace zatížení

Mezní stav únosnosti

Souhrn uvažovaných kombinací zatěžovacích stavů pro trvalé či dočasné návrhové situace, které vytvoří obálku vnitřních sil.

Tab. 4.2 Kombinace zatížení pro MSÚ

Kombinace	Stálá nepříznivá	Hlavní proměnná	Vedlejší proměnná	
			nejúčinnější	ostatní
MSU1	1,35x(ZS1+ZS2)	1,35xZS3	-	-

Mezní stav použitelnosti

Souhrn uvažovaných kombinací zatěžovacích stavů pro mezní stav použitelnosti, které tvoří obálku vnitřních sil.

Tab. 4.3 Kombinace zatížení pro MSP

Kombinace	Stálá nepříznivá	Hlavní proměnná	Vedlejší proměnná	
			nejúčinnější	ostatní
MSP1	ZS1+ZS2	ZS3	-	-

4.1.6 Statický návrh a posouzení**4.1.6.1 Posouzení podélníku****Materiál**S235 J2

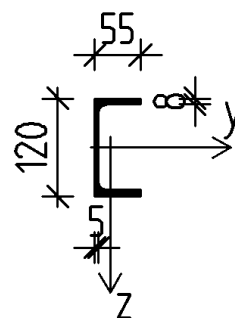
$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

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

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

Charakteristika průřezuUPE 120

h	120 mm	$W_{pl,z}$	$33,22 \times 10^3 \text{ mm}^3$
b	55 mm	$W_{el,z}$	$13,79 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t_w	5,0 mm	I_y	$363,5 \times 10^4 \text{ mm}^4$
t_f	8,0 mm	I_z	$55,40 \times 10^4 \text{ mm}^4$
A	1542 mm^2	i_y	48,6 mm
$A_{v,z}$	718 mm^2	i_z	19,0 mm
$W_{pl,y}$	$70,33 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_t	$2,900 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$W_{el,y}$	$60,58 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_w	$1120 \times 10^6 \text{ mm}^6$

**Vnitřní síly**

$$M_{y,Ed} = 4,94 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 11,78 \text{ kN}$$

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Ohýbaná část

$$\frac{c}{t} \leq 72 \times \varepsilon \quad \frac{80}{5} \leq 72 \times 1,0 \quad 16 \leq 72$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{718 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 97,4 \text{ kN}$$

Klopení

rozteč příčníků: L = 3 m

$$k_z = 1,0 \quad k_w = 1,0 \quad c_{1,0} = 1,77 \quad c_{1,1} = 1,85$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \times L} \times \sqrt{\frac{E \times I_w}{G \times I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \times 3000} \times \sqrt{\frac{210000 \times 1120 \times 10^6}{81000 \times 2,90 \times 10^4}} = 0,33$$

$$c_1 = c_{1,0} + (c_{1,1} - c_{1,0}) \times k_{wt} = 1,77 + (1,85 - 1,77) \times 0,33 = 1,80$$

$$\mu_{cr} = \frac{c_1}{k_z} \times \sqrt{1 + k_{wt}^2} = \frac{1,80}{1,0} \times \sqrt{1 + 0,33^2} = 1,90$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \times \frac{\pi \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t}}{L} =$$

$$= 1,90 \times \frac{\pi \times \sqrt{210000 \times 55,40 \times 10^4 \times 81000 \times 2,90 \times 10^4}}{3000} = 32,89 \text{ kNm}$$

$$\lambda'_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{70,33 \times 10^3 \times 235}{32,89 \times 10^6}} = 0,71$$

křivka klopení ... d

$$\alpha_{LT} = 0,76$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \times [1 + \alpha_{LT} \times (\lambda'_{LT} - 0,2) + \lambda'^2_{LT}] =$$

$$= 0,5 \times [1 + 0,76 \times (0,71 - 0,20) + 0,71^2] = 0,95$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}'^2}} = \frac{1}{0,95 + \sqrt{0,95^2 - 0,71^2}} = 0,63 \leq 1,0$$

Vyhovuje

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \times W_{pl,y} \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,63 \times 70,33 \times 10^3 \times \frac{235}{1,0} = 10,4 \text{ kNm}$$

Ohyb s klopením

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{4,94}{10,4} = 0,48 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{11,78}{97,4} = 0,12 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Profil UPE 120 z hlediska únosnosti vyhoví

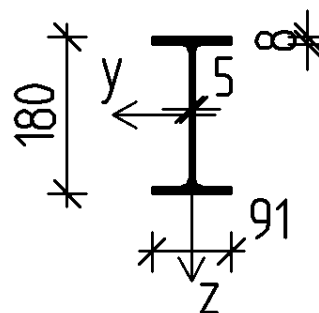
4.1.6.2 Posouzení příčnicku**Materiál**

S235J2

 $f_y = 235 \text{ MPa}$ $E = 210 \text{ GPa}$ $G = 81000 \text{ MPa}$ **Charakteristika průřezu**

IPE 180

h	180 mm	$W_{pl,z}$	$34,60 \times 10^3 \text{ mm}^3$
b	91 mm	$W_{el,z}$	$22,16 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t_w	5,3 mm	I_y	$1317 \times 10^4 \text{ mm}^4$
t_f	8,0 mm	I_z	$100,9 \times 10^4 \text{ mm}^4$
A	2395 mm^2	i_y	74,2 mm
$A_{v,z}$	1125 mm^2	i_z	20,5 mm
$W_{pl,y}$	$166,4 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_t	$4,790 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$W_{el,y}$	$146,3 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_w	$7431 \times 10^6 \text{ mm}^6$

**Vnitřní síly**

$$M_{y,Ed} = 26,16 \text{ kNm}$$

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Ohýbaná část

$$\frac{c}{t} \leq 72 \times \varepsilon \quad \frac{146,0}{5,3} \leq 72 \times 1,0 \quad 27,55 \leq 72$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{166,4 \times 10^3 \times 235}{1,00} = 39,1 \text{ kNm}$$

Ohybový moment

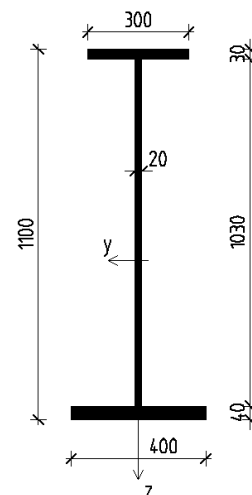
$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{26,16}{39,1} = 0,67 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Profil IPE 180 z hlediska únosnosti vyhoví

4.1.6.3 Posouzení hlavního nosníku**Materiál****S235 J2** $f_y=235 \text{ MPa}$ $E=210 \text{ GPa}$ $G=81000 \text{ MPa}$ **Charakteristika průřezu****Svařenec**

h	110 mm	$W_{el,y}$	$13718 \times 10^3 \text{ mm}^3$
b_s	400 mm	$W_{pl,z}$	$2378 \times 10^3 \text{ mm}^3$
b_h	300 mm	$W_{el,z}$	$1407,6 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t_w	20 mm	I_y	$861670 \times 10^4 \text{ mm}^4$
t_{fs}	40 mm	I_z	$28152 \times 10^4 \text{ mm}^4$
t_{fh}	30 mm	i_y	435 mm
A	45600 mm^2	i_z	79 mm
$A_{v,z}$	21448 mm^2	I_t	$1255,5 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$W_{pl,y}$	$18022 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_w	$57954000 \times 10^6 \text{ mm}^6$



Vnitřní síly

$$M_{y,Ed} = 2618,92 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 297,60 \text{ kN}$$

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Ohýbaná část

$$\frac{c}{t} \leq 72 \times \varepsilon \quad \frac{1030}{20} \leq 72 \times 1,0 \quad 51,5 \leq 72$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{18022 \times 10^3 \times 235}{1,00} = 4235,2 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{21448 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 2910,0 \text{ kN}$$

Ohybový moment

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{2618,92}{4235,2} = 0,62 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk

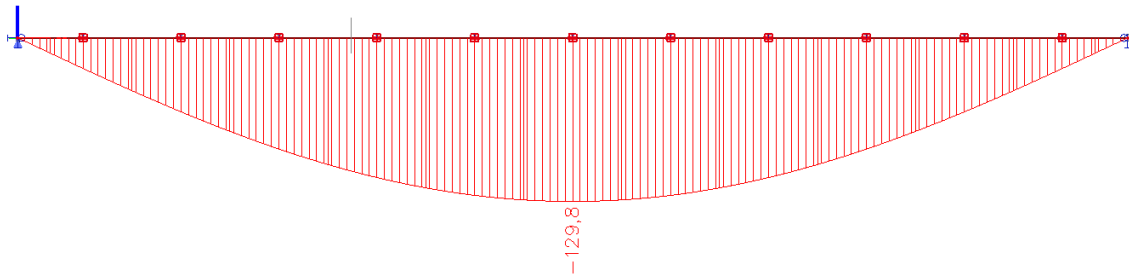
$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{297,6}{2910} = 0,10 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Svařenec z hlediska únosnosti vyhoví

4.1.6.4 Posouzení MSP

Průhyb mostu

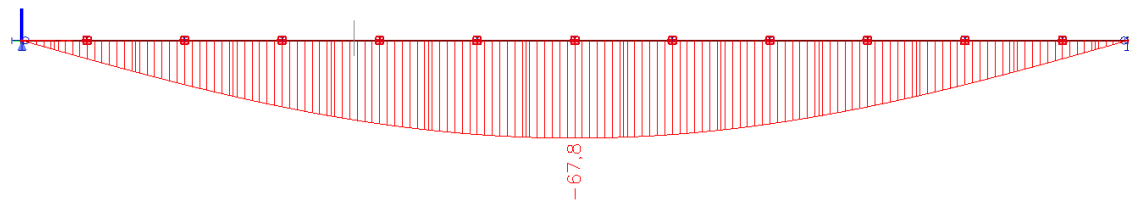


Obr. 4.4 Průhyb mostu – kombinace MSP1

$$L = 34000 \text{ mm}$$

$$\delta = 129,8 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{34000}{250} = 136 \text{ mm}$$

Vyhovuje



Obr. 4.5 Průhyb mostu – zatěžovací stav ZS3 (chodci)

$$L = 34000 \text{ mm}$$

$$\delta = 67,8 \text{ mm} \leq \frac{L}{400} = \frac{34000}{400} = 85 \text{ mm}$$

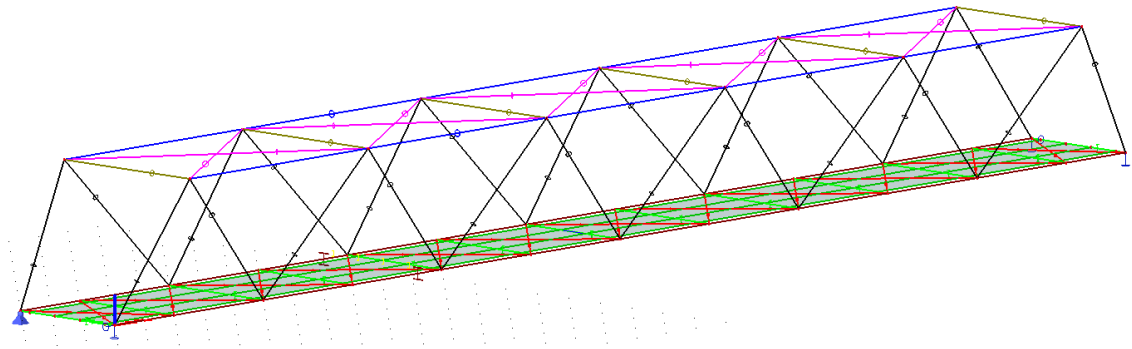
Vyhovuje

4.2 Příhradová ocelová konstrukce

4.2.1 Popis konstrukce

Hlavní nosné prvky jsou v této variantě dva svislé příhradové nosníky. Spodní pás je z profilu HEA260, na něj jsou přivařeny diagonály z trubek TR140x5. Horní pás tvoří trubka TR168x10. Ke stabilitě horního tlačného pásu slouží horní ztužení. Dolní mostovku tvoří ocelové pororošty, které roznáší zatížení na podélníky profilu UPE120. Ty jsou poté uloženy na příčnících IPE180, které jsou kotveny ke spodnímu pásu. Zábradlí je kotveno na příčnících.

4.2.2 Výpočtový model



Obr. 4.6 Prutový model konstrukce

4.2.3 Zatížení

4.2.3.1 Vlastní tíha

Uvažovaná hmotnost všech dílců ve výpočtovém modelu.

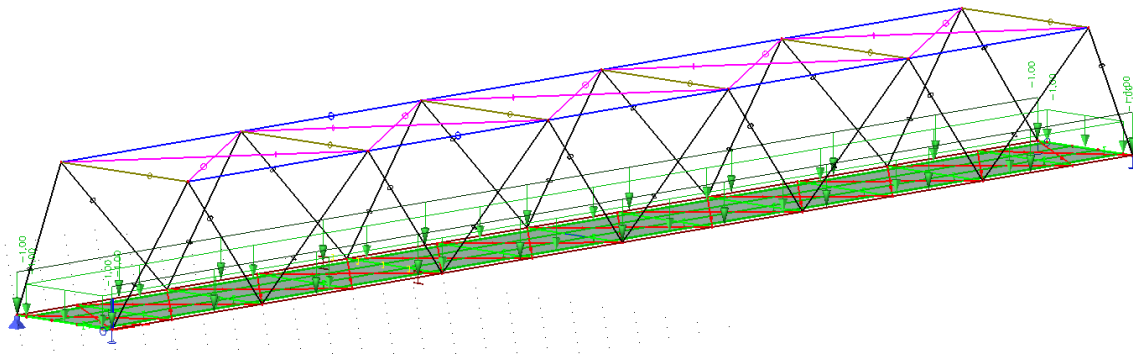
4.2.3.2 Ostatní stálé - g_k

Pochozí vrstva – pororošty Staco – TYP A. Hmotnost uvažovaná s rezervou 100 kg/m^2

$$g_{mo} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Uvažované bezpečnostní vybavení lávky, mezi které patří zábradlí apod.

$$g_{za} = 1,0 \text{ kN/m}$$



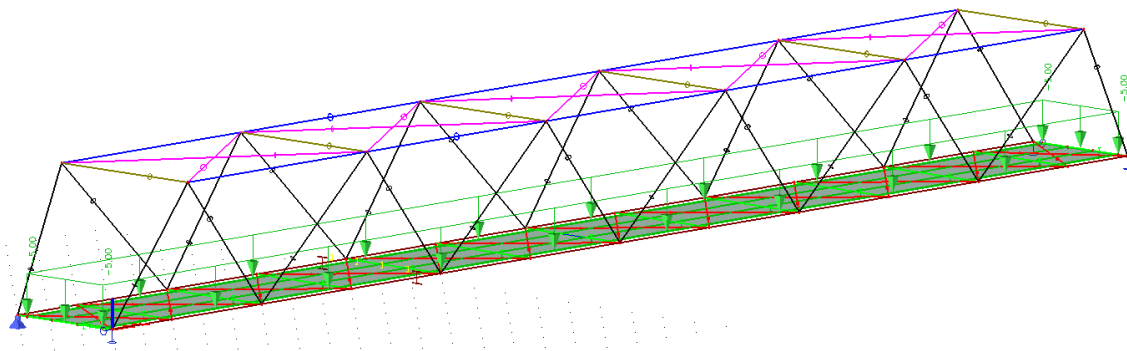
Obr. 4.7 Zatěžovací stav ZS2 – ostatní stálé

4.2.3.3 Proměnné zatížení

Užitné rovnoměrné – gr1

Rovnoměrné zatížení chodci

$$q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2 \text{ (dle ČSN EN 1991 – 2.)}$$



Obr. 4.8 Zatěžovací stav ZS3 – užitné rovnoměrné

4.2.4 Zatěžovací stavy

Tab. 4.4 Zatěžovací stavy

ZS	Popis
ZS1	Vlastní tíha
ZS2	Ostatní stálé
ZS3	Užitné rovnoměrné

4.2.5 Kombinace zatížení

Mezní stav únosnosti

Souhrn uvažovaných kombinací zatěžovacích stavů pro trvalé či dočasné návrhové situace, které vytvoří obálku vnitřních sil.

Tab. 4.5 Kombinace zatížení pro MSÚ

Kombinace	Stálá nepříznivá	Hlavní proměnná	Vedlejší proměnná	
			nejúčinnější	ostatní
MSU1	1,35x(ZS1+ZS2)	1,35xZS3	-	-

Mezní stav použitelnosti

Souhrn uvažovaných kombinací zatěžovacích stavů pro mezní stav použitelnosti, které tvoří obálku vnitřních sil.

Tab. 4.6 Kombinace zatížení pro MSP

Kombinace	Stálá nepříznivá	Hlavní proměnná	Vedlejší proměnná	
			nejúčinnější	ostatní
MSP1	ZS1+ZS2	ZS3	-	-

4.2.6 Statický návrh a posouzení**4.2.6.1 Posouzení podélníku****Materiál**S235 J2

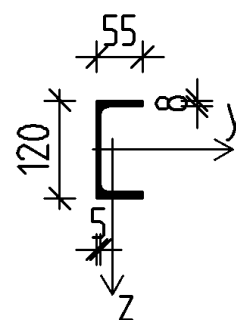
$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

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

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

Charakteristika průřezuUPE 120

h	120 mm	$W_{pl,z}$	$33,22 \times 10^3 \text{ mm}^3$
b	55 mm	$W_{el,z}$	$13,79 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t_w	5,0 mm	I_y	$363,5 \times 10^4 \text{ mm}^4$
t_f	8,0 mm	I_z	$55,40 \times 10^4 \text{ mm}^4$
A	1542 mm ²	i_y	48,6 mm
$A_{v,z}$	718 mm ²	i_z	19,0 mm
$W_{pl,y}$	$70,33 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_t	$2,900 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$W_{el,y}$	$60,58 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_w	$1120 \times 10^6 \text{ mm}^6$

**Vnitřní síly**

$$M_{y,Ed} = 5,63 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 11,23 \text{ kN}$$

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Ohýbaná část

$$\frac{c}{t} \leq 72 \times \varepsilon \quad \frac{80}{5} \leq 72 \times 1,0 \quad 16 \leq 72$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{718 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 97,4 \text{ kN}$$

Klopení

rozteč příčníků: L = 3 m

$$k_z = 1,0 \quad k_w = 1,0 \quad c_{1,0} = 1,77 \quad c_{1,1} = 1,85$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \times L} \times \sqrt{\frac{E \times I_w}{G \times I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \times 3000} \times \sqrt{\frac{210000 \times 1120 \times 10^6}{81000 \times 2,90 \times 10^4}} = 0,33$$

$$c_1 = c_{1,0} + (c_{1,1} - c_{1,0}) \times k_{wt} = 1,77 + (1,85 - 1,77) \times 0,33 = 1,80$$

$$\mu_{cr} = \frac{c_1}{k_z} \times \sqrt{1 + k_{wt}^2} = \frac{1,80}{1,0} \times \sqrt{1 + 0,33^2} = 1,90$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \times \frac{\pi \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t}}{L} =$$

$$= 1,90 \times \frac{\pi \times \sqrt{210000 \times 55,40 \times 10^4 \times 81000 \times 2,90 \times 10^4}}{3000} = 32,89 \text{ kNm}$$

$$\lambda'_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{70,33 \times 10^3 \times 235}{32,89 \times 10^6}} = 0,71$$

křivka klopení ... d

$$\alpha_{LT} = 0,76$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \times [1 + \alpha_{LT} \times (\lambda'_{LT} - 0,2) + \lambda'^2_{LT}] =$$

$$= 0,5 \times [1 + 0,76 \times (0,71 - 0,20) + 0,71^2] = 0,95$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,95 + \sqrt{0,95^2 - 0,71^2}} = 0,63 \leq 1,0$$

Vyhovuje

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \times W_{pl,y} \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,63 \times 70,33 \times 10^3 \times \frac{235}{1,0} = 10,4 \text{ kNm}$$

Ohyb s klopením

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{5,63}{10,4} = 0,54 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk

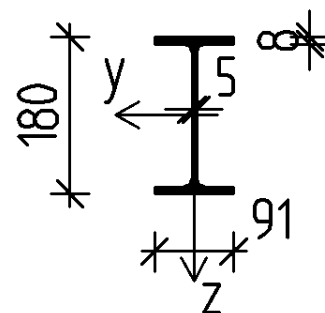
$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{11,23}{97,4} = 0,12 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Profil UPE 120 z hlediska únosnosti vyhoví

4.2.6.2 Posouzení příčnicku**Materiál**S235J2 $f_y = 235 \text{ MPa}$ $E = 210 \text{ GPa}$ $G = 81000 \text{ MPa}$ **Charakteristika průřezu**IPE 180

h	180 mm	$W_{pl,z}$	$34,60 \times 10^3 \text{ mm}^3$
b	91 mm	$W_{el,z}$	$22,16 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t_w	5,3 mm	I_y	$1317 \times 10^4 \text{ mm}^4$
t_f	8,0 mm	I_z	$100,9 \times 10^4 \text{ mm}^4$
A	2395 mm^2	i_y	74,2 mm
$A_{v,z}$	1125 mm^2	i_z	20,5 mm
$W_{pl,y}$	$166,4 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_t	$4,790 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$W_{el,y}$	$146,3 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_w	$7431 \times 10^6 \text{ mm}^6$

**Vnitřní síly** $M_{y,Ed} = 28,64 \text{ kNm}$

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Ohýbaná část

$$\frac{c}{t} \leq 72 \times \varepsilon \quad \frac{146,0}{5,3} \leq 72 \times 1,0 \quad 27,55 \leq 72$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{166,4 \times 10^3 \times 235}{1,00} = 39,1 \text{ kNm}$$

Ohybový moment

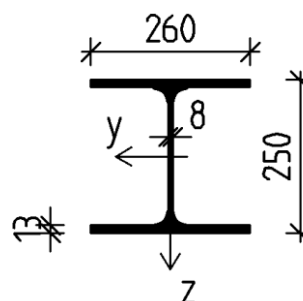
$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{28,64}{39,1} = 0,73 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Profil IPE 180 z hlediska únosnosti vyhoví

4.2.6.3 Posouzení spodního pásu**Materiál****S235J2** $f_y=235 \text{ MPa}$ $E=210 \text{ GPa}$ $G=81000 \text{ MPa}$ **Charakteristika průřezu****HEA 260**

h	250 mm	$W_{pl,z}$	$430,2 \times 10^3 \text{ mm}^3$
b	260 mm	$W_{el,z}$	$282,1 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t_w	7,5 mm	I_y	$10450 \times 10^4 \text{ mm}^4$
t_f	12,5 mm	I_z	$3668 \times 10^4 \text{ mm}^4$
A	8682 mm^2	i_y	110 mm
$A_{v,z}$	2876 mm^2	i_z	65 mm
$W_{pl,y}$	$919,8 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_t	$52,37 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$W_{el,y}$	$836,4 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_w	$516400 \times 10^6 \text{ mm}^6$



Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 539,25 \text{ kN (tah)}$$

$$M_{y,Ed} = 21,97 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 21,39 \text{ kNm}$$

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Ohýbaná část

$$\frac{c}{t} \leq 72 \times \varepsilon \quad \frac{177}{7,5} \leq 72 \times 1,0 \quad 23,6 \leq 72$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{8682 \times 235}{1,00} = 2040,3 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{919,8 \times 10^3 \times 235}{1,00} = 216,2 \text{ kNm}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{539,25}{2040,3} = 0,27; N_{Ed} \geq 0,25 \times N_{pl,Rd}$$

$$\frac{0,5 \times h_w \times t_w \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 225 \times 7,5 \times 235}{1,0} = 198,3 \text{ kN} \leq N_{Ed}$$

Nutno uvažovat redukovaný plastický moment $M_{N,Rd}$ v důsledku působení osově síly N_{Ed} .

$$a = \frac{A - 2 \times b \times t_f}{A} = \frac{8682 - 2 \times 260 \times 12,5}{8682} = 0,25 \leq 0,50$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \times \frac{1 - n}{1 - 0,5 \times a} = 216,2 \times \frac{1 - 0,27}{1 - 0,5 \times 0,25} = 180,4 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2876 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} = 390,2 \text{ kN}$$

Interakce tah - ohyb

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{539,25}{2040,3} + \frac{21,97}{216,2} = 0,37 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohybový moment s účinkem osově síly

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{21,97}{180,4} = 0,12 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{22,68}{505,8} = 0,05 \leq 1,0$$

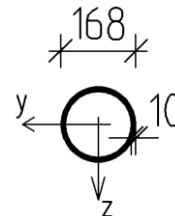
Vyhovuje

Z konstrukčních důvodů volím průřez HEA 260.

Profil HEA 260 z hlediska únosnosti vyhoví

4.2.6.4 Posouzení horního pásu**Materiál**S235 J2 $f_y = 235 \text{ MPa}$ $E = 210 \text{ GPa}$ $G = 81000 \text{ MPa}$ **Charakteristika průřezu**TR168x10

d	168 mm	W_{el}	$185 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t	10 mm	W_{pl}	$250 \times 10^3 \text{ mm}^3$
A	4964 mm^2	I	$1560 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$A_{v,z}$	3160 mm^2	i	56 mm

**Vnitřní síly** $N_{Ed} = 531,67 \text{ kN}$ (tlak)**Zatřídění průřezu**

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

Tlačená část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{168}{10} \leq 50 \times 1^2 \quad 16,8 \leq 50$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$L_{cr} = 1,0 \times L_{teor.} = 1,0 \times 6000 = 6000 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{6000}{56} = 107,14$$

$$\lambda_{rel} = 93,9 \times \varepsilon = 93,9 \times 1 = 93,9$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{rel}} = \frac{107,14}{93,9} = 1,14$$

$$\chi = 0,569 \quad (\text{křivka a})$$

Odečteno z tabulky

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,569 \times 4964 \times 235}{1,00} = 663,8 \text{ kN}$$

Vzpěr

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{531,67}{663,8} = 0,80 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Trubka TR168x10 z hlediska únosnosti vyhoví

4.2.6.5 Posouzení diagonál**Materiál****S235 J2**

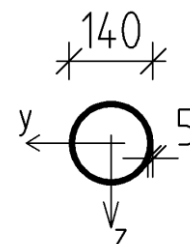
$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

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

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

Charakteristika průřezu**TR140x5**

d	140 mm	W_{el}	$69,1 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t	5 mm	W_{pl}	$91,2 \times 10^3 \text{ mm}^3$
A	2121 mm^2	I	$484 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$A_{v,z}$	1350 mm^2	i	47,8 mm

**Vnitřní síly**

$$N_{Ed} = 249,47 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{y,Ed} = 2,01 \text{ kNm}$$

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

Ohýbaná část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{140}{5} \leq 50 \times 1^2 \quad 28 \leq 50$$

TŘÍDA I.

Tlačená část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{140}{5} \leq 50 \times 1^2 \quad 28 \leq 50$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚuzavřený průřez – neklopí -> $\chi_{LT} = 1,0$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{91,2 \times 10^3 \times 355}{1,00} = 21,4 \text{ kNm}$$

$$L_{cr} = 1,0 \times L_{teor.} = 1,0 \times 3849 = 3849 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3849}{47,8} = 80,52$$

$$\lambda_{rel} = 93,9 \times \varepsilon = 93,9 \times 1,0 = 93,9$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{rel}} = \frac{80,52}{93,9} = 0,86$$

$$\chi = 0,760 \quad (\text{křivka a})$$

Odečteno z tabulky

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,760 \times 2121 \times 235}{1,00} = 378,8 \text{ kN}$$

Interakce tlak - ohybvelmi bezpečně: $k_{yy} = 1,8$

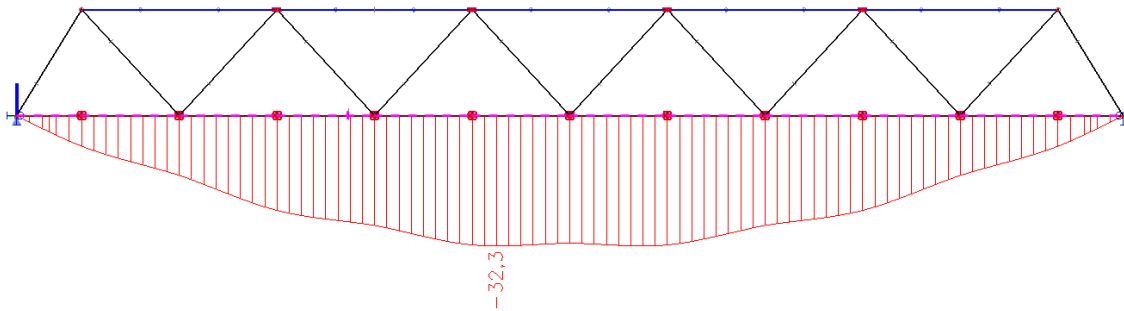
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \times \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{249,47}{378,8} + 1,8 \times \frac{2,01}{21,4} = 0,83 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Trubka TR140x5 z hlediska únosnosti vyhoví

4.2.6.6 Posouzení MSP

Průhyb mostu

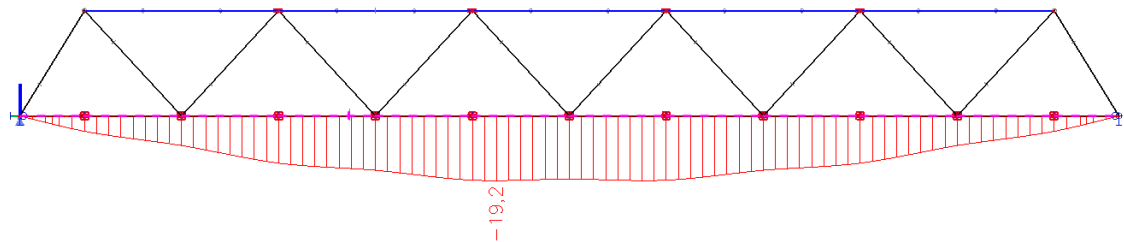


Obr. 4.9 Průhyb mostu – kombinace MSP1

$$L = 34000 \text{ mm}$$

$$\delta = 32,3 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{34000}{250} = 136 \text{ mm}$$

Vyhovuje



Obr. 4.10 Průhyb mostu – zatěžovací stav ZS3 (chodci)

$$L = 34000 \text{ mm}$$

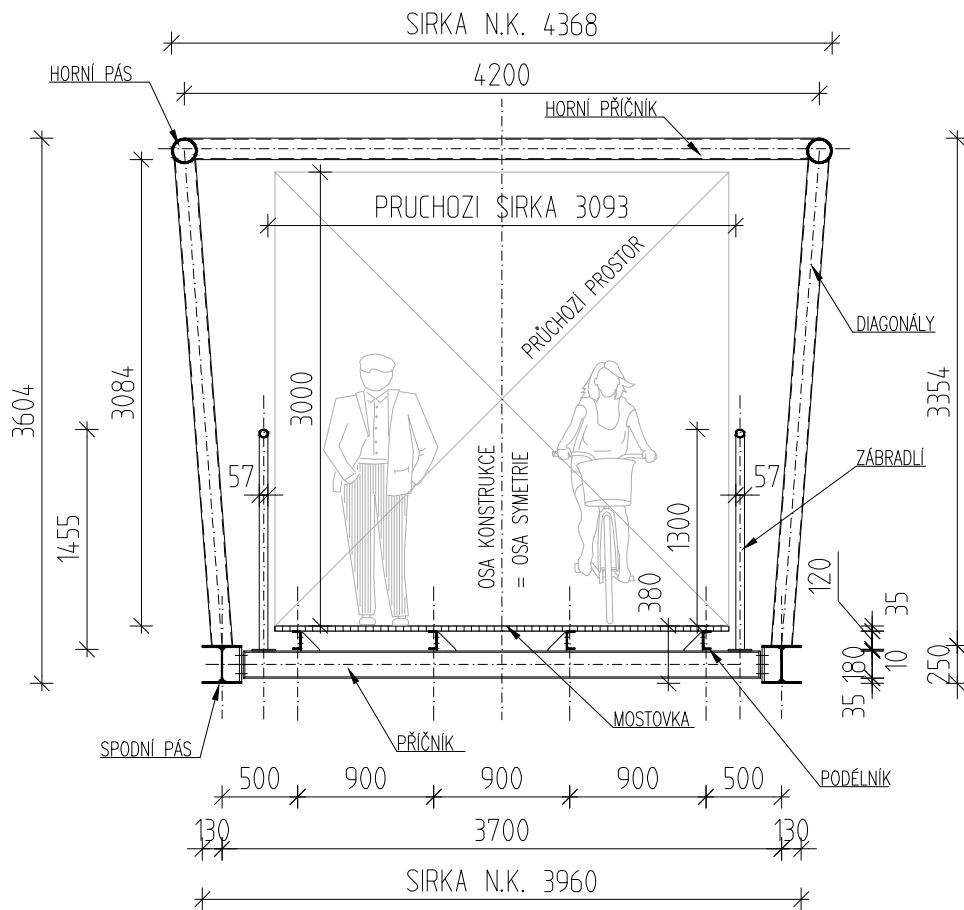
$$\delta = 19,2 \text{ mm} \leq \frac{L}{400} = \frac{34000}{400} = 85 \text{ mm}$$

Vyhovuje

PŘÍČNÝ ŘEZ

ŘEZ V POLI

M: 1:50



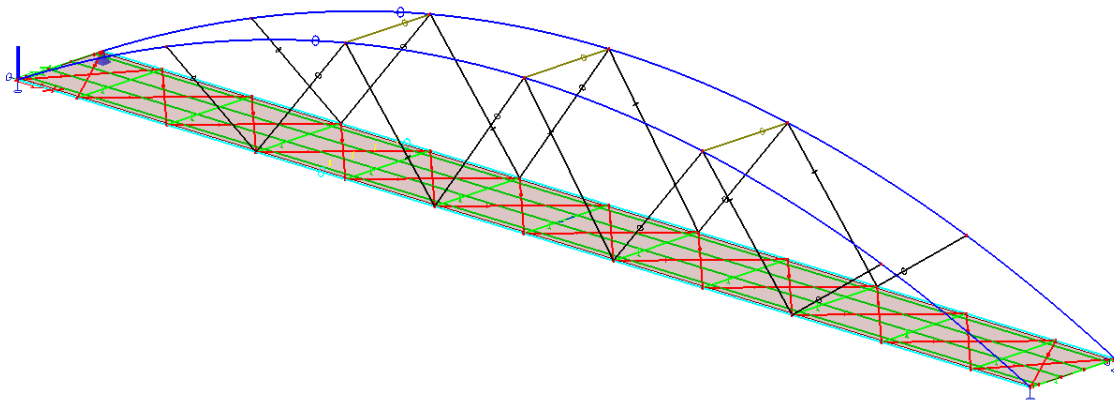
OCEL: S235 J2
STYKOVÉ PLECHY: S235 J2
SVARY: $f_u = 360 \text{ MPa}$
SPOJOVACÍ MATERIÁL: 8.8; $f_u = 800 \text{ MPa}$

4.3 Oblouková příhradová konstrukce

4.3.1 Popis konstrukce

Hlavním nosným systémem je dvojice svislých příhradových nosníků se zakřiveným horním pásem. Spodní pásy jsou z profilu HEA260, k nim jsou přivařené diagonály z trubek TR194x5,6. Horní obloukové pásy jsou z trubek TR245x12,5. Ke stabilitě horních tlačných pásů pomáhají tři příčná horní ztužidla. Vzepětí oblouku je 4 m. Dolní mostovku tvoří ocelové pororošty, které roznášejí zatížení na podélníky profilu UPE120. Ty jsou poté uloženy na příčnících IPE180, které jsou kotveny ke spodnímu pásu. Zábradlí je kotveno na příčnících.

4.3.2 Výpočtový model



Obr. 4.11 Prutový model konstrukce

4.3.3 Zatížení

4.3.3.1 Vlastní tíha

Uvažovaná hmotnost všech dílců ve výpočetním modelu.

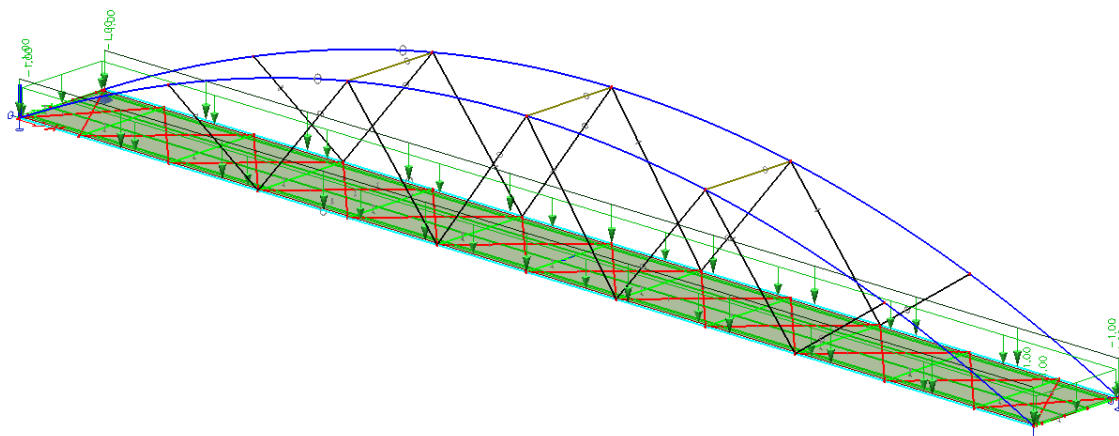
4.3.3.2 Ostatní stálé - g_k

Pochozí vrstva – pororošty Staco – TYP A. Hmotnost uvažovaná s rezervou 100 kg/m^2

$$g_{mo} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Uvažované bezpečnostní vybavení lávky, mezi které patří zábradlí apod.

$$g_{za} = 1,0 \text{ kN/m}$$



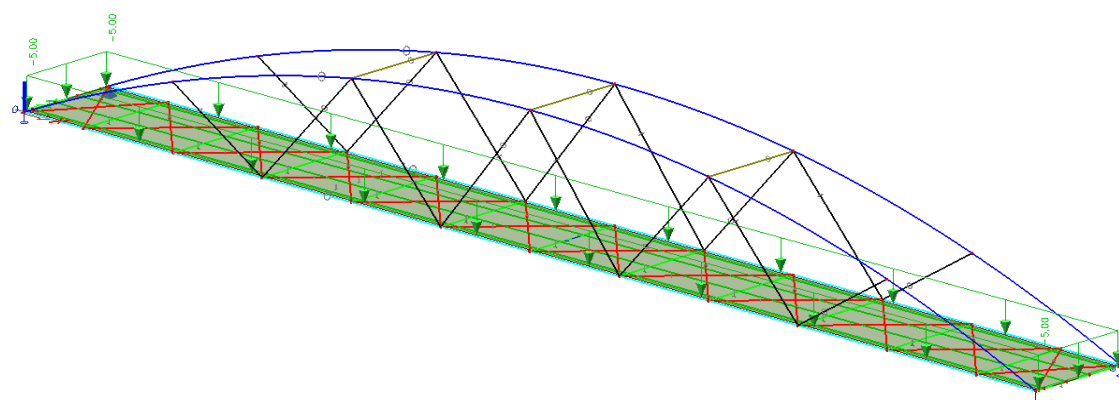
Obr. 4.12 Zatěžovací stav ZS2 – ostatní stálé

4.3.3.3 Proměnné zatížení

Užitné rovnoměrné – gr1

Rovnoměrné zatížení chodci

$$q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2 \text{ (dle ČSN EN 1991 – 2.)}$$



Obr. 4.13 Zatěžovací stav ZS3 – užitné rovnoměrné

4.3.4 Zatěžovací stavy

Tab. 4.7 Zatěžovací stavy

ZS	Popis
ZS1	Vlastní tíha
ZS2	Ostatní stálé
ZS3	Užitné rovnoměrné

4.3.5 Kombinace zatížení

Mezní stav únosnosti

Souhrn uvažovaných kombinací zatěžovacích stavů pro trvalé či dočasné návrhové situace, které vytvoří obálku vnitřních sil.

Tab. 4.8 Kombinace zatížení pro MSÚ

Kombinace	Stálá nepříznivá	Hlavní proměnná	Vedlejší proměnná	
			nejúčinnější	ostatní
MSU1	1,35x(ZS1+ZS2)	1,35xZS3	-	-

Mezní stav použitelnosti

Souhrn uvažovaných kombinací zatěžovacích stavů pro mezní stav použitelnosti, které tvoří obálku vnitřních sil.

Tab. 4.9 Kombinace zatížení pro MSP

Kombinace	Stálá nepříznivá	Hlavní proměnná	Vedlejší proměnná	
			nejúčinnější	ostatní
MSP1	ZS1+ZS2	ZS3	-	-

4.3.6 Statický návrh a posouzení

4.3.6.1 Posouzení podélníku

Materiál

S235 J2

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

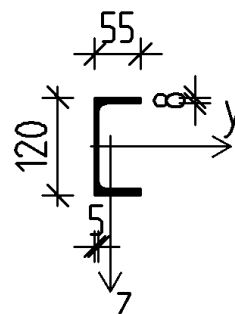
$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

Charakteristika průřezu

UPE 120

h	120 mm	$W_{pl,z}$	$33,22 \times 10^3 \text{ mm}^3$
b	55 mm	$W_{el,z}$	$13,79 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t_w	5,0 mm	I_y	$363,5 \times 10^4 \text{ mm}^4$
t_f	8,0 mm	I_z	$55,40 \times 10^4 \text{ mm}^4$
A	1542 mm^2	i_y	48,6 mm
$A_{v,z}$	718 mm^2	i_z	19,0 mm
$W_{pl,y}$	$70,33 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_t	$2,900 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$W_{el,y}$	$60,58 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_w	$1120 \times 10^6 \text{ mm}^6$



Vnitřní síly

$$M_{y,Ed} = 5,88 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 10,60 \text{ kN}$$

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Ohýbaná část

$$\frac{c}{t} \leq 72 \times \varepsilon \quad \frac{80}{5} \leq 72 \times 1,0 \quad 16 \leq 72$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{718 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 97,4 \text{ kN}$$

Klopenírozteč příčníků: $L = 3 \text{ m}$

$$k_z = 1,0 \quad k_w = 1,0 \quad c_{1,0} = 1,77 \quad c_{1,1} = 1,85$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \times L} \times \sqrt{\frac{E \times I_w}{G \times I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \times 3000} \times \sqrt{\frac{210000 \times 1120 \times 10^6}{81000 \times 2,90 \times 10^4}} = 0,33$$

$$c_1 = c_{1,0} + (c_{1,1} - c_{1,0}) \times k_{wt} = 1,77 + (1,85 - 1,77) \times 0,33 = 1,80$$

$$\mu_{cr} = \frac{c_1}{k_z} \times \sqrt{1 + k_{wt}^2} = \frac{1,80}{1,0} \times \sqrt{1 + 0,33^2} = 1,90$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \times \frac{\pi \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t}}{L} =$$

$$= 1,90 \times \frac{\pi \times \sqrt{210000 \times 55,40 \times 10^4 \times 81000 \times 2,90 \times 10^4}}{3000} = 32,89 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{70,33 \times 10^3 \times 235}{32,89 \times 10^6}} = 0,71$$

křivka klopení ... d

$$\alpha_{LT} = 0,76$$

$$\begin{aligned}\phi_{LT} &= 0,5 \times [1 + \alpha_{LT} \times (\lambda'_{LT} - 0,2) + \lambda'^2_{LT}] = \\ &= 0,5 \times [1 + 0,76 \times (0,71 - 0,20) + 0,71^2] = 0,95\end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda'^2_{LT}}} = \frac{1}{0,95 + \sqrt{0,95^2 - 0,71^2}} = 0,63 \leq 1,0$$

Vyhovuje

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \times W_{pl,y} \times \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,63 \times 70,33 \times 10^3 \times \frac{235}{1,0} = 10,4 \text{ kNm}$$

Ohyb s klopením

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{5,88}{10,4} = 0,57 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{11,23}{97,4} = 0,12 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Profil UPE 120 z hlediska únosnosti vyhoví

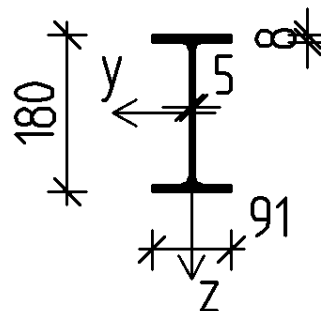
4.3.6.2 Posouzení příčnicku**Materiál**

S235J2

 $f_y=235 \text{ MPa}$ $E=210 \text{ GPa}$ $G=81000 \text{ MPa}$ **Charakteristika průřezu**

IPE 180

h	180 mm	$W_{pl,z}$	$34,60 \times 10^3 \text{ mm}^3$
b	91 mm	$W_{el,z}$	$22,16 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t_w	5,3 mm	I_y	$1317 \times 10^4 \text{ mm}^4$
t_f	8,0 mm	I_z	$100,9 \times 10^4 \text{ mm}^4$
A	2395 mm^2	i_y	74,2 mm
$A_{v,z}$	1125 mm^2	i_z	20,5 mm
$W_{pl,y}$	$166,4 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_t	$4,790 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$W_{el,y}$	$146,3 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_w	$7431 \times 10^6 \text{ mm}^6$



Vnitřní síly

$$M_{y,Ed} = 28,28 \text{ kNm}$$

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Ohýbaná část

$$\frac{c}{t} \leq 72 \times \varepsilon \quad \frac{146,0}{5,3} \leq 72 \times 1,0 \quad 27,55 \leq 72$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{166,4 \times 10^3 \times 235}{1,00} = 39,1 \text{ kNm}$$

Ohybový moment

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{28,28}{39,1} = 0,72 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Profil IPE 180 z hlediska únosnosti vyhoví

4.3.6.3 Posouzení spodního pásu**Materiál****S235J2**

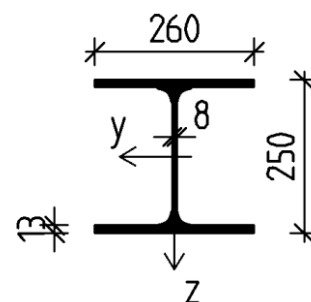
$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

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

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

Charakteristika průřezu**HEA 260**

h	250 mm	$W_{pl,z}$	$430,2 \times 10^3 \text{ mm}^3$
b	260 mm	$W_{el,z}$	$282,1 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t_w	7,5 mm	I_y	$10450 \times 10^4 \text{ mm}^4$
t_f	12,5 mm	I_z	$3668 \times 10^4 \text{ mm}^4$
A	8682 mm ²	i_y	110 mm
$A_{v,z}$	2876 mm ²	i_z	65 mm
$W_{pl,y}$	$919,8 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_t	$52,37 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$W_{el,y}$	$836,4 \times 10^3 \text{ mm}^3$	I_w	$516400 \times 10^6 \text{ mm}^6$



Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 489,79 \text{ kN (tah)}$$

$$M_{y,Ed} = 67,63 \text{ kNm}$$

$$v_{z,Ed} = 45,50 \text{ kNm}$$

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Ohýbaná část

$$\frac{c}{t} \leq 72 \times \varepsilon \quad \frac{177}{7,5} \leq 72 \times 1,0 \quad 23,6 \leq 72$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{8682 \times 235}{1,00} = 2040,3 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{919,8 \times 10^3 \times 235}{1,00} = 216,2 \text{ kNm}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{489,79}{2040,3} = 0,24; \quad N_{Ed} \leq 0,25 \times N_{pl,Rd}$$

$$\frac{0,5 \times h_w \times t_w \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,5 \times 225 \times 7,5 \times 235}{1,0} = 198,3 \text{ kN} \leq N_{Ed}$$

Nutno uvažovat redukovaný plastický moment $M_{N,Rd}$ v důsledku působení osové síly N_{Ed} .

$$a = \frac{A - 2 \times b \times t_f}{A} = \frac{8682 - 2 \times 260 \times 12,5}{8682} = 0,25 \leq 0,50$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \times \frac{1 - n}{1 - 0,5 \times a} = 216,2 \times \frac{1 - 0,27}{1 - 0,5 \times 0,25} = 180,4 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2876 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 390,2 \text{ kN}$$

Interakce tah - ohyb

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{489,79}{2040,3} + \frac{67,63}{216,2} = 0,55 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Ohybový moment s účinkem osově síly

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \frac{67,63}{180,4} = 0,38 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{22,68}{505,8} = 0,05 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Z konstrukčních důvodů volím průřez HEA 260.

Profil HEA 260 z hlediska únosnosti vyhoví

4.3.6.4 Posouzení horního pásu**Materiál**S355 J2

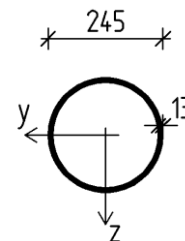
$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

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

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

Charakteristika průřezuTR245x12,5

d	245 mm	W_{el}	$505 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t	12,5 mm	W_{pl}	$676 \times 10^3 \text{ mm}^3$
A	9130 mm^2	I	$6190 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$A_{v,z}$	5813 mm^2	i	82,3 mm

**Vnitřní síly**

$$N_{Ed} = 616,30 \text{ kN (tlak)}$$

$$M_{y,Ed} = 17,34 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 10,07 \text{ kN}$$

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,8136$$

Ohýbaná část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{245}{10} \leq 50 \times 0,8136^2 \quad 19,6 \leq 32,81$$

TŘÍDA I.

Tlačená část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{245}{12,5} \leq 50 \times 0,8136^2 \quad 19,6 \leq 32,81$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{676 \times 10^3 \times 355}{1,00} = 240,0 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{5813 \times (355/\sqrt{3})}{1,00} = 1191,4 \text{ kN}$$

$$L_{cr} = 1,0 \times L_{teor.} = 1,0 \times 11581 = 11581 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{11581}{82,3} = 140,72$$

$$\lambda_{rel} = 93,9 \times \varepsilon = 93,9 \times 0,8136 = 76,4$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{rel}} = \frac{140,72}{76,4} = 1,84$$

$$\chi = 0,260 \quad (\text{křivka a})$$

Odečteno z tabulky

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,26 \times 9130 \times 355}{1,00} = 842,7 \text{ kN}$$

Interakce tlak - ohybvelmi bezpečně: $k_{yy} = 1,8$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \times \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{616,03}{842,7} + 1,8 \times \frac{17,34}{240,0} = 0,86 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{10,07}{1191,4} = 0,01 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Trubka TR245x12,5 z hlediska únosnosti vyhoví

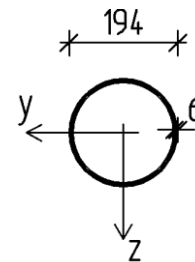
4.3.6.5 Posouzení diagonál**Materiál**

S235 J2

 $f_y = 235 \text{ MPa}$ $E = 210 \text{ GPa}$ $G = 81000 \text{ MPa}$ **Charakteristika průřezu**

TR194x5,6

d	194 mm	W_{el}	$152 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t	5,6 mm	W_{pl}	$199 \times 10^3 \text{ mm}^3$
A	3315 mm^2	I	$1470 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$A_{v,z}$	2110 mm^2	i	66,6 mm

**Vnitřní síly** $N_{Ed} = 106,39 \text{ kN (tah)}$ $M_{y,Ed} = 2,21 \text{ kNm}$ $V_{Ed} = 2,25 \text{ kN}$ **Zatřídění průřezu**

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Ohýbaná část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{194}{5,6} \leq 50 \times 1^2 \quad 34,64 \leq 50$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{3315 \times 235}{1,00} = 779,0 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{199 \times 10^3 \times 235}{1,00} = 46,8 \text{ kNm}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{106,39}{779,0} = 0,14$$

$$a_w = \frac{A - 2 \times b \times t}{A} = \frac{3315 - 2 \times 194 \times 5,6}{3315} = 0,34 \leq 0,50$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \times \frac{1-n}{1-0,5 \times a_w} = 46,8 \times \frac{1-0,14}{1-0,5 \times 0,34} = 48,5 \text{ kNm}$$

$$M_{N,y,Rd} < M_{pl,y,Rd}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2110 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} = 286,3 \text{ kN}$$

Interakce tah - ohyb

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \frac{106,39}{779,0} + \frac{2,21}{46,8} = 0,18 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk

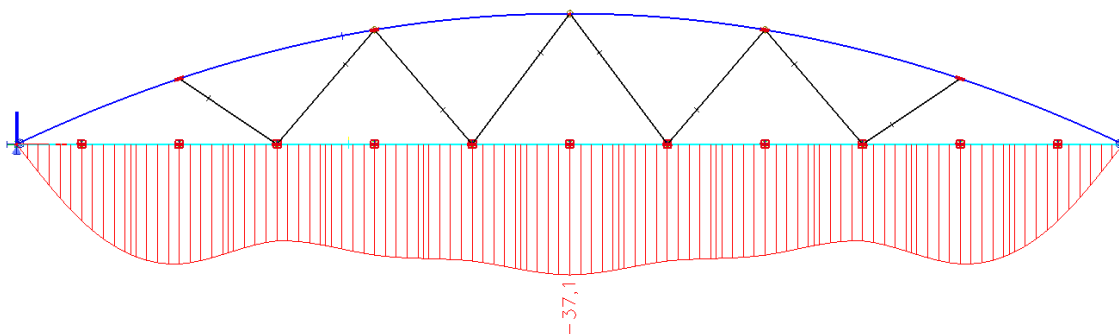
$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{2,25}{286,3} = 0,01 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Trubka TR194x5,6 z hlediska únosnosti vyhoví

4.3.6.6 Posouzení MSP

Průhyb mostu

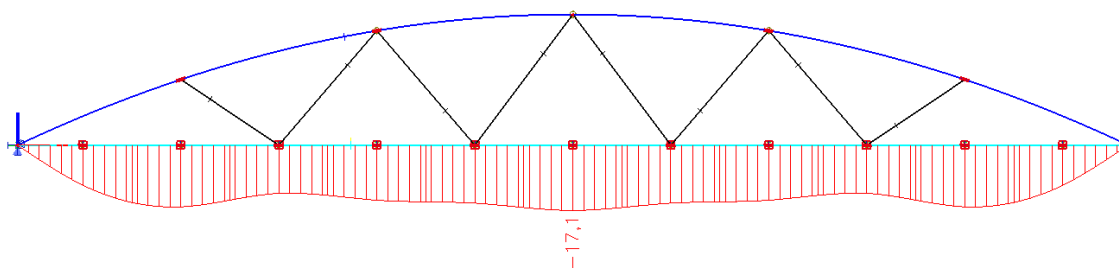


Obr. 4.14 Průhyb mostu – kombinace MSP1

$$L = 34000 \text{ mm}$$

$$\delta = 37,1 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{34000}{250} = 136 \text{ mm}$$

Vyhovuje



Obr. 4.15 Průhyb mostu – zatěžovací stav ZS3 (chodci)

$$L = 34000 \text{ mm}$$

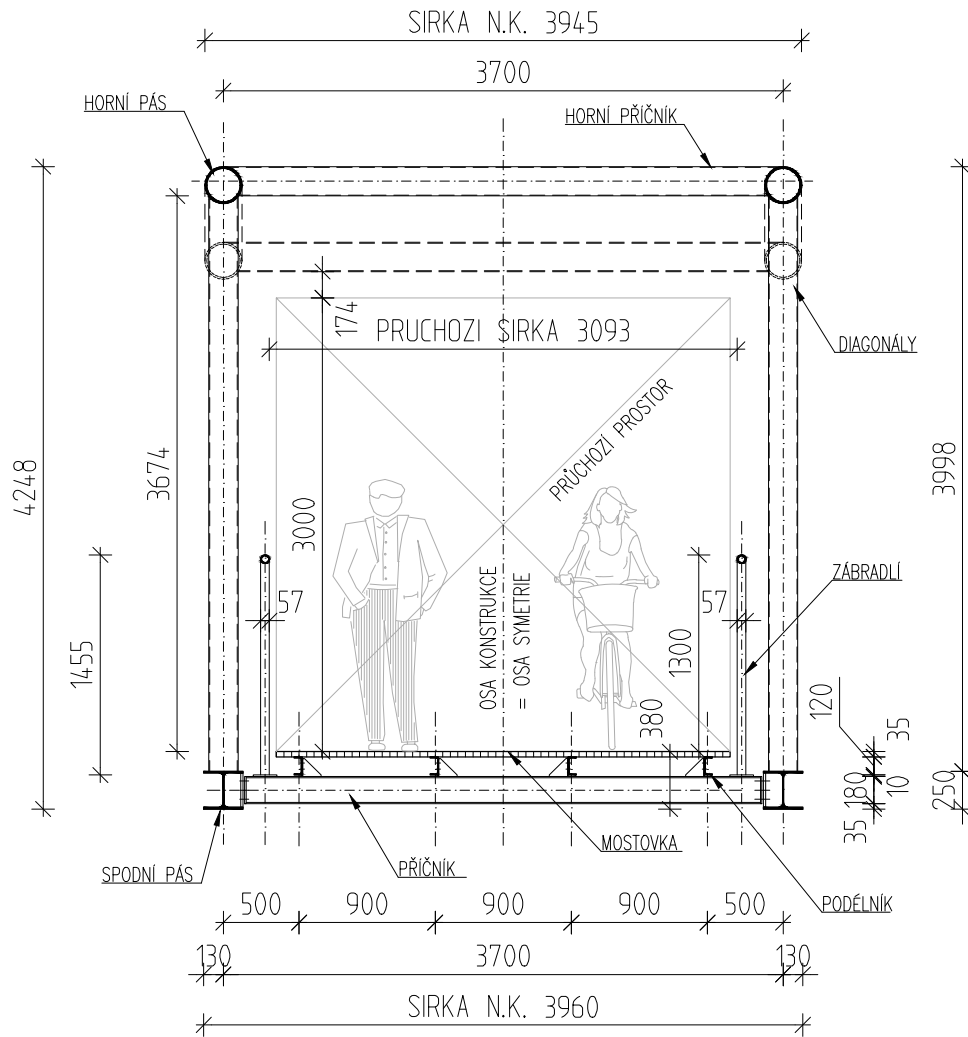
$$\delta = 17,1 \text{ mm} \leq \frac{L}{400} = \frac{34000}{400} = 85 \text{ mm}$$

Vyhovuje

PŘÍČNÝ ŘEZ

ŘEZ V POLI

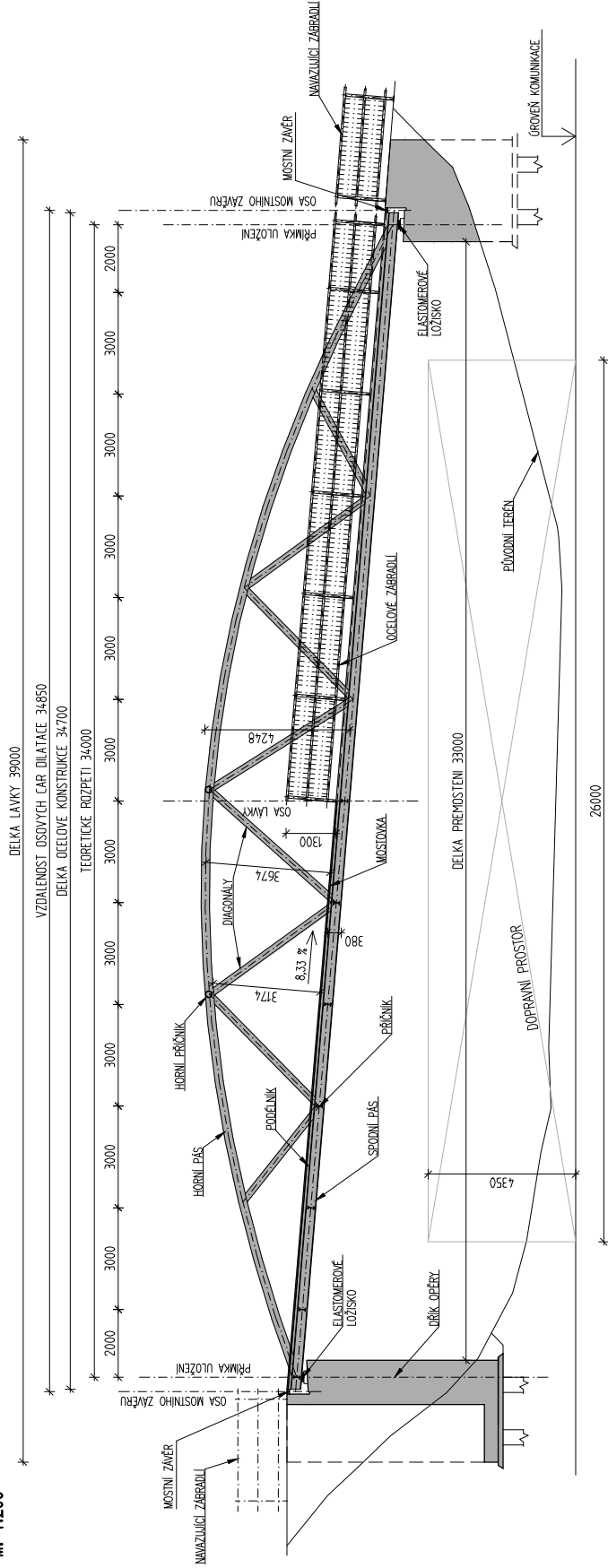
M: 1:50



OCEL: S355 J2, S235 J2
STYKOVÉ PLECHY: S235 J2
SVARY: $f_u = 360 \text{ MPa}, 490 \text{ MPa}$
SPOJOVACÍ MATERIÁL: 8.8; $f_u = 800 \text{ MPa}$

PODÉLNÝ ŘEZ
 PODÉLNÝ ŘEZ
 M: 1:200

POHLED



OCEL: S355 J2, S235 J2
 STYKOVÉ PLECHY: S235 J2
 SVARY: $f_u = 360 \text{ MPa}$, 490 MPa
 SPOJOVACÍ MATERIÁL: 8.8 ; $f_u = 800 \text{ MPa}$

4.4 Zhodnocení variant

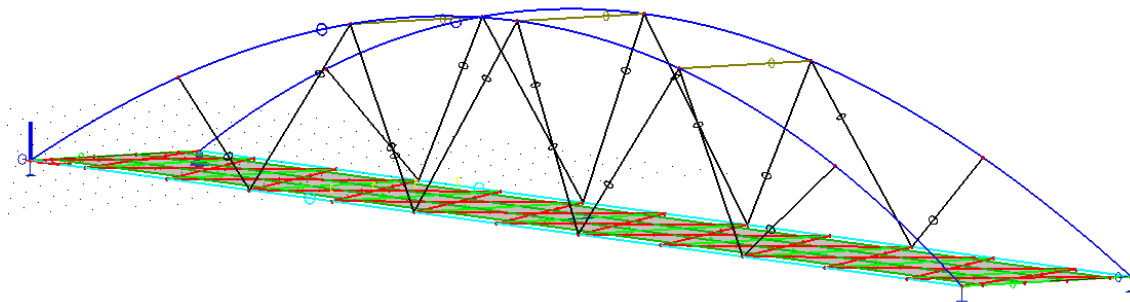
V rámci vypracovaných předběžných variant návrhy prokazují požadovaná kritéria únosnosti a použitelnosti.

První varianta je z hlediska konstrukce a provedení nejjednodušší, avšak z estetického hlediska není pohledná. Další nevýhodou této konstrukce je i vysoká hmotnost konstrukce, které váží přibližně 25 tun. Druhá varianta je výrazně náročnější na provedení a je zde mnoho spojů, u kterých záleží na správném provedení. Konstrukce je oproti první variantě lehčí. Tato varianta má hmotnost přibližně 14 tun. Možnost montáže této konstrukce se zakládá na modulárnosti konstrukce, kterou by tvořily dva moduly, krajní pole a mezilehlé pole. Tato modulárnost by urychlila montáž lávky. Třetí varianta je obdobná jako druhá varianta, je ale esteticky pohlednější. S ohledem na okolí se nejvíce hodí na území výstavby. V blízkosti lávky se nachází obloukový Trojský most. Hmotnost této varianty je 15 tun.

Mezi hlavní výhody této lávky patří cena, proveditelnost a v neposlední řadě estetika konstrukce v zájmovém území. Na základě uvedených výhod upřednostňujících variantu č. 3 se nadále budu zabývat kritérii, kterými jsou estetika a proveditelnost.

5 Finální varianta – oblouková příhradová konstrukce

5.1 Výpočtový model



Obr. 5.1 Prutový model konstrukce

Pro výpočet jsem použil prutový model konstrukce. Jednotlivé pruty jsou modelovány jako nosníky, které jsou namáhány všemi vnitřními silami. Výjimku tvoří ztužidla, která jsou modelována jako táhla a jsou namáhána pouze osovou silou. Mostovku jsem modeloval pomocí zatěžovacích panelů. Nezvolil jsem 2D plošný prvek z důvodu, že by ovlivňoval celkovou tuhost konstrukce. Styčníky jsem zvolil jako vetknutí, jelikož spoje uvažuji jako svary. U podélníků jsem zvolil kloubové styčníky, protože je uvažuji jako šroubové spoje. Uložení lávky tvoří kloubové podpory, aby nevznikaly v podporách ohybové momenty. Celá konstrukce je uvažovaná jako prostý nosník.

5.2 Zatížení

5.2.1 Vlastní tíha

Uvažovaná hmotnost všech dílců ve výpočetním modelu.

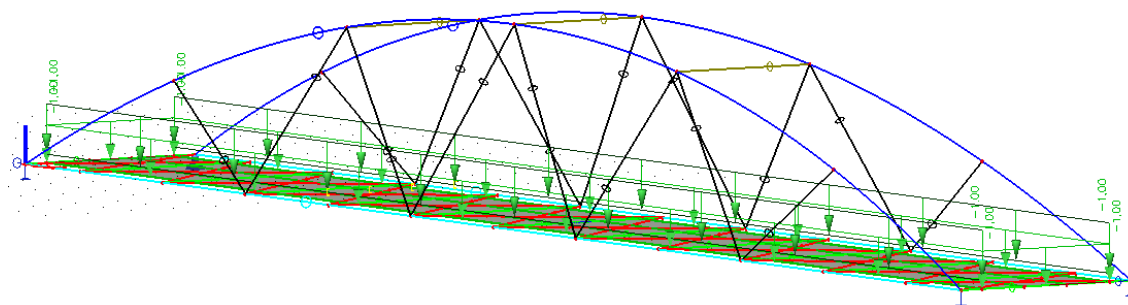
5.2.2 Ostatní stálé - g_k

Pochozí vrstva – pororošty Staco – TYP A. Hmotnost uvažovaná s rezervou 100 kg/m^2

$$g_{mo} = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Uvažované bezpečnostní vybavení lávky, mezi které patří zábradlí apod.

$$g_{za} = 1,0 \text{ kN/m}$$



Obr. 5.2 Zatěžovací stav ZS2 – ostatní stálé

5.2.3 Proměnné zatížení

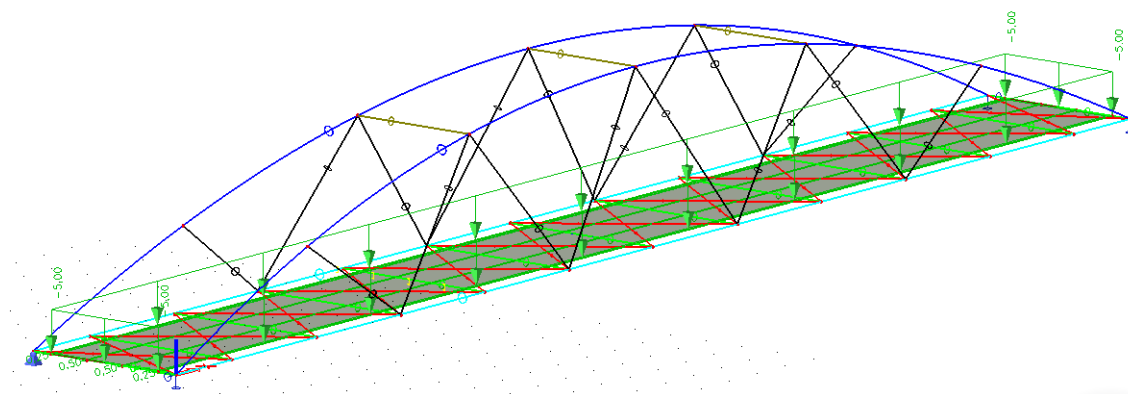
5.2.3.1 Užité rovnoměrné – gr1

Rovnoměrné zatížení chodci - svislé

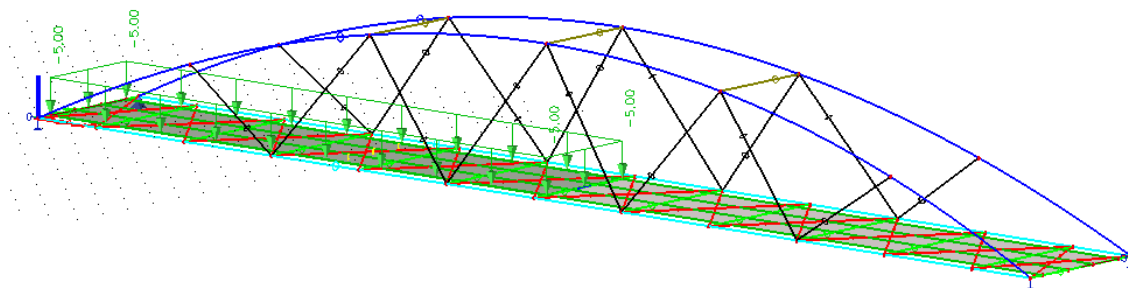
$$q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2 \text{ (dle ČSN EN 1991 - 2.)}$$

Vodorovné síly

$$Q_{fk} = 10 \% \text{ z } q_{fk} = 0,5 \text{ kN (dle ČSN EN 1991 - 2.)}$$



Obr. 5.3 Zatěžovací stav ZS3 – užité rovnoměrné

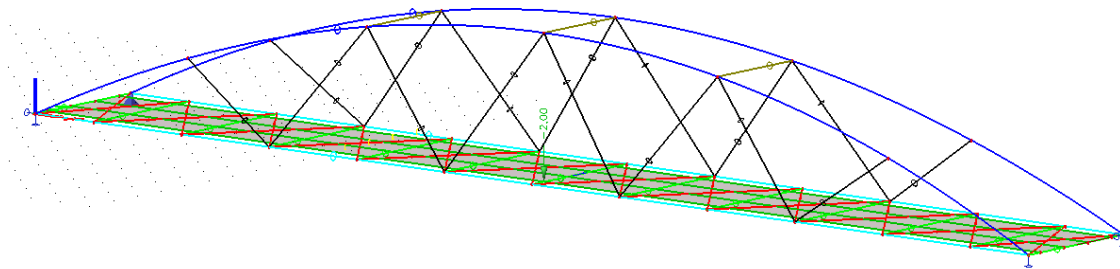


Obr. 5.4 Zatěžovací stav ZS4 – užité rovnoměrné 1/2

5.2.3.2 Soustředné zatížení

Charakteristická hodnota soustředného zatížení Q_{fwk} má být rovna 10 kN a působí na čtvercové ploše a hraně 0,10 m. Národní příloha NP42 pak tuto hodnotu upravuje, pokud je konstrukčně zamezeno vjetí vozidel na lávku, na $Q_{fwk} = 2$ kN na stejné roznášecí ploše.

Toto zatížení se se nekombinuje se zatížením větrem.



Obr. 5.5 Zatěžovací stav ZS5 – soustředné zatížení

5.2.3.3 Zatížení větrem

Síly ve směru x – kolmé k rozpětí mostu

$$F_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times A_{ref,x}$$

Abychom lépe vystihli zatížení větrem na lávku, nahradíme sílu liniovým zatížením.

$$f_w = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times h_{ref}$$

ρ – měrná hodnota vzduchu = 1,25 kg/m³

v_b – základní rychlost větru

C – součinitel zatížení větrem

h_{ref} – referenční výška konstrukce

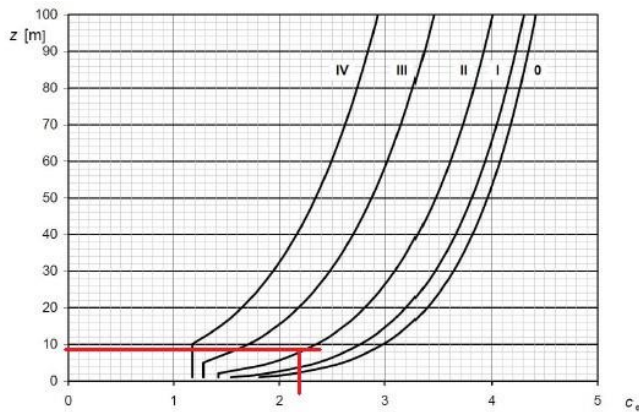
$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0}$$

$$c_{dir} = 1,0$$

$$c_{season} = 1,0$$

$$v_{b,0} = 25 \text{ m/s (větrná oblast II., kategorie terénu II.)}$$

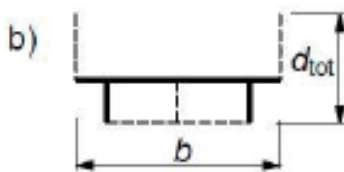
$$C = c_{e(z)} \times c_{f,x}$$



$$z = 8,5 \text{ m}$$

$$c_{e(z)} = 2,2$$

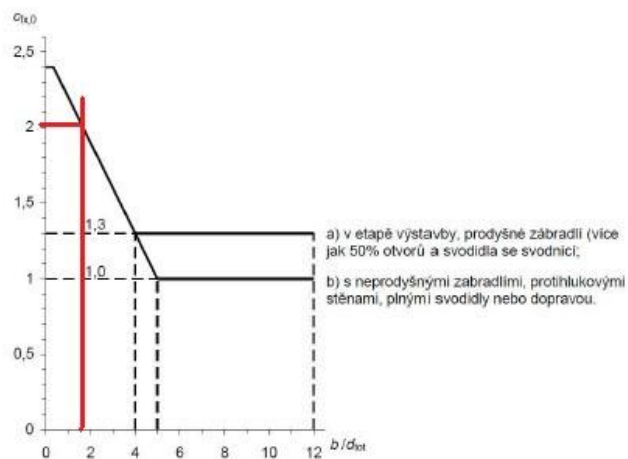
Tvar konstrukce:



$$b = 4,0 \text{ m}$$

$d_{tot} = 0,4 + 1,8 = 2,2 \text{ m}$ (uvažujeme, že lávka je zatížena dopravou, resp. davem osob odpovídající výšce průměrného člověka, která odpovídá 1,8 m, výška pochozí konstrukce je 0,4 m)

$$\frac{b}{d_{tot}} = \frac{4,0}{2,2} = 1,82$$



$$c_{fx,0} = 2,05$$

h_{ref} – referenční výška konstrukce

Silniční záchytný systém	Na jedné straně	Na obou stranách
Prodyšné zábradlí nebo svodidlo se svodnicí	$d + 0,3$ m	$d + 0,6$ m

$$h_{ref} = d + 0,6$$

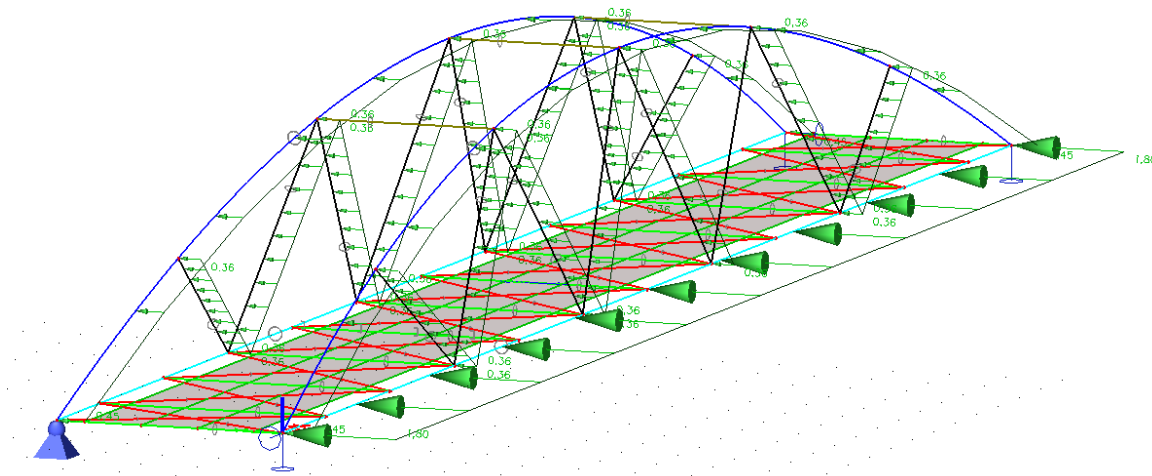
d – výška samotné mostovky = 0,4 m

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 25 = 25 \text{ m/s}$$

$$C = c_{e(z)} \times c_{f,x} = 2,2 \times 2,05 = 4,51$$

$$h_{ref} = d + 0,6 = 0,4 + 0,6 = 1 \text{ m}$$

$$f_{w,x} = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times h_{ref} = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 \times 4,51 \times 1 = 1762 \text{ N/m} = \\ = 1,8 \text{ kN/m}$$



Obr. 5.6 Zatěžovací stav ZS6 – vítr ve směru x

Vzhledem k tomu, že není přesný návod na zadání zatížení větrem na obloukovou příhradovou konstrukci, jsem konstrukci zatížil podle prvků. Spodní pás v úrovni mostovky jsem zatížil plným zatížením a to 1,8 kN/m. Pro horní pás jsem zatížení zredukoval o šířku prvku, ten je zatížen liniovým zatížením odpovídající hodnotě 0,45 kN/m. Diagonály jsem zatížil hodnotou zredukovanou o šířku prvku. Poté zatížení odpovídá hodnotě 0,36 kN/m. Sání větru zanedbáme.

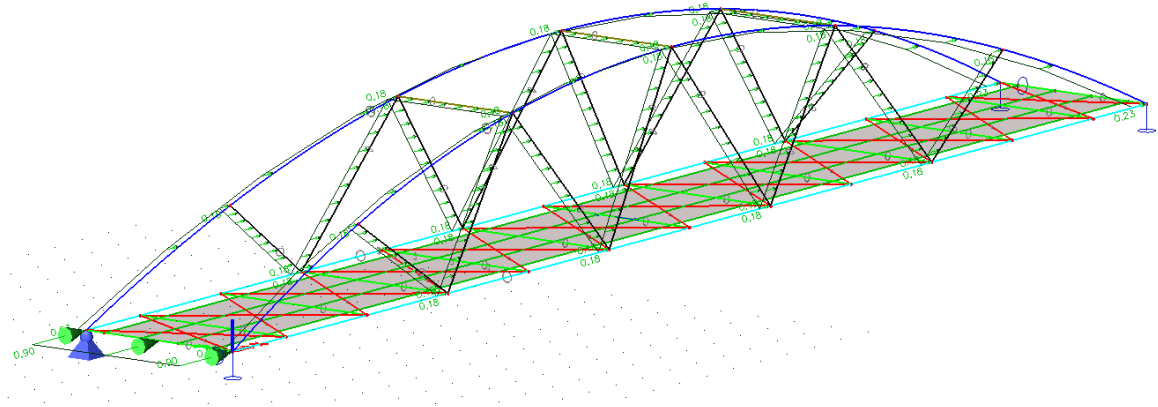
Síly ve směru z – kolmé k nosné konstrukci

Z důvodu navržení pororoštů není potřeba uvažovat vítr ve směru na nosnou konstrukci.

Síly ve směru y – ve směru rozpětí mostu

Pro příhradové nosníky se uvažuje 50% sil od větru ve směru x.

$$f_{w,y} = 0,5 \times f_{w,x} = 0,5 \times 1,8 = 0,9 \text{ kN/m}$$



Obr. 5.7 Zatěžovací stav ZS7 – vítr ve směru y

Mostovku jsem zatížil plným zatížením, které odpovídá hodnotě 0,9 kN/m. Pro horní pás a příčníky jsem toto zatížení zredukoval o šířku prvku, které má poté hodnotu 0,23 kN/m pro horní pás a pro diagonály 0,18 kN/m. Sání větru zanedbáme.

5.2.4 Zatěžovací stavy

Tab. 5.1 Zatěžovací stavy

ZS	Popis
ZS1	Vlastní tíha
ZS2	Ostatní stálé
ZS3	Užitné rovnoměrné
ZS4	Užitné rovnoměrné 1/2
ZS5	Soustředné zatížení
ZS6	Vítr ve směru x
ZS7	Vítr ve směru y

5.2.5 Kombinace zatížení

Mezní stav únosnosti

Souhrn uvažovaných kombinací zatěžovacích stavů pro trvalé či dočasné návrhové situace, které vytvoří obálku vnitřních sil. Pro hospodárnější výsledky jsem navrhl návrhové situace 6.10a a 6.10b.

Tab. 5.2 Kombinace zatížení pro MSÚ

Kombinace	Stálá nepříznivá	Hlavní proměnná	Vedlejší proměnná	
			nejúčinnější	ostatní
MSU1	1,35x(ZS1+ZS2)	1,35x0,4xZS3	1,5x0,3xZS6	-
MSU2	1,35x0,85x(ZS1+ZS2)	1,35xZS3	1,5x0,3xZS6	-
MSU3	1,35x(ZS1+ZS2)	1,35x0,4xZS3	1,5x0,3xZS7	-
MSU4	1,35x0,85x(ZS1+ZS2)	1,35xZS3	1,5x0,3xZS7	-
MSU5	1,35x(ZS1+ZS2)	1,35x0,4xZS4	1,5x0,3xZS6	-
MSU6	1,35x0,85x(ZS1+ZS2)	1,35xZS4	1,5x0,3xZS6	-
MSU7	1,35x(ZS1+ZS2)	1,35x0,4xZS4	1,5x0,3xZS7	-
MSU8	1,35x0,85x(ZS1+ZS2)	1,35xZS4	1,5x0,3xZS7	-
MSU9	1,35x(ZS1+ZS2)	1,35x0,4xZS5	-	-
MSU10	1,35x0,85x(ZS1+ZS2)	1,35xZS5	-	-

Mezní stav použitelnosti

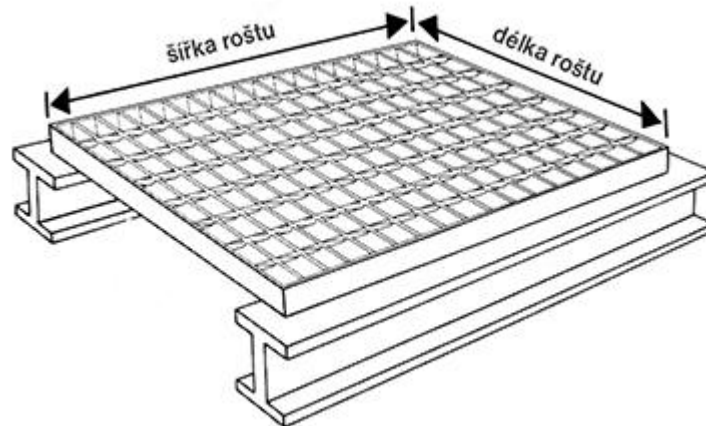
Souhrn uvažovaných kombinací zatěžovacích stavů pro mezní stav použitelnosti, které tvoří obálku vnitřních sil.

Tab. 5.3 Kombinace zatížení pro MSP

Kombinace	Stálá nepříznivá	Hlavní proměnná	Vedlejší proměnná	
			nejúčinnější	ostatní
MSP1	ZS1+ZS2	ZS3	0,3xZS6	-
MSP2	ZS1+ZS2	ZS3	0,3xZS7	-
MSP3	ZS1+ZS2	ZS4	0,3xZS6	-
MSP4	ZS1+ZS2	ZS4	0,3xZS7	-
MSP5	ZS1+ZS2	ZS5	-	-

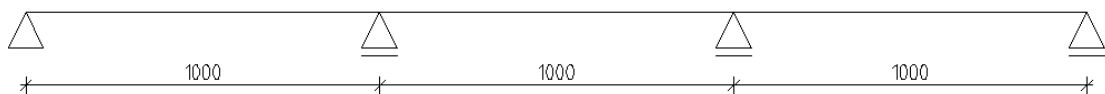
5.3 Statický návrh a posouzení

5.3.1 Návrh a posouzení mostovky



Obr. 5.8 Axonometrický pohled na pororož [23]

Jako mostovku navrhují pochozí pororožty. Typ a rozměry jsou navrženy dle technických listů výrobce.



Obr. 5.9 Statické schéma mostovky

rozměr nosného pásu (mm)	Rozpětí L = čistá vzdálenost mezi podpěrami v mm								Legenda:			
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	<input type="checkbox"/> Hodnota maximálního zatížení v podmínkách soustavného zatížení ($\gamma_f = 1,5$)	<input type="checkbox"/> Hodnota maximálního zatížení v provozních podmínkách ($\gamma_f = 1,0$)	
30 x 5	F_v	10960	7613	5593	4282	3383	2645	1987	1531	1204	F_v = přípustné rovnoměrné zatížení (kg/m ²) f_v = průhyb (f _v) v cm při zatížení F_v F_p = přípustné zatížení osamělým břemenem (F _p) v kg plocha zatížení 200x200 mm f_p = průhyb (f _p) v cm při zatížení F_p	
	f_v	0,13	0,19	0,25	0,33	0,42	0,50	0,55	0,60	0,65		
	F_p	935	748	624	535	468	416	374	318	270		
	f_p	0,12	0,17	0,23	0,29	0,37	0,45	0,54	0,60	0,65		
35 x 4	F_v	11940	8289	6090	4663	3684	2984	2466	1944	1529		
	f_v	0,11	0,16	0,22	0,28	0,36	0,44	0,54	0,60	0,65		
	F_p	1010	808	673	577	505	449	404	367	337		
	f_p	0,10	0,15	0,20	0,25	0,32	0,39	0,47	0,55	0,64		
35 x 5	F_v	14920	10360	7613	5828	4605	3730	3083	2431	1912		
	f_v	0,11	0,16	0,22	0,28	0,36	0,44	0,54	0,60	0,65		
	F_p	1262	1010	841	721	631	561	505	459	421		
	f_p	0,10	0,15	0,20	0,25	0,32	0,39	0,47	0,55	0,64		

Obr. 5.10 Výšek technického listu výrobce STACO

Rozhoduje rovnoměrné užité zatížení, $F_v = 500 \text{ kg/m}^2$

Návrh: STACO, svařované pororožty TYP A, rozměr nosného pásu 35x4 mm

$$F_v < F_{v,max}$$

$$500 \text{ N} < 2984 \text{ N}$$

Vyhovuje

Pochozí pororožty STACO TYP A, 35x4 mm z hlediska únosnosti vyhoví

5.3.2 Posouzení podélníku

Materiál

S235 J2

$f_y=235$ MPa

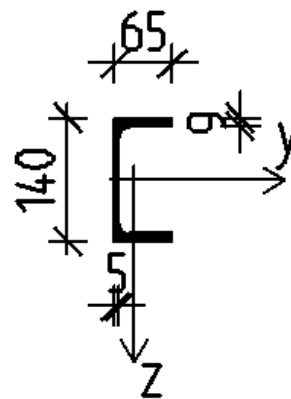
$E=210$ GPa

$G=81000$ MPa

Charakteristika průřezu

UPE 140

h	140 mm	$W_{pl,z}$	$33,22 \times 10^3$ mm ³
b	65 mm	$W_{el,z}$	$18,19 \times 10^3$ mm ³
t_w	5,0 mm	I_y	$599,5 \times 10^4$ mm ⁴
t_f	9,0 mm	I_z	$78,70 \times 10^4$ mm ⁴
A	1842 mm ²	i_y	57,1 mm
$A_{v,z}$	825 mm ²	i_z	20,7 mm
$W_{pl,y}$	$98,84 \times 10^3$ mm ³	I_t	$4,050 \times 10^4$ mm ⁴
$W_{el,y}$	$85,64 \times 10^3$ mm ³	I_w	2200×10^6 mm ⁶



Vnitřní síly

Tab. 5.4 Vnitřní síly na podélníku

podélník			
	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
MSU1	49,64	8,63	7,53
MSU2	24,74	16,2	12,12
MSU3	51,24	8,53	7,37
MSU4	25,03	16,16	12,05
MSU5	42,34	8,59	7,52
MSU6	16,18	16,07	12,04
MSU7	43,95	8,49	7,35
MSU8	16,47	16,03	11,98
MSU9	31,58	5,03	4,16
MSU10	27,00	4,29	3,54

Pro posouzení podélníku použijí vnitřní síly z kombinace MSU2, protože největší vliv na únosnost průřezu bude mít ohybový moment M_y .

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Ohýbaná část

$$\frac{c}{t} \leq 72 \times \varepsilon \quad \frac{98}{5} \leq 72 \times 1 \quad 19,6 \leq 72$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$N_{Ed} = 21,16 \text{ kN (tah)}$$

$$V_{Ed} = 15,41 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 10,89 \text{ kNm}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1842 \times 235}{1,00} = 653,9 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{825 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} = 111,9 \text{ kN}$$

Klopenírozteč příčníků: $L = 3 \text{ m}$

$$k_z = 1,0 \quad k_w = 1,0 \quad c_{1,0} = 1,77 \quad c_{1,1} = 1,85$$

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \times L} \times \sqrt{\frac{E \times I_w}{G \times I_t}} = \frac{\pi}{1,0 \times 3000} \times \sqrt{\frac{210000 \times 2200 \times 10^6}{81000 \times 4,050 \times 10^4}} = 0,39$$

$$c_1 = c_{1,0} + (c_{1,1} - c_{1,0}) \times k_{wt} = 1,77 + (1,85 - 1,77) \times 0,39 = 1,80$$

$$\mu_{cr} = \frac{c_1}{k_z} \times \sqrt{1 + k_{wt}^2} = \frac{1,85}{1,0} \times \sqrt{1 + 0,39^2} = 1,99$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \times \frac{\pi \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t}}{L} =$$

$$= 1,99 \times \frac{\pi \times \sqrt{210000 \times 78,70 \times 10^4 \times 81000 \times 4,050 \times 10^4}}{3000} = 48,52 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{98,84 \times 10^3 \times 235}{48,52 \times 10^6}} = 0,69$$

křivka klopení ... d

$$\alpha_{LT} = 0,76$$

$$\begin{aligned}\phi_{LT} &= 0,5 \times [1 + \alpha_{LT} \times (\lambda'_{LT} - 0,2) + \lambda'^2_{LT}] = \\ &= 0,5 \times [1 + 0,76 \times (0,69 - 0,20) + 0,69^2] = 0,92\end{aligned}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \lambda'^2_{LT}}} = \frac{1}{0,92 + \sqrt{0,92^2 - 0,69^2}} = 0,65 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Interakce tah – ohyb s klopením

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times M_{pl,Rd}} = \frac{24,74}{653,9} + \frac{12,05}{0,65 \times 23,2} = 0,84 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{16,2}{111,9} = 0,15 \leq 0,5$$

Vyhovuje (malý smyk)

Průřez UPE140 z hlediska únosnosti vyhoví

5.3.3 Posouzení spodního příčnicku**Materiál**S355 J2

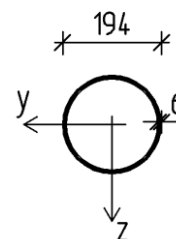
$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

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

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

Charakteristika průřezuTR194x6,3

d	194 mm	W_{el}	$169 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t	6,3 mm	W_{pl}	$222 \times 10^3 \text{ mm}^3$
A	3715 mm^2	I	$140 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$A_{v,z}$	2365 mm^2	i	66,4 mm



Vnitřní síly

Tab. 5.5 Vnitřní síly na spodním příčnicku

Příčník - spodní					
	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
MSU1	-13,37	31,56	18,74	11,28	10,25
MSU2	-18,38	53,41	29,74	20,84	15,38
MSU3	-12,46	32,65	20,12	13,27	9,90
MSU4	-17,47	54,50	31,12	22,83	15,13
MSU5	-11,89	31,63	15,55	11,39	8,43
MSU6	-14,69	53,58	21,75	21,10	11,10
MSU7	-10,99	32,72	16,92	13,38	8,18
MSU8	-13,79	54,68	23,12	23,09	10,85
MSU9	-8,17	16,44	11,67	6,27	5,80
MSU10	-7,00	13,98	10,11	5,32	5,01

Pro posouzení spodního příčnicku použijí vnitřní síly z kombinace MSU4, protože největší vliv na únosnost průřezu bude mít normálová síla N v kombinaci s ohybovým momentem M_y a M_z .

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

Ohýbaná část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{194}{6,3} \leq 50 \times 0,81^2 \quad 30,79 \leq 32,8$$

TŘÍDA I.

Tlačená část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{194}{5,6} \leq 50 \times 0,81^2 \quad 30,79 \leq 32,8$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$N_{Ed} = 17,47 \text{ kN (tlak)}$$

$$V_{z,Ed} = 54,50 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 31,12 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 22,83 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 15,13 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2365 \times (355 / \sqrt{3})}{1,00} = 484,7 \text{ kN}$$

uzavřený průřez – neklopí $\rightarrow \chi_{LT} = 1,0$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{222 \times 10^3 \times 355}{1,00} = 78,8 \text{ kNm}$$

$$L_{cr} = 1,0 \times L_{teor.} = 1,0 \times 4000 = 4000 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{4000}{66,4} = 60,24$$

$$\lambda_{rel} = 93,9 \times \varepsilon = 93,9 \times 0,8136 = 76,4$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{rel}} = \frac{60,24}{76,4} = 0,79$$

$$\chi = 0,801 \quad (\text{křivka a})$$

Odečteno z tabulky

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,801 \times 3715 \times 355}{1,00} = 1056,4 \text{ kN}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{17,47}{1056,4} = 0,02$$

$$a_w = \frac{A - 2 \times b \times t}{A} = \frac{3715 - 2 \times 194 \times 6,3}{3715} = 0,34 \leq 0,50$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,y,Rd} \times \frac{1 - n}{1 - 0,5 \times a_w} = 78,8 \times \frac{1 - 0,02}{1 - 0,5 \times 0,34} = 93,04 \text{ kNm}$$

$$M_{N,Rd} < M_{pl,y,Rd}$$

Šikmý ohyb

$$\alpha = 2; \beta = 2 \quad \text{Pro kruhové duté průřezy}$$

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{22,83}{78,8} \right]^2 + \left[\frac{15,13}{78,8} \right]^2 = 0,12 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Interakce tlak – ohybvelmi bezpečně: $k_{yy} = 1,8$; $k_{yz} = 1,4$; $k_{zy} = 1,4$; $k_{zz} = 1,8$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \times \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} + k_{yz} \times \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd}} =$$

$$= \frac{17,47}{1056,4} + 1,8 \times \frac{22,83}{78,8} + 1,4 \times \frac{15,13}{78,8} = 0,81 \leq 1,0$$

Vyhovuje

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zy} \times \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} + k_{zz} \times \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd}} =$$

$$= \frac{17,47}{942,6} + 1,4 \times \frac{22,83}{78,8} + 1,8 \times \frac{15,13}{78,8} = 0,54 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Smyk

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{54,50}{484,7} = 0,11 \leq 0,5$$

Vyhovuje (malý smyk)

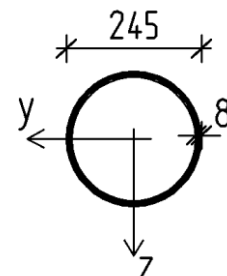
$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{31,12}{484,7} = 0,07 \leq 0,5$$

Vyhovuje (malý smyk)

Trubka TR194x6,3 z hlediska únosnosti vyhoví

5.3.4 Posouzení spodního pásu**Materiál**S355 J2 $f_y = 355$ MPa $E = 210$ GPa $G = 81000$ MPa**Charakteristika průřezu**TR245x8

d	245 mm	W_{el}	342×10^3 mm ³
t	8 mm	W_{pl}	450×10^3 mm ³
A	5956 mm ²	I	4190×10^4 mm ⁴
$A_{v,z}$	3792 mm ²	i	83,8 mm



Vnitřní síly

Tab. 5.6 Vnitřní síly na spodním pásu

Spodní pás					
	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
MSU1	342,72	25,30	6,43	32,20	9,37
MSU2	500,74	40,14	9,06	51,69	13,47
MSU3	331,09	24,93	6,29	31,57	8,64
MSU4	489,45	39,78	9,00	51,08	12,85
MSU5	254,83	25,30	3,98	32,16	6,51
MSU6	357,81	40,01	4,31	51,13	8,05
MSU7	294,23	24,84	4,71	31,21	6,87
MSU8	397,32	39,56	5,04	50,17	8,42
MSU9	201,14	13,72	3,89	16,98	5,09
MSU10	172,95	11,70	3,37	14,51	4,40

Pro posouzení spodního pásu použijí vnitřní síly z kombinace MSU2, protože největší vliv na únosnost průřezu bude mít ohybový moment M_y v kombinaci normálovou silou N.

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

Ohýbaná část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{245}{8} \leq 50 \times 0,81^2 \quad 30,6 \leq 32,81$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$N_{Ed} = 500,74 \text{ kN (tah)}$$

$$V_{z,Ed} = 40,14 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 9,06 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 51,69 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 13,47 \text{ kNm}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{5956 \times 355}{1,00} = 2114,4 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{3792 \times (355 / \sqrt{3})}{1,00} = 777,2 \text{ kN}$$

uzavřený průřez – neklopí $\rightarrow \chi_{LT} = 1,0$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{450 \times 10^3 \times 355}{1,00} = 159,8 \text{ kNm}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{500,74}{2114,4} = 0,24$$

$$a_w = \frac{A - 2 \times b \times t}{A} = \frac{5956 - 2 \times 245 \times 8}{5956} = 0,34 \leq 0,50$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,y,Rd} \times \frac{1 - n}{1 - 0,5 \times a_w} = 159,8 \times \frac{1 - 0,24}{1 - 0,5 \times 0,34} = 146,3 \text{ kNm}$$

Šikmý ohyb $\alpha = 2; \beta = 2$ Pro kruhové duté průřezy

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{51,59}{146,3} \right]^2 + \left[\frac{13,47}{146,3} \right]^2 = 0,13 \leq 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Interakce tah - ohyb

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{500,74}{2114,4} + \frac{51,69}{159,8} + \frac{13,47}{159,8} = 0,64 \leq 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Smyk

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{40,14}{777,2} = 0,05 \leq 0,5 \quad \text{Vyhovuje (malý smyk)}$$

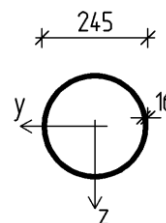
$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{9,06}{777,2} = 0,01 \leq 0,5 \quad \text{Vyhovuje (malý smyk)}$$

Trubka TR245x10 z hlediska únosnosti vyhoví

5.3.5 Posouzení horního pásu**Materiál**S355 J2 $f_y = 355 \text{ MPa}$ $E = 210 \text{ GPa}$ $G = 81000 \text{ MPa}$

Charakteristika průřezu**TR245x16**

d	245 mm	W_{el}	$619 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t	16 mm	W_{pl}	$840 \times 10^3 \text{ mm}^3$
A	11510 mm^2	I	$7580 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$A_{v,z}$	7328 mm^2	i	81,2 mm

**Vnitřní síly**

Tab. 5.7 Vnitřní síly na horním pásu

Horní pás					
	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
MSU1	-431,59	11,61	1,82	8,17	6,02
MSU2	-635,55	8,80	4,01	21,24	7,90
MSU3	-414,97	16,80	0,55	0,99	7,39
MSU4	-618,86	17,51	2,44	12,46	10,88
MSU5	-381,04	15,19	1,40	0,56	6,96
MSU6	-509,09	14,24	3,35	10,74	9,75
MSU7	-362,60	9,56	1,53	6,73	6,58
MSU8	-490,72	6,78	3,82	16,53	8,30
MSU9	-254,58	15,61	0,88	16,31	3,42
MSU10	-219,06	13,45	0,77	14,06	2,91

Pro posouzení horního pásu použijí vnitřní síly z kombinace MSU2, protože největší vliv na únosnost průřezu bude mít normálová síla N.

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

Ohýbaná část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{245}{16} \leq 50 \times 0,8136^2 \quad 15,3 \leq 32,81$$

TŘÍDA I.

Tlačená část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{245}{16} \leq 50 \times 0,8136^2 \quad 15,3 \leq 32,81$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$N_{Ed} = 635,55 \text{ kN (tlak)}$$

$$V_{z,Ed} = 8,80 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 4,01 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 21,24 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 7,90 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{7328 \times (355 / \sqrt{3})}{1,00} = 1501,9 \text{ kN}$$

uzavřený průřez – neklopí $\rightarrow \chi_{LT} = 1,0$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{840 \times 10^3 \times 355}{1,00} = 298,2 \text{ kNm}$$

$$L_{cr,y} = 1,0 \times L_{teor.} = 1,0 \times 6183 = 6183 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i} = \frac{6183}{81,2} = 76,15$$

$$\lambda_{rel} = 93,9 \times \varepsilon = 93,9 \times 0,8136 = 76,4$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_{rel}} = \frac{76,15}{76,4} = 1,00$$

$$\chi_y = 0,666 \quad (\text{křivka a})$$

Odečteno z tabulky

$$L_{cr,z} = 1,0 \times L_{teor.} = 1,0 \times 11589 = 11589 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i} = \frac{11589}{81,2} = 142,72$$

$$\lambda_{rel} = 93,9 \times \varepsilon = 93,9 \times 0,8136 = 76,4$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_{rel}} = \frac{142,72}{76,4} = 1,87$$

$$\chi_z = 0,252 \quad (\text{křivka a})$$

Odečteno z tabulky

$$N_{b,y,Rd} = \frac{\chi_y \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,666 \times 11510 \times 355}{1,00} = 2721,3 \text{ kN}$$

$$N_{b,z,Rd} = \frac{\chi_z \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,252 \times 11510 \times 355}{1,00} = 1029,7 \text{ kN}$$

Interakce tlak - ohyb

velmi bezpečně: $k_{yy} = 1,8$; $k_{yz} = 1,4$; $k_{zy} = 1,4$; $k_{zz} = 1,8$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,y,Rd}} + k_{yy} \times \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} + k_{yz} \times \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd}} =$$

$$= \frac{635,55}{2721,3} + 1,8 \times \frac{21,24}{298,2} + 1,4 \times \frac{7,90}{298,2} = 0,40 \leq 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} + k_{zy} \times \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} + k_{zz} \times \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd}} =$$

$$= \frac{635,55}{1029,7} + 1,4 \times \frac{21,24}{298,2} + 1,8 \times \frac{7,90}{298,2} = 0,77 \leq 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Smyk

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{8,80}{1501,9} = 0,01 \leq 0,5 \quad \text{Vyhovuje (malý smyk)}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{4,01}{1501,9} = 0,01 \leq 0,5 \quad \text{Vyhovuje (malý smyk)}$$

Trubka TR245x16 z hlediska únosnosti vyhoví

5.3.6 Posouzení diagonál**Materiál**

S355 J2

$f_y = 355 \text{ MPa}$

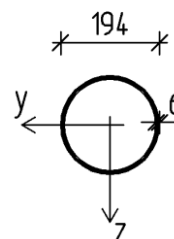
$E = 210 \text{ GPa}$

$G = 81000 \text{ MPa}$

Charakteristika průřezu

TR194x6,3

d	194 mm	W_{el}	$169 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t	6,3 mm	W_{pl}	$222 \times 10^3 \text{ mm}^3$
A	3715 mm^2	I	$140 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$A_{v,z}$	2365 mm^2	i	66,4 mm



Vnitřní síly

Tab. 5.8 Vnitřní síly na diagonále

Diagonály					
	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
MSU1	43,21	0,49	4,44	0,26	13,13
MSU2	70,55	0,40	6,80	0,17	21,17
MSU3	44,30	0,81	3,21	0,80	10,84
MSU4	71,64	0,75	5,57	0,72	18,89
MSU5	50,40	0,43	4,46	0,26	13,15
MSU6	88,53	0,33	6,85	0,18	21,23
MSU7	51,49	0,79	3,23	0,81	10,87
MSU8	89,61	0,69	5,62	0,72	18,95
MSU9	23,02	0,65	1,46	0,70	4,98
MSU10	19,18	0,57	1,25	0,62	4,25

Pro posouzení diagonály použijí vnitřní síly z kombinace MSU6, protože největší vliv na únosnost průřezu bude mít ohybový moment M_z .

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

Ohýbaná část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{194}{6,3} \leq 50 \times 0,8136^2 \quad 30,79 \leq 32,81$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$N_{Ed} = 88,53 \text{ kN (tah)}$$

$$V_{z,Ed} = 0,33 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 6,85 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 0,18 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 21,23 \text{ kNm}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{3715 \times 355}{1,00} = 1318,8 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2365 \times (355/\sqrt{3})}{1,00} = 484,7 \text{ kN}$$

uzavřený průřez – neklopí $\rightarrow \chi_{LT} = 1,0$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{222 \times 10^3 \times 355}{1,00} = 78,8 \text{ kNm}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{88,53}{1318,8} = 0,07$$

$$a_w = \frac{A - 2 \times b \times t}{A} = \frac{3715 - 2 \times 194 \times 6,3}{3715} = 0,34 \leq 0,50$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \times \frac{1 - n}{1 - 0,5 \times a_w} = 78,8 \times \frac{1 - 0,07}{1 - 0,5 \times 0,34} = 88,3 \text{ kNm}$$

$$M_{N,y,Rd} < M_{pl,y,Rd}$$

Interakce tah - ohyb

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{88,53}{1318,8} + \frac{0,18}{78,8} + \frac{21,23}{78,8} = 0,34 \leq 1,0 \quad \text{Vyhovuje}$$

Smyk

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{0,55}{484,7} = 0,01 \leq 0,5 \quad ; \quad \text{Vyhovuje (malý smyk)}$$

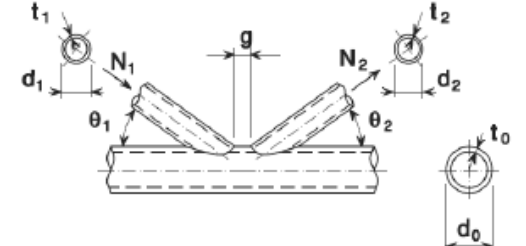
$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{6,85}{484,7} = 0,02 \leq 0,5 \quad \text{Vyhovuje (malý smyk)}$$

Prolomení trubky

$$\frac{N_{i,Ed}}{N_{i,Rd}} + \left[\frac{M_{ip,i,Ed}}{M_{ip,i,Rd}} \right]^2 + \frac{M_{op,i,Ed}}{M_{op,i,Rd}} \leq 1,0$$

 $M_{ip,i,Rd}$ – Návrhová momentová únosnost styčnicku v rovině nosníku $M_{op,i,Rd}$ – Návrhová momentová únosnost styčnicku z roviny nosníku

Porušení povrchu pásu – styčnický K a N s mezerou nebo překrytím

	$N_{1,Rd} = \frac{k_g k_D f_{y0} t_0^2}{\sin \theta_1} \left(1,8 + 10,2 \frac{d_1}{d_0} \right) / \gamma_{M5}$ $N_{2,Rd} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} N_{1,Rd}$
---	---

$$d_0 = 245 \text{ mm}; t_0 = 8 \text{ mm}; d_1 = 194 \text{ mm}; t_1 = 6,3 \text{ mm}; \theta_1 = 34,1^\circ$$

$$d_2 = 194 \text{ mm}; t_2 = 6,3 \text{ mm}; \theta_2 = 49,6^\circ; \gamma_{M5} = 1,0$$

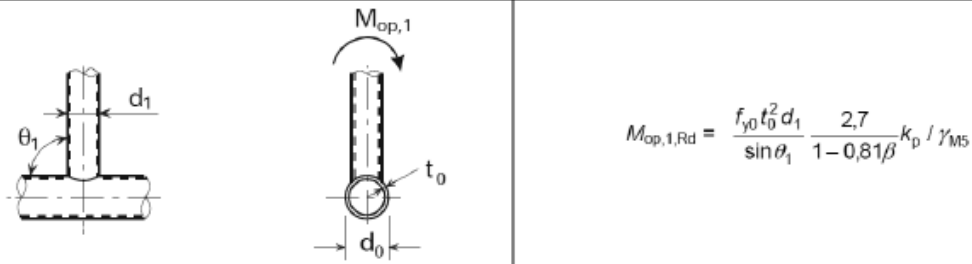
$$\text{Když } d_i \leq d_0 - 2t_0; 194 \leq 245 - 2 \times 8 = 229$$

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \times t_0 \times \pi \times d_i \times \frac{1 + \sin \theta_i}{2 \times \sin^2 \theta_i} / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \times 8 \times \pi \times 194 \times \frac{1 + \sin 34,1^\circ}{2 \times \sin^2 34,1^\circ} / 1,0 = 2480,9 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \times 8 \times \pi \times 194 \times \frac{1 + \sin 49,6^\circ}{2 \times \sin^2 49,6^\circ} / 1,0 = 1517,7 \text{ kN}$$

Porušení povrchu pásu – styčnický K, N, T, X a Y



$$\beta = \frac{d_1}{d_0} = \frac{194}{245} = 0,79; \text{ pro tah } \gg k_p = 1,0$$

$$M_{op,1,Rd} = \frac{355 \times 8^2 \times 194}{\sin 34,1^\circ} \times \frac{2,7}{1 - 0,81 \times 0,79} \times 1,0 / 1,0 = 58,9 \text{ kNm}$$

$$M_{op,2,Rd} = \frac{355 \times 8^2 \times 194}{\sin 49,6^\circ} \times \frac{2,7}{1 - 0,81 \times 0,79} \times 1,0 / 1,0 = 43,4 \text{ kNm}$$

Porušení prolomením smykem – styčnický K a N s mezerou a všechny styčnický T, X a Y

Když $d_1 \leq d_0 - 2 t_0$:

$$M_{ip,1,Rd} = \frac{f_{y0} t_0 d_1^2}{\sqrt{3}} \frac{1 + 3 \sin \theta_1}{4 \sin^2 \theta_1} / \gamma_{M5}$$

$$M_{op,1,Rd} = \frac{f_{y0} t_0 d_1^2}{\sqrt{3}} \frac{3 + \sin \theta_1}{4 \sin^2 \theta_1} / \gamma_{M5}$$

$$M_{ip,1,Rd} = \frac{355 \times 8 \times 194^2}{\sqrt{3}} \times \frac{1 + 3 \times \sin 34,1^\circ}{4 \times \sin^2 34,1^\circ} / 1,0 = 131,6 \text{ kNm}$$

$$M_{ip,2,Rd} = \frac{355 \times 8 \times 194^2}{\sqrt{3}} \times \frac{1 + 3 \times \sin 49,6^\circ}{4 \times \sin^2 49,6^\circ} / 1,0 = 87,4 \text{ kNm}$$

$$M_{op,1,Rd} = \frac{355 \times 8 \times 194^2}{\sqrt{3}} \times \frac{3 + \sin 34,1^\circ}{4 \times \sin^2 34,1^\circ} / 1,0 = 174,8 \text{ kNm}$$

$$M_{op,2,Rd} = \frac{355 \times 8 \times 194^2}{\sqrt{3}} \times \frac{3 + \sin 49,6^\circ}{4 \times \sin^2 49,6^\circ} / 1,0 = 100,1 \text{ kNm}$$

Do posouzení budu uvažovat:

$$N_{1,Rd} = 2480,9 \text{ kN}; N_{2,Rd} = 1517,7 \text{ kN}$$

$$M_{ip,1,Rd} = 131,6 \text{ kNm}; M_{ip,2,Rd} = 87,4 \text{ kNm}$$

$$M_{op,1,Rd} = 58,9 \text{ kNm}; M_{op,2,Rd} = 43,4 \text{ kNm}$$

Vnitřní síly

Diagonála D1:

$$N_{Ed} = 65,78 \text{ kN (tah)}$$

$$M_{y,Ed} = 11,87 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 12,66 \text{ kNm}$$

Diagonála D2:

$$N_{Ed} = 88,53 \text{ kN (tah)}$$

$$M_{y,Ed} = 0,18 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 21,23 \text{ kNm}$$

Interakce tah – ohyb

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} + \left[\frac{M_{ip,1,Ed}}{M_{ip,1,Rd}} \right]^2 + \frac{M_{op,1,Ed}}{M_{op,1,Rd}} = \frac{65,78}{2480,9} + \left[\frac{11,87}{131,6} \right]^2 + \frac{12,66}{87,4} = 0,18 \leq 1,0$$

Vyhovuje

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} + \left[\frac{M_{ip,2,Ed}}{M_{ip,2,Rd}} \right]^2 + \frac{M_{op,2,Ed}}{M_{op,2,Rd}} = \frac{88,53}{1517,7} + \left[\frac{0,18}{58,9} \right]^2 + \frac{21,23}{43,4} = 0,55 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Trubka TR194x8 z hlediska únosnosti vyhoví

5.3.7 Posouzení horního příčnicku

Materiál

S355 J2

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

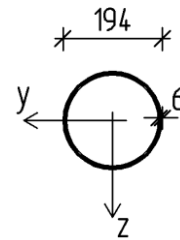
$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

Charakteristika průřezu

TR194x6,3

d	194 mm	W_{el}	$169 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t	6,3 mm	W_{pl}	$222 \times 10^3 \text{ mm}^3$
A	3715 mm^2	I	$140 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$A_{v,z}$	2365 mm^2	i	66,4 mm

**Vnitřní síly**

Tab. 5.9 Vnitřní síly na horním příčnicku

Příčnick - horní					
	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
MSU1	-12,25	2,77	1,33	4,75	3,19
MSU2	-19,80	2,69	1,33	5,54	3,89
MSU3	-12,25	0,54	0,13	1,27	1,05
MSU4	-19,81	0,46	0,13	2,06	1,75
MSU5	-12,00	2,77	1,33	4,58	3,28
MSU6	-19,20	2,69	1,33	5,11	4,13
MSU7	-12,00	0,54	0,13	1,10	1,15
MSU8	-19,20	0,46	0,13	1,62	2,00
MSU9	-6,56	0,54	0,00	0,69	0,58
MSU10	-5,60	0,47	0,00	0,60	0,49

Pro posouzení horního příčnicku použijí vnitřní síly z kombinace MSU2, protože největší vliv na únosnost průřezu bude mít normálová síla N v kombinaci s ohybovým momentem M_y a M_z .

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

Ohýbaná část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{194}{6,3} \leq 50 \times 0,8136^2 \quad 30,79 \leq 32,81$$

TŘÍDA I.

Tlačená část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{194}{6,3} \leq 50 \times 0,8136^2 \quad 30,79 \leq 32,81$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$N_{Ed} = 19,80 \text{ kN (tlak)}$$

$$V_{z,Ed} = 2,69 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 1,33 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 5,54 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 3,89 \text{ kNm}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{v,z} \times (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2365 \times (355 / \sqrt{3})}{1,00} = 484,7 \text{ kN}$$

uzavřený průřez – neklopí $\rightarrow \chi_{LT} = 1,0$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{222 \times 10^3 \times 355}{1,00} = 78,8 \text{ kNm}$$

$$L_{cr} = 1,0 \times L_{teor.} = 1,0 \times 3125 = 3125 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3125}{66,4} = 47,06$$

$$\lambda_{rel} = 93,9 \times \varepsilon = 93,9 \times 0,8136 = 76,4$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{rel}} = \frac{47,06}{76,4} = 0,62$$

$$\chi = 0,882 \quad (\text{křivka a})$$

Odečteno z tabulky

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,882 \times 3715 \times 355}{1,00} = 1163,2 \text{ kN}$$

Interakce tlak – ohyb

velmi bezpečně: $k_{yy} = 1,8$; $k_{yz} = 1,4$; $k_{zy} = 1,4$; $k_{zz} = 1,8$

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{yy} \times \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} + k_{yz} \times \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd}} = \\ & = \frac{19,80}{1163,2} + 1,8 \times \frac{5,54}{78,8} + 1,4 \times \frac{3,39}{78,8} = 0,21 \leq 1,0 \end{aligned}$$

Vyhovuje

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + k_{zy} \times \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd}} + k_{zz} \times \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd}} = \\ & = \frac{19,80}{1163,2} + 1,4 \times \frac{5,54}{78,8} + 1,8 \times \frac{3,39}{78,8} = 0,20 \leq 1,0 \end{aligned}$$

Vyhovuje

Smyk

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{2,69}{484,7} = 0,01 \leq 0,5$$

Vyhovuje (malý smyk)

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{1,33}{484,7} = 0,01 \leq 0,5$$

Vyhovuje (malý smyk)

Trubka TR194x6,3 z hlediska únosnosti vyhoví

5.3.8 Posouzení ztužidel**Materiál****S235 J2**

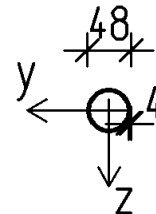
$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

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

$$G = 81000 \text{ MPa}$$

Charakteristika průřezu**TR48,3x4**

d	48,3 mm	W_{el}	$5,70 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t	4 mm	W_{pl}	$7,87 \times 10^3 \text{ mm}^3$
A	557 mm^2	I	$13,8 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$A_{v,z}$	354 mm^2	i	15,7 mm

**Vnitřní síly**

Tab. 5.10 Vnitřní síly na ztužidle

Ztužení	
	N [kN]
MSU1	-10,93
MSU2	-8,11
MSU3	9,50
MSU4	14,10
MSU5	-11,59
MSU6	-9,77
MSU7	8,49
MSU8	11,58
MSU9	5,79
MSU10	5,07

Rozhodující kombinace pro posouzení ztužidel bude kombinace MSU5. Působí zde největší normálová síla v tlaku N.

Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Tlačená část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{48,3}{4} \leq 50 \times 1,0^2 \quad 12,1 \leq 50$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$N_{Ed} = 11,59 \text{ kN (tlak)}$$

$$L_{cr} = 1,0 \times L_{teor.} = 1,0 \times 4472 = 4472 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{4472}{15,7} = 284,84$$

$$\lambda_{rel} = 93,9 \times \varepsilon = 93,9 \times 1,0 = 93,9$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{rel}} = \frac{223,6}{93,9} = 2,38$$

$$\chi = 0,161 \quad (\text{křivka a})$$

Odečteno z tabulky

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,161 \times 557 \times 235}{1,00} = 21,1 \text{ kN}$$

Rovinný vzpěr

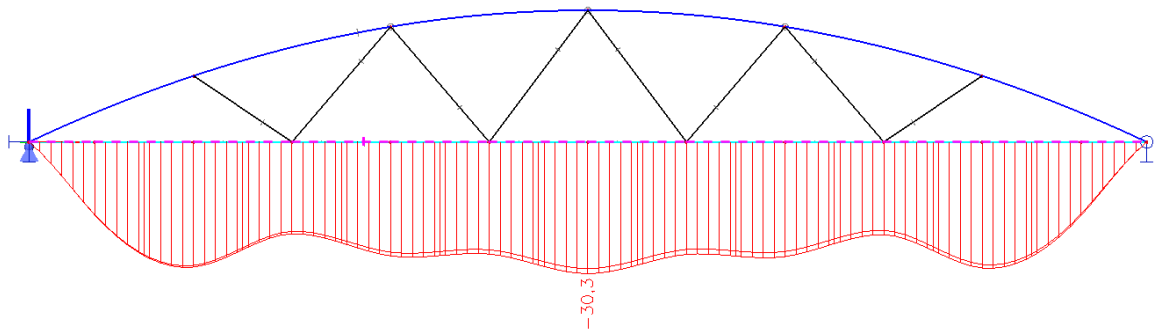
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{11,59}{21,1} = 0,55 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Trubka TR48,3x4 z hlediska únosnosti vyhoví

5.3.9 Posouzení MSP

Průhyb mostu

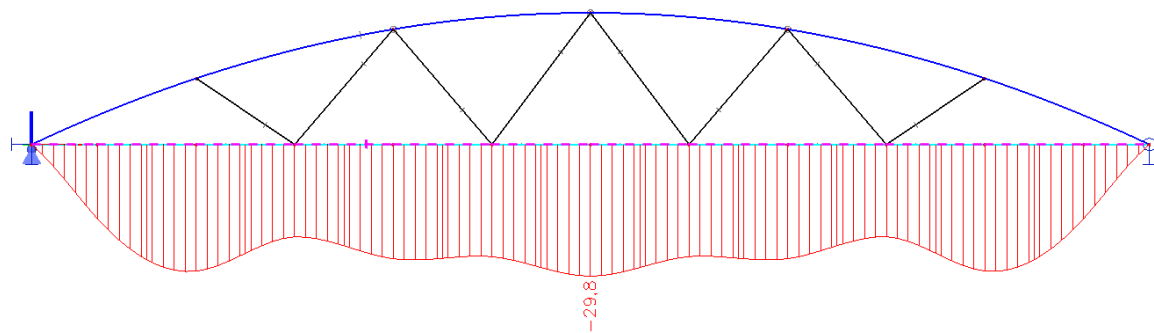


Obr. 5.11 Průhyb mostu – kombinace MSP1

$$L = 34000 \text{ mm}$$

$$\delta = 30,3 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{34000}{250} = 136 \text{ mm}$$

Vyhovuje

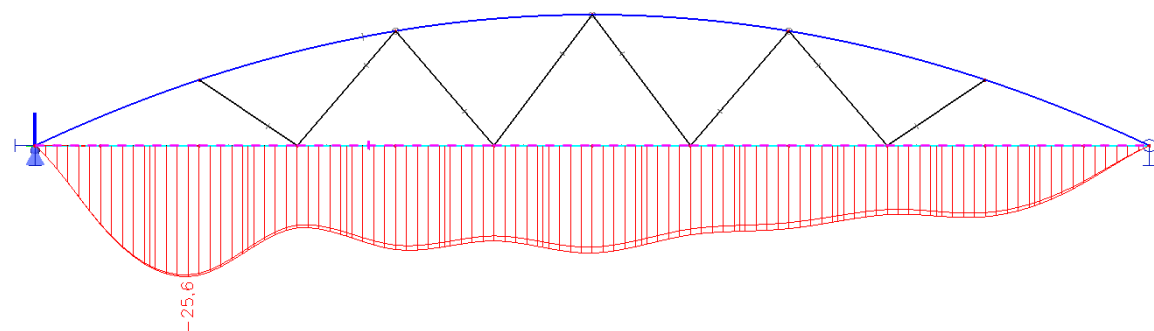


Obr. 5.12 Průhyb mostu – kombinace MSP2

$$L = 34000 \text{ mm}$$

$$\delta = 29,8 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{34000}{250} = 136 \text{ mm}$$

Vyhovuje

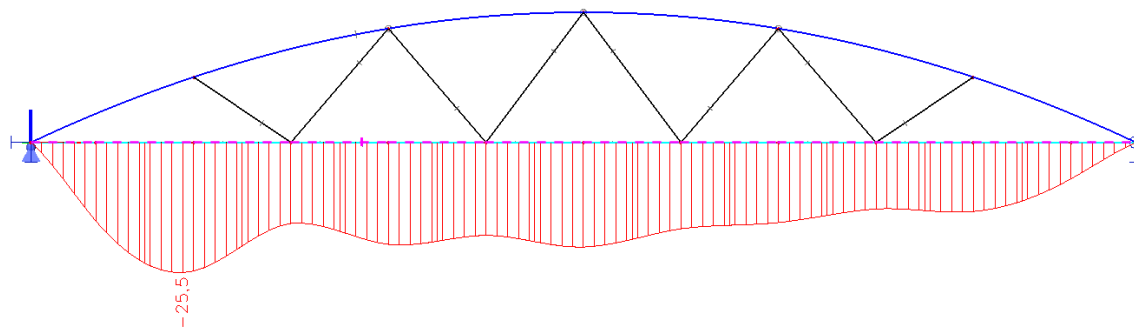


Obr. 5.13 Průhyb mostu – kombinace MSP3

$$L = 34000 \text{ mm}$$

$$\delta = 25,6 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{34000}{250} = 136 \text{ mm}$$

Vyhovuje

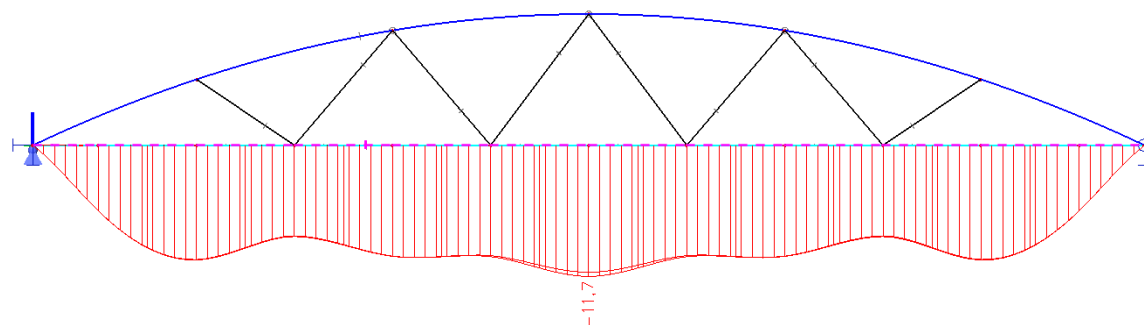


Obr. 5.14 Průhyb mostu – kombinace MSP4

$$L = 34000 \text{ mm}$$

$$\delta = 25,5 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{34000}{250} = 136 \text{ mm}$$

Vyhovuje

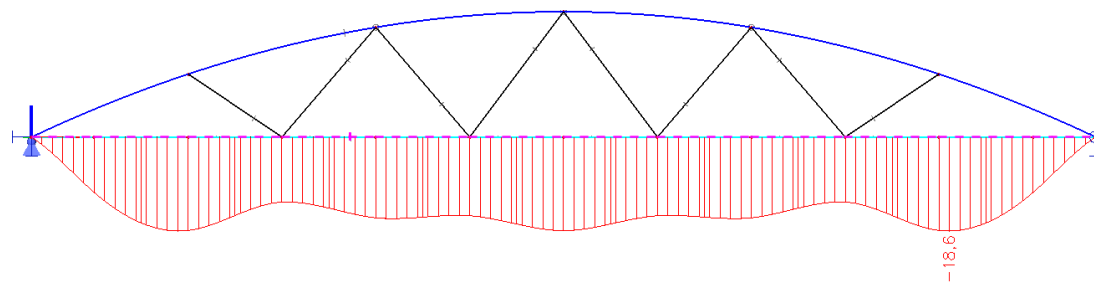


Obr. 5.15 Průhyb mostu – kombinace MSP5

$$L = 34000 \text{ mm}$$

$$\delta = 11,7 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = \frac{34000}{250} = 136 \text{ mm}$$

Vyhovuje

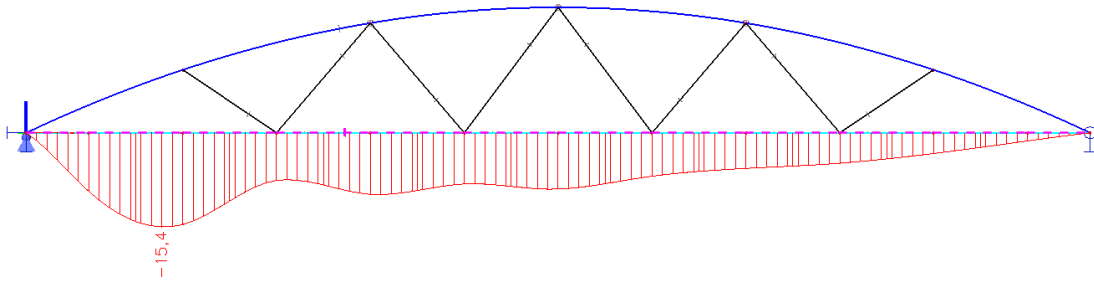


Obr. 5.16 Průhyb mostu – zatěžovací stav ZS3 (chodci)

$$L = 34000 \text{ mm}$$

$$\delta = 18,6 \text{ mm} \leq \frac{L}{400} = \frac{34000}{400} = 85 \text{ mm}$$

Vyhovuje



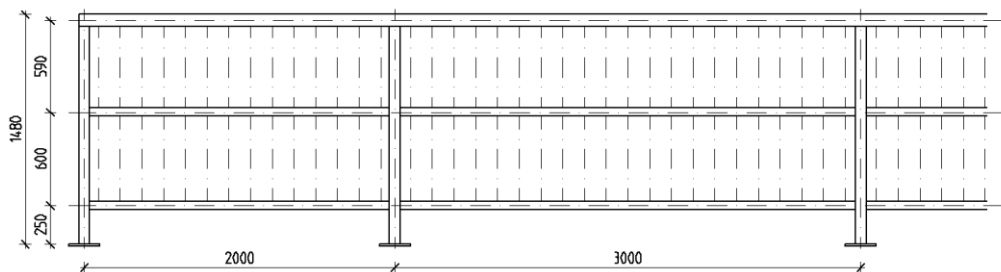
Obr. 5.17 Průhyb mostu – zatěžovací stav ZS4 (chodci 1/2)

$$L = 34000 \text{ mm}$$

$$\delta = 15,4 \text{ mm} \leq \frac{L}{400} = \frac{34000}{400} = 85 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.3.10 Návrh a posouzení zábradlí

Zatížení: $f_k = 1 \text{ kN/m}$; $\gamma_q = 1,5$ Vzdálenost mezi příčnickami: $L = 3 \text{ m}$

Materiál

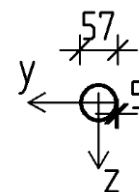
S235 J2

 $f_y = 235 \text{ MPa}$ $E = 210 \text{ GPa}$ $G = 81000 \text{ MPa}$

Charakteristika průřezu

TR57x4,5

d	57 mm	W_{el}	$9,04 \times 10^3 \text{ mm}^3$
t	4,5 mm	W_{pl}	$12,4 \times 10^3 \text{ mm}^3$
A	742 mm^2	I	$25,8 \times 10^4 \text{ mm}^4$
$A_{v,z}$	473 mm^2	i	18,6 mm



Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,0$$

Ohýbaná část

$$\frac{d}{t} \leq 50 \times \varepsilon^2 \quad \frac{57}{4,5} \leq 50 \times 1^2 \quad 12,67 \leq 50$$

TŘÍDA I.

Posouzení MSÚ

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \times f_k \times L^2 \times \gamma_q = \frac{1}{8} \times 1 \times 3^2 \times 1,5 = 1,7 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{12,4 \times 10^3 \times 235}{1,00} = 2,9 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{1,7}{2,9} = 0,59 \leq 1,0$$

Vyhovuje

Posouzení MSP

$$\delta = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 1 \times 3000^4}{384 \times 210000 \times 25,8 \times 10^4} = 19,45 \text{ mm} \leq \frac{L}{150} = \frac{3000}{150} = 20 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Posouzení MSÚ v kotveníZatížení: $F_k = 3 \text{ kN}$; $\gamma_q = 1,5$ Výška zábradlí: $L = 1,48 \text{ m}$

$$M_{Ed} = F_k \times L \times \gamma_q = 3 \times 1,48 \times 1,5 = 6,7 \text{ kNm}$$

Únosnost šroubu M12 – 8, 8 v tahu

$$F_{t,Rd} = 48,6 \text{ kN}$$

Únosnost kotvení při MSÚ

$$n = 2; p = 0,15 \text{ m}$$

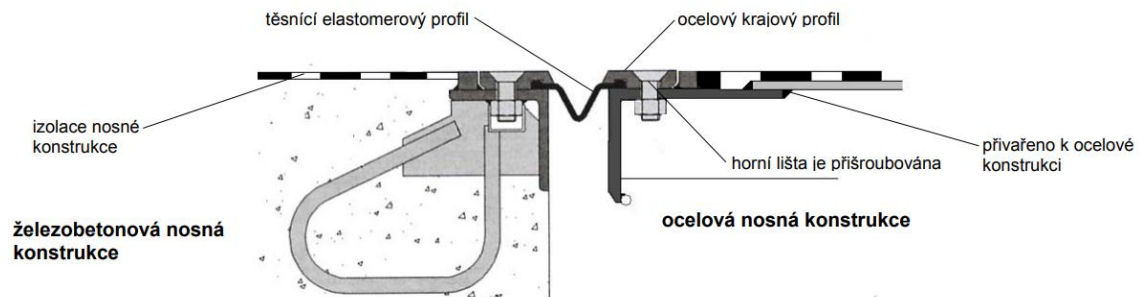
$$M_{Rd} = F_{t,Rd} \times n \times p = 48,6 \times 2 \times 0,15 = 14,58 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{6,7}{14,58} = 0,46 \leq 1,0$$

Vyhovuje

5.3.11 Návrh mostního závěru

Mostní závěr slouží k přemostění dilatační spáry mezi nosnou konstrukcí a opěrou mostu. Navrhují závěr s jednoduchým těsněním spáry se jmenovitým posunem 80 mm. Pro dilataci nelze využít celých 80 mm, proto je šířka dilatační spáry omezena na min. 5 mm a max. 70 mm. Absolutní posun závěru je tedy v rozsahu $70-5 = 65$ mm.



Obr. 5.18 Mostní závěr s jednoduchým těsněním spáry [24]

Je uvažováno pouze rovnoměrné zatížení konstrukce teplotou. Ostatní zatížení teplotou, jako např. nerovnoměrné, jsou zanedbány. Při zatížení teplotou se vychází z přibližné roční teploty v místě stavby, která je rovněž uvažována jako teplota, při které byla konstrukce montována.

Lávka se nachází v Praze.

$$T_0 = 10 \text{ °C}$$

1. typ: ocelová nosná konstrukce

Minimální a maximální teplota vzduchu ve stínu:

$$T_{\min} = -32 \text{ °C}$$

$$T_{\max} = 40 \text{ °C}$$

Minimální a maximální rovnoměrná složka teploty mostu:

$$\left. \begin{array}{l} 1. \text{ typ } T_{e,\max} = T_{\max} + 16 \text{ °C} \\ 2. \text{ typ } T_{e,\max} = T_{\max} + 4,5 \text{ °C} \\ 3. \text{ typ } T_{e,\max} = T_{\max} + 1,5 \text{ °C} \end{array} \right\} \text{ pro } 30 \text{ °C} \leq T_{\max} \leq 50 \text{ °C} \quad \left. \begin{array}{l} T_{e,\min} = T_{\min} - 3 \text{ °C} \\ T_{e,\min} = T_{\min} + 4,5 \text{ °C} \\ T_{e,\min} = T_{\min} + 8 \text{ °C} \end{array} \right\} \text{ pro } -50 \text{ °C} \leq T_{\min} \leq 0 \text{ °C}$$

$$T_{e,\max} = T_{\max} + 16 \text{ °C} = 40 + 16 = 56 \text{ °C}$$

$$T_{e,\min} = T_{\min} - 3 \text{ °C} = -32 - 3 = -35 \text{ °C}$$

Návrhová hodnota maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet zkrácení mostu $\Delta T_{N,\text{con,d}}$:

$$\Delta T_{N,\text{con,d}} = T_{e,\min} - T_0 - 20 = -35 - 10 - 20 = -65 \text{ °C}$$

Návrhová hodnota maximálního rozsahu rovnoměrné složky teploty pro výpočet prodloužení mostu $\Delta T_{N,exp,d}$:

$$\Delta T_{N,exp,d} = T_{e,max} - T_0 + 20 = 56 - 10 + 20 = 66 \text{ } ^\circ\text{C}$$

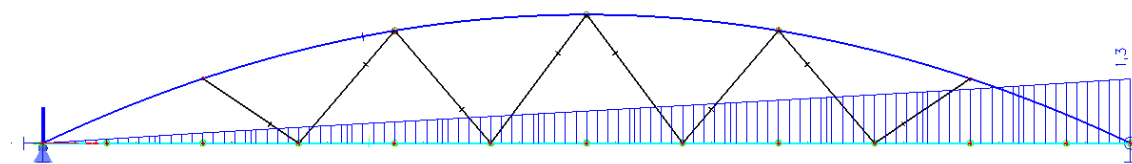
Součinitel tepelné roztažnosti pro ocel se uvažuje $\alpha_{st} = 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Návrhové dilatační posuny v závěru:

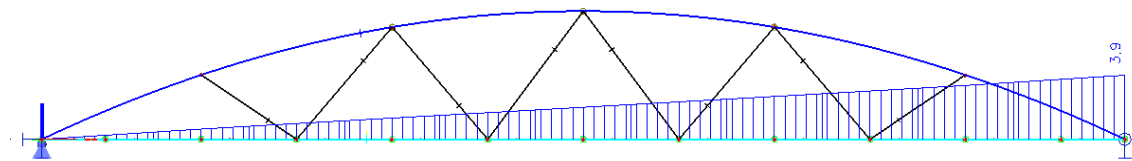
$$u_{x,exp} = \alpha_{st} \times \Delta T_{N,exp,d} \times L = 12 \times 10^{-6} \times 66 \times 34000 = 26,9 \text{ mm}$$

$$u_{x,con} = \alpha_{st} \times \Delta T_{N,con,d} \times L = 12 \times 10^{-6} \times -65 \times 34000 = -26,5 \text{ mm}$$

Zatížení dopravou a ostatní stálé zatížení



Obr. 5.19 Charakteristický posun od ostatního stálého zatížení [mm]



Obr. 5.20 Charakteristický posun od zatížení dopravou [mm]

Návrhový posun v mostním závěru od dopravy a ostatního stálého zatížení:

$$u_{x,exp} = \gamma_f \times u_{xq,k} = 1,35 \times (1,3 + 3,9) = 7,0 \text{ mm}$$

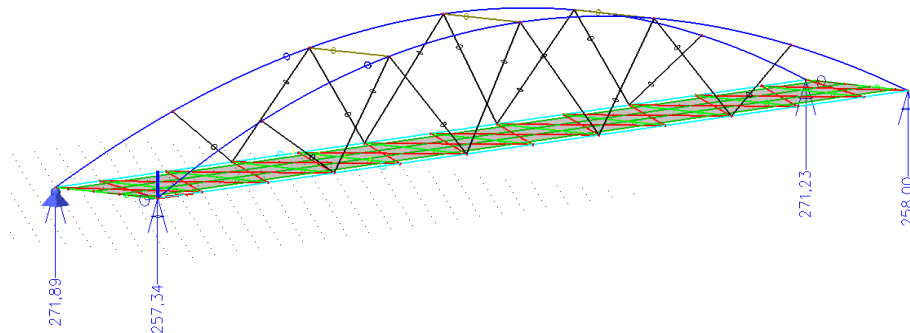
Celkový návrhový posun v závěru:

$$\Delta u_x = u_{x,exp} + u_{x,exp} - u_{x,con} = 7,0 + 26,9 + 26,5 = 60,4 \text{ mm} < 65 \text{ mm}$$

Vyhovuje

5.3.12 Návrh ložisek

Navrhni elastomerová ložiska, která budou osazena při teplotě 10°C.



Obr. 5.21 Svislé reakce R_z od kombinace MSU2

Maximální svislá reakce $R_z = 271,89 \text{ kN}$

Celkový posun v ložisku uvažuji o stejné délce, jako v případě mostního závěru. Z důvodu symetrie lávky mohou uvažovat polovinu celkového posunu na jedno ložisko.

$$\Delta u_x = 60,4 \text{ mm}; \Delta u_{x1} = \frac{1}{2} \times 60,4 = 30,2 \text{ mm}$$

Přodorysné rozměry ložiska	Maximální namáhání v tlaku při nulové deformaci	Tloušťka vrstev	Počet vrstev	Počet výztužných desek (TYP B)	Tloušťka výztužných desek	TYP B		
						Celková tloušťka elastomeru	Celková tloušťka ložiska	Připustná deformace *
axb, D	F	t	n	ns	ts	Te	T	w
mm	kN	mm			mm	mm	mm	mm
100 x 150	121	8	2	3	3	21	30	21
100 x 200	132		3	4		29	41	29
150 x 200	468	8	2	3	3	21	30	21
150 x 250	549		3	4		29	41	29
150 x 300	576		4	5		37	52	37
200 x 250	1079	8	3	4	3	29	41	29
200 x 300	1272		4	5		37	52	37
200 x 350	1300		5	6		45	63	45
200 x 400	1332		6	7		53	74	53
Ø200	544	8	2	3	3	21	30	21
			3	4		29	41	29
			4	5		37	52	37
Ø250	1103	8	2	3	3	21	30	21
			3	4		29	41	29
			4	5		37	52	37

Obr. 5.22 Výšek technického listu výrobce FREYSSINET

Návrh: FREYSSINET, elastomerová ložiska Ø200 TYP B, 4 vrstvy

$$R_z = 271,89 \text{ kN} \leq 544 \text{ kN}$$

Vyhovuje

$$\Delta u_{x1} = 30,2 \text{ mm} \leq 37 \text{ mm}$$

Vyhovuje

Elastomerová ložiska Ø200 TYP B, 4 vrstvy vyhoví

6 Závěr

Cílem práce bylo najít vhodné variantní a konstrukční řešení lávky pro pěší a následné posouzení dimenzí nosných prvků konstrukce.

V prvotní fázi byly navrženy tři varianty řešení lávky, u kterých byly stanovené předběžné dimenze prvků a následně jejich posouzení. Z těchto řešení byla vybrána finální varianta, která byla podrobněji posouzena na základě mezních stavů únosnosti a použitelnosti. Nedílnou součástí podrobného posouzení konstrukce by měla být také dynamická analýza a posouzení stability příhradovin, která jsem vzhledem k rozsahu této práce zanedbal.

Pokud tedy budou uvažována pouze zatížení a jejich kombinace stanovené v předchozích částech práce a zároveň budou uvažovány materiály a materiálové charakteristiky popsané v příslušných kapitolách, pak lze předběžně vyhodnotit konstrukci jako bezpečně vyhovující.

Součástí této bakalářské práce je výkresová dokumentace.

7 Seznam použitých zdrojů

7.1 Literatura

- [1] PÍCHAL, Antonín a Zdeněk MÜLLER. *Mosty: zpráva o konstrukci a architektuře některých českých mostů = Bridges : a summary about the construction and architecture of a number of bridges in the Czech Republic*. 2009. Brno: Antonín Pechal, 2009. ISBN 978-80-254-5279-0.
- [2] ŠAFÁŘ, Roman, Vlastimil KUKÁŇ, Michal DRAHORÁD a Marek FOGLEAR. *Betonové mosty 1: přednášky*. 2010. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04661-6.
- [3] SOKOL, Zdeněk a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky*. 3. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-80-01-06032-2.
- [4] *Mosty 2010: 15. mezinárodní symposium : sborník příspěvků*. Brno: Sekurkom, 2010. ISBN 978-80-86604-48-0.
- [5] *Mosty 2012: 17. mezinárodní symposium : sborník příspěvků*. Brno: Sekurkom, 2012. ISBN 978-80-86604-56-5.
- [6] RYJÁČEK, Pavel. *Ocelové mosty: cvičení*. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05672-1.

7.2 Řada norem ČSN EN

- [7] ČSN EN 1990 ed. 2 (73 0002): *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015
- [8] 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: Český normalizační institut, 2004.
- [9] ČSN EN 1991-1-4 (73 0035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [10] ČSN EN 1991-1-5 (73 0035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*. Praha: Český normalizační institut, 2006

- [11] ČSN EN 1991-2 ed. 2 (73 6203): *Eurokód 1: zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [12] ČSN EN 1993-1-1 ed. 2 (73 1401): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [13] ČSN EN 1993-1-8 ed. 2 (73 1401): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčnicků*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [14] ČSN EN 1993-2 (73 6205): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty*. Praha: Česká normalizační institut, 2008.
- [15] ČSN EN 1090-2+A1 (73 2601): *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

7.3 Použité podklady

- [16] *NOVÁ LÁVKA PRO PĚŠÍ A CYKLISTY PŘES BOTIČ*. In: <https://www.tsk-praha.cz/wps/portal> [online]. Praha: Copyright 2019, 2019 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.tsk-praha.cz/wps/portal/root/archiv-tiskovych-prohlaseni/53bf5b12-b88c-40eb-9ffc-d78664dc5733>
- [17] *Lávka přes jižní zhlaví nádraží v Benešově*. In: <http://www.silnice-zeleznice.cz/> [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, 2011 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: http://www.silnice-zeleznice.cz/PublicFiles/UserFiles/images/SZ/2011/S111/redakce/800x800__rott06.jpg
- [18] *Pohled po toku Ondřejnice (27-06-2012)*. In: <http://www.silnice-zeleznice.cz/> [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, 2011 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: http://www.silnice-zeleznice.cz/PublicFiles/UserFiles/image/SZ/Katalog__staveb/Lavky/800x800__staraves4.jpg

-
- [19] *Lávka před zvednutím.* In: [Http://www.kofing.cz/](http://www.kofing.cz/) [online]. Paskov: KOFING, 2010 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <http://www.prometgroup.eu/kofing/wp-content/uploads/sites/6/2016/10/Most1.png>
- [20] *Lávka po zvednutí.* In: [Http://www.kofing.cz/](http://www.kofing.cz/) [online]. Paskov: KOFING, 2010 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: http://www.prometgroup.eu/kofing/wp-content/uploads/sites/6/2016/10/Most_2.png
- [21] *Letecká fotka.* In: [Https://www.google.cz/maps/](https://www.google.cz/maps/) [online]. Česko: Mapová data Google, 2019 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/@50.1111191,14.4389102,169m/data=!3m1!1e3>
- [22] *Podklady společnosti STACO.* In: [Https://www.staco-rosty.cz/](https://www.staco-rosty.cz/) [online]. Jihlava: Staco Rošty CZ, 2019 [cit. 2019-04-26]. Dostupné z: https://www.staco-rosty.cz/upload/SV_hodnoty-unosnosti-a-pruhybu-svar-rosty.pdf
- [23] *Axonometrický pohled na pororošt.* In: [Https://www.staco-rosty.cz/](https://www.staco-rosty.cz/) [online]. Jihlava: Staco Rošty CZ, 2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://www.staco-rosty.cz/upload/SV_ROST_05-1.jpg
- [24] *Mostní závěr s jednoduchým těsněním spáry.* In: [Http://www.pjpk.cz/](http://www.pjpk.cz/) [online]. Mountain View: Creative Commons, 2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: www.pjpk.cz/viewFile.asp?file=1546
- [25] *Elastomerová ložiska.* In: [Http://www.freyssinet.cz/](http://www.freyssinet.cz/) [online]. Zápy: © FREYSSINET CS, 2019 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: http://www.freyssinet.cz/gallery/loziska_elastomerova.pdf

8 Seznam obrázků

Obr. 1.1 Boční pohled na lávku přes potok Botič	14
Obr. 1.2 Boční pohled na lávku [17]	15
Obr. 1.3 Lávka před zvednutím [19]	16
Obr. 1.4 Lávka po zvednutí [20]	17
Obr. 1.5 Boční pohled na lávku [18]	17
Obr. 2.1 Letecká fotka okolí navržené lávky [21]	19
Obr. 4.1 Prutový model konstrukce	24
Obr. 4.2 Zatěžovací stav ZS2 – ostatní stálé	25
Obr. 4.3 Zatěžovací stav ZS3 – užité rovnoměrné	25
Obr. 4.4 Průhyb mostu – kombinace MSP1	31
Obr. 4.5 Průhyb mostu – zatěžovací stav ZS3 (chodci).....	31
Obr. 4.6 Prutový model konstrukce	33
Obr. 4.7 Zatěžovací stav ZS2 – ostatní stálé	34
Obr. 4.8 Zatěžovací stav ZS3 – užité rovnoměrné	34
Obr. 4.9 Průhyb mostu – kombinace MSP1	43
Obr. 4.10 Průhyb mostu – zatěžovací stav ZS3 (chodci)	43
Obr. 4.11 Prutový model konstrukce	46
Obr. 4.12 Zatěžovací stav ZS2 – ostatní stálé.....	47
Obr. 4.13 Zatěžovací stav ZS3 – užité rovnoměrné.....	47
Obr. 4.14 Průhyb mostu – kombinace MSP1	56
Obr. 4.15 Průhyb mostu – zatěžovací stav ZS3 (chodci)	56
Obr. 5.1 Prutový model konstrukce	60
Obr. 5.2 Zatěžovací stav ZS2 – ostatní stálé	61
Obr. 5.3 Zatěžovací stav ZS3 – užité rovnoměrné	61
Obr. 5.4 Zatěžovací stav ZS4 – užité rovnoměrné 1/2	61
Obr. 5.5 Zatěžovací stav ZS5 – soustředné zatížení.....	62
Obr. 5.6 Zatěžovací stav ZS6 – vítr ve směru x.....	64

Obr. 5.7 Zatěžovací stav ZS7 – vítr ve směru y	65
Obr. 5.8 Axonometrický pohled na pororošt [23]	67
Obr. 5.9 Statické schéma mostovky	67
Obr. 5.10 Výsek technického listu výrobce STACO	67
Obr. 5.11 Průhyb mostu – kombinace MSP1	87
Obr. 5.12 Průhyb mostu – kombinace MSP2	87
Obr. 5.13 Průhyb mostu – kombinace MSP3	87
Obr. 5.14 Průhyb mostu – kombinace MSP4	88
Obr. 5.15 Průhyb mostu – kombinace MSP5	88
Obr. 5.16 Průhyb mostu – zatěžovací stav ZS3 (chodci)	88
Obr. 5.17 Průhyb mostu – zatěžovací stav ZS4 (chodci 1/2)	89
Obr. 5.18 Mostní závěr s jednoduchým těsněním spáry [24]	91
Obr. 5.19 Charakteristický posun od ostatního stálého zatížení [mm]	92
Obr. 5.20 Charakteristický posun od zatížení dopravou [mm]	92
Obr. 5.21 Svislé reakce R_z od kombinace MSU2	93
Obr. 5.22 Výsek technického listu výrobce FREYSSINET	93

9 Seznam tabulek

Tab. 3.1 Kombinační součinitelé	23
Tab. 4.1 Zatěžovací stavy	25
Tab. 4.2 Kombinace zatížení pro MSÚ	26
Tab. 4.3 Kombinace zatížení pro MSP.....	26
Tab. 4.4 Zatěžovací stavy	34
Tab. 4.5 Kombinace zatížení pro MSÚ	35
Tab. 4.6 Kombinace zatížení pro MSP.....	35
Tab. 4.7 Zatěžovací stavy	47
Tab. 4.8 Kombinace zatížení pro MSÚ	48
Tab. 4.9 Kombinace zatížení pro MSP.....	48
Tab. 5.1 Zatěžovací stavy	65
Tab. 5.2 Kombinace zatížení pro MSÚ	66
Tab. 5.3 Kombinace zatížení pro MSP.....	66
Tab. 5.4 Vnitřní síly na podélníku.....	68
Tab. 5.5 Vnitřní síly na spodním příčnicku	71
Tab. 5.6 Vnitřní síly na spodním pásu.....	74
Tab. 5.7 Vnitřní síly na horním pásu.....	76
Tab. 5.8 Vnitřní síly na diagonále	79
Tab. 5.9 Vnitřní síly na horním příčnicku	83
Tab. 5.10 Vnitřní síly na ztužidle	85

10 .Seznam příložené dokumentace

Č. výkresu	Obsah	Měřítko
01	Příčné řezy	1:50
02	Podélný řez	1:100
03	Půdorys	1:100
04	Detail uložení	1:10
05	Detail mostovky	1:10
06	Postup montáže	1:100

