

Přepočet a stanovení zatížitelnosti

mostního objektu provedené dle platných norem a Metodického pokynu SŽDC, s.o. pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů z roku 2020

TU 1751	Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)	DÚ 12	Zbraslavice - Zruč n/Sázavou	evd. km	24,778
Objekt	most	Šírá trať	Vžitý název:	Pančava	
délka mostu 14 m	počet otvorů	1	počet kolejí na mostě	1	elektrizace: ne
Objednatel: SŽDC, s.o., OŘ Praha		rychlost na mostě / rychlost traťová [km/h]: 50/60		Traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí C3 - 60	
hodnocení stavebního stavu	2/2	Vedoucí EČMO Ing. Luboš Dejmek		Rok podrobné prohlídky	2020
Vypracoval Bc. Lucie Zučková		Datum	měsíc	1	2021



Pohled zleva

Obchodní firma:

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Sídlo: Praha 1-Nové Město, Dlážděná 1003/7, PSČ 110 00
Zápis v obch. rejstříku: Městský soud v Praze, spis.
značka A 48384
www.szdc.cz

Doručovací adresa:

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Technická ústředna dopravní cesty,
Malletova 10/2363, 190 00 Praha 9 – Libeň
www.tudc.cz

Technická ústředna založena 1957



UKAS is a member of Registrar of Standards (UK) Ltd. UKAS is a member of Registrar of Standards (UK) Ltd.
Tato logo prokazuje, že TUDC má zaveden integrovaný systém
managementu zajišťující soulad s normou ISO 9001 a ISO 27001.
Nevztahují se na dodávky služeb nebo výrobků.

OBSAH:

1	Technická zpráva.....	5
1.1	Rozsah posuzovaných konstrukcí.....	5
1.2	Základní údaje.....	5
1.2.1	Umístění objektu.....	5
1.2.2	Členění nosných konstrukcí.....	5
1.2.3	Členění spodní stavby.....	5
1.2.4	Charakteristické rozměry mostu.....	5
1.2.5	Geometrická poloha koleje.....	5
1.2.6	Požadavky na zatížení mostu.....	6
1.3	Podklady.....	6
1.3.1	Existující dokumentace.....	6
1.3.2	Výsledky diagnostiky.....	6
1.3.3	Výsledky prohlídek.....	6
1.3.4	Zvláštní požadavky zadavatele.....	6
1.4	Technický popis jednotlivých částí konstrukce.....	6
1.4.1	Nosná konstrukce K01.....	6
1.4.2	Spodní stavba.....	7
1.4.3	Železniční svršek.....	8
1.4.4	Závady uvažované ve výpočtu.....	9
1.5	Výpočetní pomůcky.....	9
1.5.1	Výpočetní programy.....	9
1.6	Přehled použité norem a literatury.....	9
1.7	Identifikace autora.....	10
2	Grafické přílohy.....	11
2.1	Příčný řez objektem.....	11
2.2	Schéma ložisek.....	11
2.3	Podélný řez.....	12
2.4	Půdorysné schéma.....	13
2.5	Fotodokumentace.....	14
3	Výpočetní model.....	15
4	Zatížení.....	18
4.1	Stálé.....	18
4.1.1	ZS1.1 - Vlastní tíha.....	18
4.1.2	ZS1.2 - Ostatní stálé.....	18
4.2	Proměnné.....	19
4.2.1	ZS2 - Zatížení větrem.....	19
4.2.2	ZS3 - Zatížení teplotou.....	20
4.2.3	Zatížení železniční dopravou.....	21
4.2.3.1	Vliv excentricity.....	21
4.2.3.2	Kolová síla pro lokální účinky.....	22
4.2.3.3	ZS4 - Zatížení bočními rázy.....	22
4.2.3.4	ZS5 - Vliv odstředivých sil.....	22
4.2.3.5	ZS6 - Rozjezdové a brzdné síly.....	23
4.2.3.6	ZS7 - Model zatížení 71.....	23
5	Stanovení zatížitelnosti - MSÚ.....	26
5.1	Zatěžovací stavy a kombinace.....	28
5.2	Popis vláken průřezu.....	30
5.3	Levý hlavní nosník K01.....	31
5.3.1	Levý hlavní nosník v místě maximální posouvající síly Vz.....	31

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km **24,778**

5.3.2	Levý hlavní nosník v místě maximálního ohybového momentu M_y	34
5.3.3	Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 1-2 pro M_y	38
5.3.4	Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 1-2 pro V_z	42
5.3.5	Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 2-3 pro M_y	46
5.3.6	Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 2-3 pro V_z	50
5.4	Vliv klopení.....	54
5.5	Lokální stabilita stojiny.....	54
5.5.1	Interakce účinků spolu s namáháním ohybovým momentem a osovou silou.....	55
5.6	Únosnost krčnic nýtů.....	55
5.7	Příčné a podélné ztužení.....	58
5.7.1	Příčné ztužení - spodní část.....	58
5.7.2	Příčné ztužení - horní část.....	60
5.7.3	Příčné ztužení - diagonála.....	62
5.7.4	Podélné ztužení - spodní.....	64
5.7.5	Podélné ztužení - spodní - zesílení.....	66
5.7.6	Podélné ztužení - horní.....	68
5.8	Posouzení na překlopení.....	70
5.9	Zatížitelnost spodní stavby.....	70
6	Stanovení zatížitelnosti - MSP.....	71
6.1	Svislé přetvoření hlavního nosníku K01.....	71
6.2	Svislé přetvoření hlavního nosníku K01 - pohodlí cestujících.....	71
6.3	Vodorovné přetvoření hlavního nosníku K01.....	72
6.4	Svislé pootočení hlavního nosníku K01.....	72
6.5	Vodorovné pootočení hlavního nosníku K01.....	73
7	Stanovení výjimečné zatížitelnosti.....	74
7.1	Stanovení výjimečné zatížitelnosti v místě maximálního ohybového momentu.....	74
8	Shrnutí výsledků.....	78
8.1	Shrnutí výsledků pro TTZ C3/60.....	78
8.2	Shrnutí výsledků pro prvky ztužení.....	78
9	Závěr.....	80
	Příloha č.1 - Přehled zatížitelnosti částí mostu.....	81

1 Technická zpráva

1.1 Rozsah posuzovaných konstrukcí

Předmětem statického výpočtu je stanovení zatížitelnosti ocelové nosné konstrukce na TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo) v evd. km 24,778.

Zadavatel požaduje ověření přechodnosti pro provozní zatížení odpovídající traťové třídě C3 s přidruženou rychlostí 60 km/h.

1.2 Základní údaje

1.2.1 Umístění objektu

Evidenční km	24,778		
Traťový úsek	Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)	č.TÚ	1751
Definiční úsek	Zbraslavice - Zruč n/Sázavou	č.DÚ	12
Vžitý název	Pančava		
Přemostňovaná překážka	trvalý vodní tok, účelová komunikace zpevněná		
Počet mostních otvorů	1	počet převáděných železničních kolejí	1
Šikmost mostu	kolmý	Úhel šikmosti	90°

1.2.2 Členění nosných konstrukcí

č.	Ozn.	Rozpětí	Typ
1	K01	10,92 m	ocelová plnostěnná konstrukce bez mostovky

1.2.3 Členění spodní stavby

č.	Ozn.	Materiál opěr	Materiál úložných prahů
1	O01	kamenné, pravidelné řádkování	úložné žulové kvádry
2	O02	kamenné, pravidelné řádkování	úložné žulové kvádry

1.2.4 Charakteristické rozměry mostu

Šířka mostu	4,45 m
Délka konstrukce	11,28 m
Stavební výška	1,40 m
Výška konstrukce	1,25 m
Rozpětí konstrukce K01	10,92 m
Výška mostu nad terénem	3,42 m
Osová vzdálenost hlavních nosníků	1,80 m

1.2.5 Geometrická poloha koleje

Výškový průběh koleje:

Kolej na mostě klesá.

Směrový průběh koleje:

Kolej na mostě se nachází v přímé.

vzdálenost osy koleje od osy konstrukce K01		
na začátku	38,0 mm	vlevo
uprostřed	25,0 mm	vlevo
na konci	10,0 mm	vlevo

1.2.6 Požadavky na zatížení mostu

Požadavkem zadavatele přepočtu je stanovení zatížitelnosti mostu a ověření jeho přechodnosti pro provozní zatížení odpovídající traťové třídě C3 s přidruženou rychlostí 60 km/h.

Pro určení zatížitelnosti je konstrukce zatížena modelem zatížení 71 dle 6.3.2 ČSN EN 1991-2 - Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou.

Zatížitelnost je určena dle Metodického pokynu SŽDC pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů. Pro určení přechodnosti provozního zatížení je použito zatěžovací schéma pro traťovou třídu C3 dle ČSN EN 15528.

Zadavatel přepočtu:



SŽDC, OŘ Praha
Partyzánská 24
170 00 Praha 7

IČ: 709 94 234
DIČ: CZ 709 94 234

1.3 Podklady

1.3.1 Existující dokumentace

Zpracovateli byla poskytnuta archivní dokumentace.

1.3.2 Výsledky diagnostiky

Speciální diagnostický průzkum byl proveden spolu s mimořádnou prohlídkou mostního objektu, při kterém byla získána data, důležitá pro statický výpočet.

1.3.3 Výsledky prohlídek

Klasifikace stavu dle předpisu SŽDC S5

Nosná konstrukce **K 2**

Spodní stavba **S 2**

1.3.4 Zvláštní požadavky zadavatele

Zadavatel nemá žádné zvláštní požadavky.

1.4 Technický popis jednotlivých částí konstrukce

1.4.1 Nosná konstrukce K01

Nosná konstrukce mostu je kolmá, ocelová, plnostěnná, trámová, nýtovaná, prostá bez mostovky.

Rozpětí nosníků je 10,92 m s proměnným průřezem. Jsou tvořeny nýtovaným profilem I výšky 950 - 980 mm s tloušťkou stojiny 10 mm. Horní i dolní pásnice jsou tvořeny krčními úhelníky L 100x10 a pásovinou 220x10 mm. V uložení je dolní pásnice tvořena poze krčními úhelníky.

Příčné ztužení je osově vzdálené 1,82 m. Je tvořeno horní částí nýtovanými úhelníky 2xL 65x8, dolní částí nýtovanými úhelníky 2xL 65x8 a diagonálami, které jsou tvořeny úhelníky L 60x7.

Podélné ztužení je vedeno ve dvou rovinách. Dolní podélné ztužení je tvořeno jednoduchými rovnoramennými profilem L 60x7. Horní podélné ztužení je tvořeno jednoduchými rovnoramennými profilem L 90x9.

Ložiska jsou ocelová tangenciální s úložnou deskou, na O 01 pohyblivá a na O 02 pevná.

Závady nosné konstrukce:

Hlavní nosníky

- Hlavní nosníky jsou zapřené do závěrné zdi na O 02.
- Horní pásnice jsou oslabené důlkovou korozí téměř po celé ploše do hloubky až 3 mm, pod mostnicí č. 5 až do hloubky 5 mm, hlavy nýtů jsou zkorodované až o polovinu své tloušťky.
- Dolní vnitřní pásové úhelníky jsou oslabené do hloubky 2 - 4 mm s nárůstem plátkové koroze o tl. až 5 mm.
- Hrany dolních přírub jsou zanesené nečistotami, korodují do hloubky až 5 mm s okraji do ostra.
- Na stojinách hlavních nosníků se místy loupe ochranný nátěr a stojiny jsou oslabené důlkovou korozí do hloubky 1 - 3 mm, nad dolními úhelníky v poli 4 do výšky až 150 mm.
- Stav PKO: poškození na ploše cca 30% (Ri 5).

Příčné ztužení

- Horní i dolní úhelníky jsou oslabené důlkovou korozí do hloubky 2 - 3 mm s okraji do ostra.
- Mezi dvojicemi horních i dolních úhelníků narůstá šterbinová koroze o tloušťce až 8 mm.
- Ztužení č. 4, 5 a 7 mají dolní úhelníky v místě napojení silně zkorodované s okraji do ostra, vodorovné příruby jsou zkorodované do hloubky až 30 mm, poslední ztužení má úhelník u ložiska vlevo prokorodovaný.
- Ostatní prvky ztužení jsou oslabené důlkovou korozí do hloubky 2 - 3 mm.
- Nátěr ztužení praská a loupe se.
- Vodorovné stykové desky ztužení jsou silně oslabené do hloubky 3 - 4 mm a všechny stykové desky jsou zaneseny nečistotami.
- Stav PKO: poškození na ploše max. 20% (Ri 5).

Podélné ztužení

- Stykové desky korodují s okraji do ostra, u dolního ztužení oslabené důlkovou korozí do hloubky až 4 mm, vpravo na konci zkorodované s okraji do ostra, hrany zkorodované do hloubky až 20 mm.
- Na dolních stykových deskách se drží nečistoty.
- Horní styková deska u příčného ztužení č. 7 vpravo je silně zkorodovaná s hranami do ostra, hrany jsou zkorodované do hloubky až 4 mm.
- Úhelníky jsou oslabené do hloubky 2 - 3 mm důlkovou korozí, hlavy nýtů jsou oslabené jednotlivě z poloviny tloušťky.
- Ztužení v poli 3 u styčnicku příčného ztužení č. 4 má prokorodovanou svislici, v přípoji je úhelník oslaben shora o 1 mm a zdola o 2 mm.
- Stav PKO: poškození na ploše cca 40% (Ri 5).

Ložiska

- Ložiska povrchově korodují, jsou silně zanesené nečistotami.
- Stav PKO: poškození na ploše max. 45% (Ri 5).

Chování konstrukce při průjezdu vlaku

- Klidné.

1.4.2 Spodní stavba

Opěra O 01

Materiál opěry je kámen s pravidelným řádkováním o výšce dříku 4,50 m a šířce opěry 4,45 m.

Úložné kvádry jsou žulové.

Závěrná zeď je kamenná s pravidelným řádkováním o výšce 1,25 m.

Obě křídla jsou šikmá kamenná s pravidelným řádkováním.

Závady na opěře O 01

Opěra

- Na opěře je popraskané, v horní části i vypadané spárování, ve spárách místy narůstá drobná vegetace a mech.
- Horní plochy opěr povrchově degradují.
- V dolní části opěry jsou viditelné výluhy.

Úložné kvádry

- Na úložné ploše se drží nečistoty.
- Ve střední části na horní ploše roste stromek.

Závěrná zeď

- V závěrné zdi je popraskané a vlevo i vpravo vypadané spárování.

Křídlo vlevo

- Křídlo má popraskané, místy vypadané spárování.
- Na křídle, zejména v konci, prorůstá vegetace a mech.

Křídlo vpravo

- Křídlo má popraskané, místy vypadané spárování.
- Křídlo začíná silně porůstat vegetací a mechem.

Opěra O 02

Materiál opěry je kámen s pravidelným řádkováním o výšce dříku 3,30 m a šířce opěry 4,45 m.

Úložné kvádry jsou žulové.

Závěrná zeď je kamenná s pravidelným řádkováním o výšce 1,25 m.

Obě křídla jsou šikmá kamenná s pravidelným řádkováním.

Závady na opěře O 02

Opěra

- Vpravo z líce je popraskané, místy vypadané, spárování.
- V dolní části opěry jsou viditelné výluhy.

Úložné kvádry

- Na úložné ploše se drží nečistoty.
- Vlevo z horní plochy roste popínavá vegetace.

Závěrná zeď

- V závěrné zdi je místy popraskané spárování.

Křídlo vlevo

- Křídlo má popraskané, místy vypadané spárování.
- Křídlo prorůstá vegetací a mechem.

Křídlo vpravo

- Křídlo má popraskané, místy vypadané spárování.
- Křídlo je silně porostlé mechem.

1.4.3 Železniční svršek

Na mostní konstrukci jsou použity kolejnice tvaru S49 s žebrovými podkladnicemi na dřevěných mostnicích s čelními sponami proti štěpení.

Směrové uspořádání koleje po délce objektu je v přímé, výškové uspořádání kolej klesá.

Kolej je stykovaná, styky jsou před objektem ve vzdálenosti 9,16 m a za objektem ve vzdálenosti 4,25 m.

Závady železničního svršku:

Držebnost upevňovadel

- U mostnic č. 2, 3, 8, 9, 10 u levého nosníku chybí vrtule po 1 ks.

Kolejové podpory

- Před a za konstrukcí jsou podpory porostlé mechem a povrchově degradují.

Mostnice

- Mostnice jsou podélně popraskané.

Pozednice

- Pozednice jsou podélně popraskané.

Štěrkové lože

- Před i za konstrukcí je kolejové lože nedostatečně zasypané s prorůstající vegetací.

1.4.4 Závady uvažované ve výpočtu

Uvažuje se skutečné oslabení prvků hlavních nosníků i ztužení.

- U všech posudků levého hlavního nosníku je uvažováno oslabení horní pásnice pod mostnicemi o 1 mm. U posudku pro maximální ohybový moment M_y je oslabení o 3 mm.
- U posudku pro maximální V_z je uvažováno oslabení stojiny nad dolními krčnými úhelníky ve výšce 20 mm a o hloubce 3 mm. Dále se uvažuje oslabení svislé stěny krčního úhelníku o 6 mm a vodorovné stěny o 4 mm v celé výšce.
- U posudku pro maximální M_y je uvažováno oslabení stojiny nad dolními krčnými úhelníky ve výšce 30 mm a o hloubce 2 mm. Dále se uvažuje oslabení svislé stěny krčního úhelníku o 2 mm a vodorovné stěny o 1,5 mm v celé výšce.
- Chybějící vodorovná strana dolního pasu příčného ztužení.

1.5 Výpočetní pomůcky

1.5.1 Výpočetní programy

Výpočty vnitřních sil byly stanoveny ve výpočtovém modelu SCIA Engineer 19.1.

Zatížitelnost jednotlivých částí je vypočtena jednoduchými programy vytvořenými v tabulkovém procesoru Microsoft Excel.

Kompletní počítačové výpočty jsou archivovány u zpracovatele statického výpočtu.

1.6 Přehled použité norem a literatury

Použité normy

ČSN 73 6203 Zatížení mostů

ČSN EN 1900 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1900 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Změna A1. Příloha A2: Použití pro mosty

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou - Změna Z4

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

ČSN EN 1993-1-5 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-5: Boulání stěn

ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků

ČSN EN 1993-1-9 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-9: Únava

ČSN EN 1993-2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2 : Ocelové mosty

ČSN EN 15528 Železniční aplikace - Traťové třídy zatížení pro určení vztahu mezi dovoleným zatížením infrastruktury a maximálním zatížením vozidly

Použitá literatura

MP SŽDC - 2019 Metodický pokyn SŽDC pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů

1.7 Identifikace autora

autor: Bc. Lucie Zučková
vedoucí EČMO: Ing. Luboš Dejmek

firma:



SŽDC, s.o.
Dlážděná 1003/7
110 00 Praha 1 – Nové Město
IČ: 709 94 234
DIČ: CZ 709 94 234

organizační jednotka: TÚDC
Malletova 10/2363
190 00 Praha 9 – Libeň

kontrolující statik: doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.
autorizovaný inženýr v oboru mosty a inženýrské konstrukce

Podpisy a razítka jsou uvedeny na konci statického výpočtu.

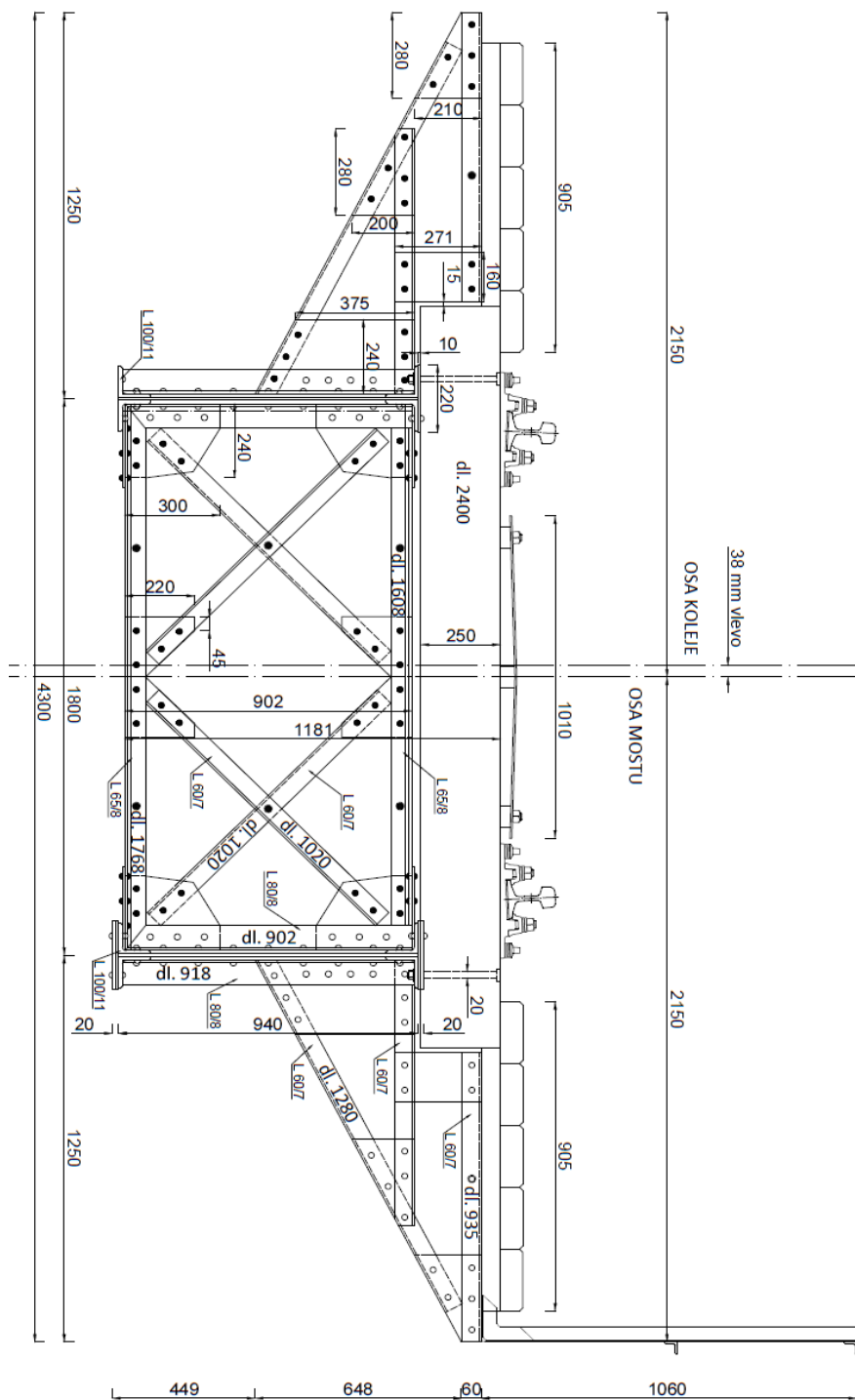
STATICKÝ VÝPOČET

TU **1751** Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

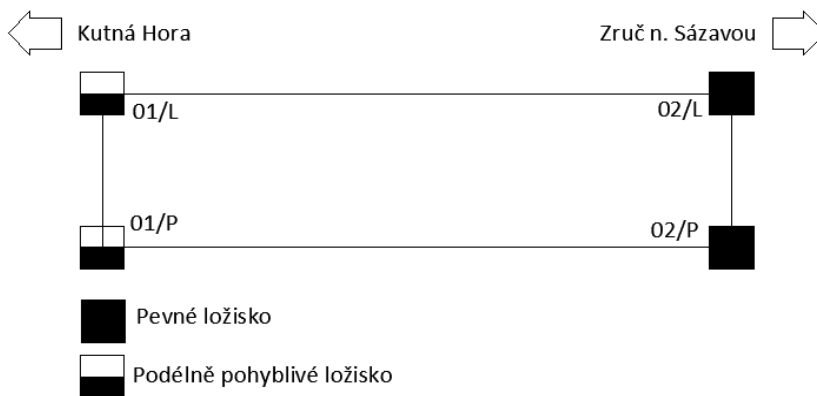
Evd. km **24,778**

2 Grafické přílohy

2.1 Příčný řez objektem

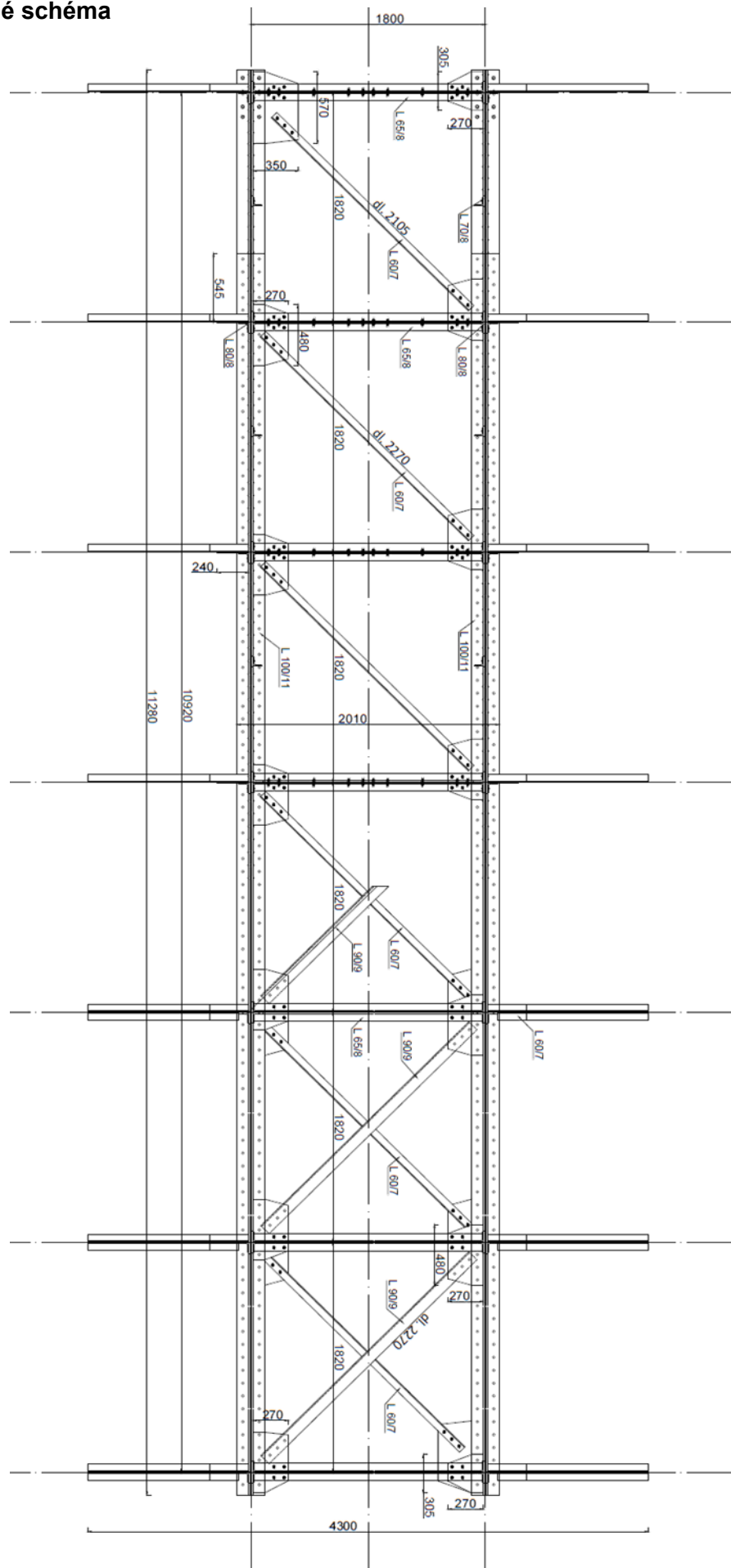


2.2 Schéma ložisek



Evd. km **24,778**

2.4 Půdorysné schéma



2.5 Fotodokumentace



K01 - pohled do konstrukce



K01 - konzole vlevo - směr O01



K01 - podélné ztužení v poli č.4



K01 - příčné ztužení č.4 - směr O01



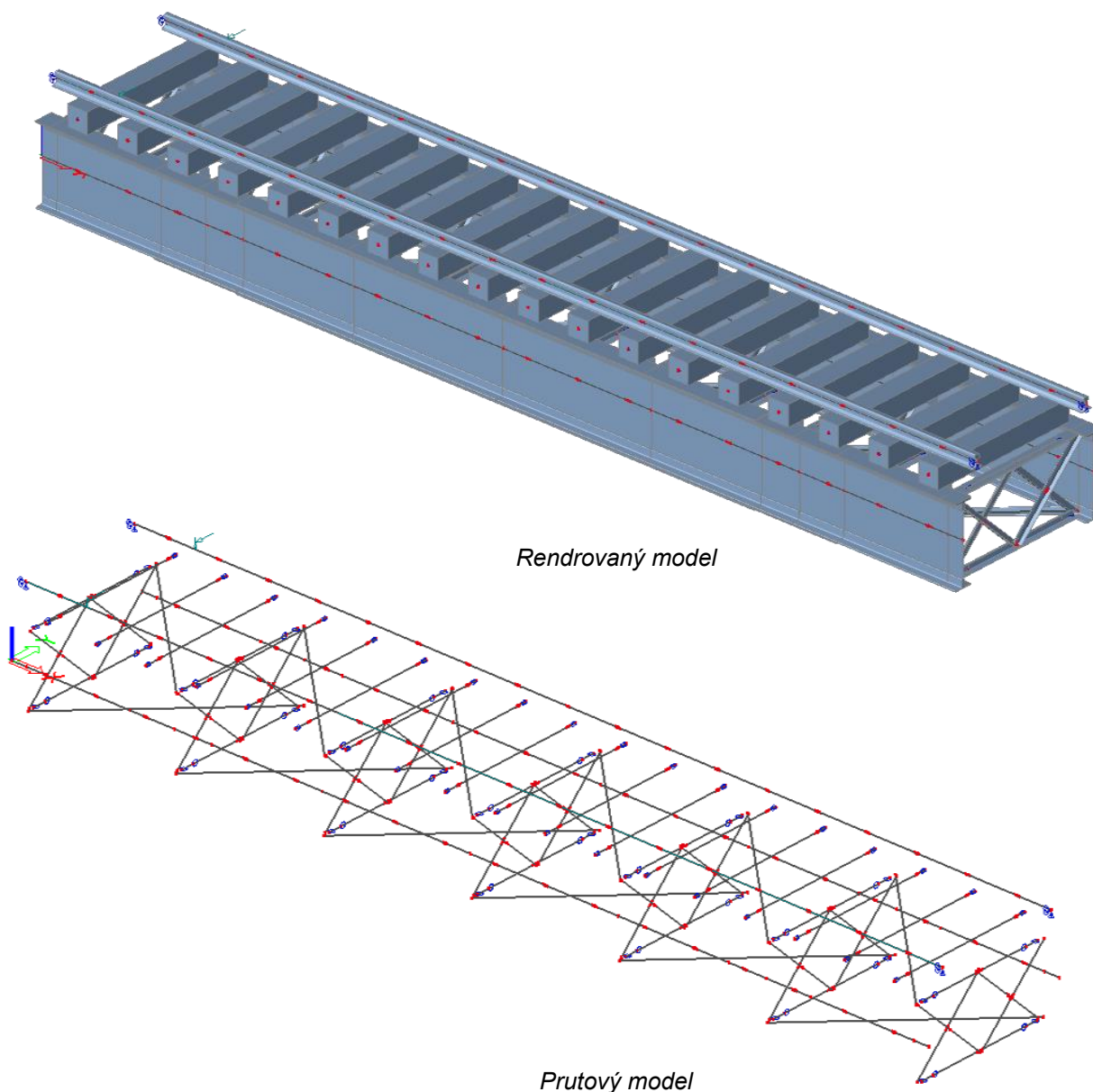
K01 - styčník pravý hlavní nosník / příčné ztužení č.5



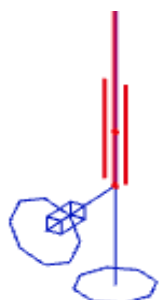
K01 - uložení na O01 vpravo

3 Výpočetní model

Výpočetní model nosné konstrukce mostu byl vytvořen v programu SCIA Engineer 19.1. Jedná se o 3D prutový model, který je tvořen jak nosnou konstrukcí, tak i mostnicemi a kolejnicemi, které s nosnou konstrukcí spolupůsobí.

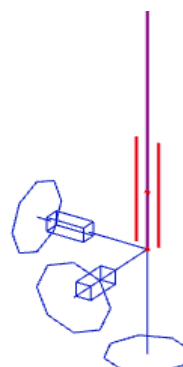


Hlavní nosníky - jsou uloženy na pružných podporách reprezentujících reálné uložení v ložiscích. Na opěře O 01 je pohyblivé ložisko, na opěře O 02 je pevné ložisko.



Opěra O 01

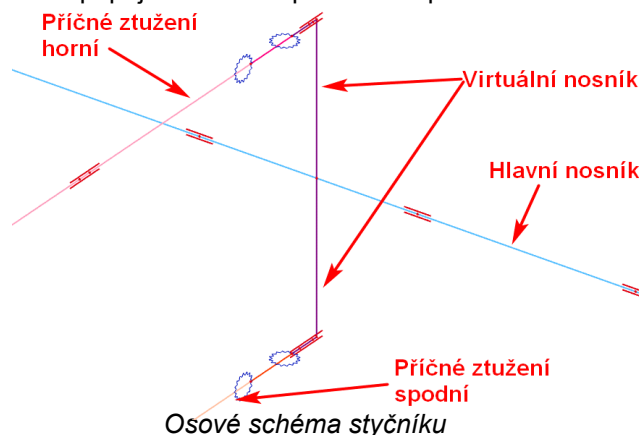
X = volný
Y = pružný
tuhost Y = 60 MN/m
Z = tuhý
Rx = volný
Ry = volný
Rz = volný



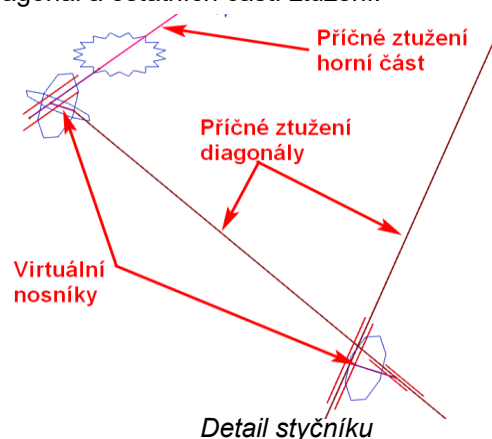
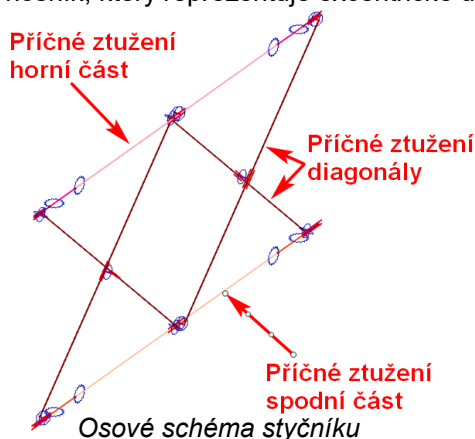
Opěra O 02

X = pružný
tuhost X = 110 MN/m
Y = pružný
tuhost Y = 60 MN/m
Z = tuhý
Rx = volný
Ry = volný
Rz = volný

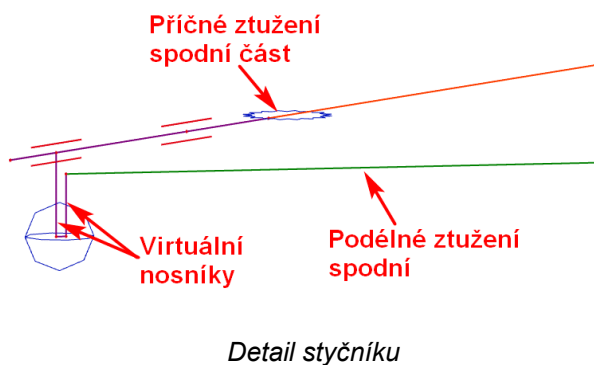
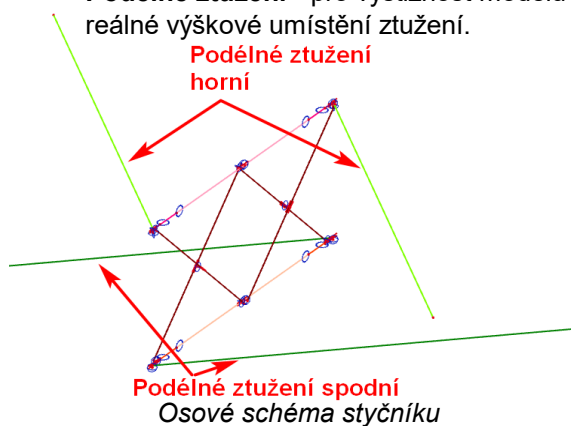
Styčník - příčné ztužení / hlavní nosník - pro výstižnost modelu je použit virtuální pomocný nosník, který reprezentuje styčnickový plech a excentrické umístění příčného ztužení vůči hlavnímu nosníku. Na obrázku je znázorněno připojení horní a spodní části příčného ztužení.



Styčník - propojení částí příčného ztužení - pro výstižnost modelu je použit virtuální pomocný nosník, který reprezentuje excentrické umístění diagonál a ostatních částí ztužení.

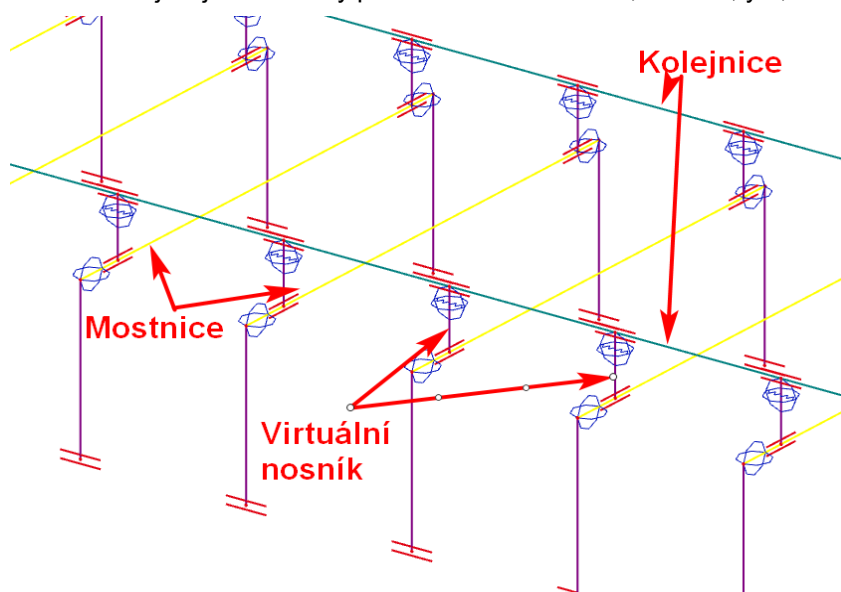


Podélné ztužení - pro výstižnost modelu jsou použity virtuální pomocné nosníky, které zajišťují reálné výškové umístění ztužení.



Upevnění mostnic - mostnice jsou přes virtuální nosníky uloženy na hlavní nosníky. Mostnicím je dovoleno pootočení kolem osy y a z.

Upevnění kolejnic - kolejnice jsou na mostnici upevněné pomocí virtuálních nosníků. Kolejnicím je dovoleno pootočení kolem osy y a z, zároveň je dovolený pružný posun ve směru x s tuhostí 0,85 MN/m. Konce kolejnic jsou uloženy pružně s tuhostmi v x 4,2 MN/m, y 5,0 MN/m a z 1,0 MN/m.



Detail upevnění mostnic a kolejnic

4 Zatížení

4.1 Stálé

Dílčí součinitele účinků stálého zatížení γ_G					
Prvky nebo části mladší než 30 let		Prvky nebo části starší než 30 let			
Ocelové a prefabrikované betonové prvky	Prvky z ostatních materiálů	Ocelové a prefabrikované betonové prvky		Prvky z ostatních materiálů	
		Kontrola měřením rozměrů	Bez kontroly	Kontrola měřením rozměrů	Bez kontroly
1,25	1,3	1,2	1,25	1,25	1,3

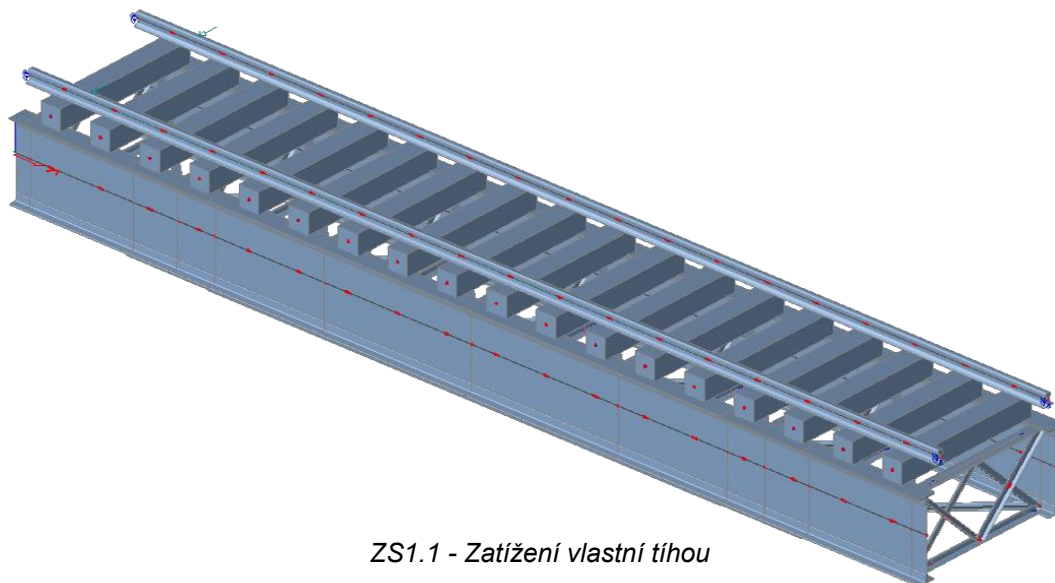
V přepočtu se uvažuje

$\gamma_G = 1,20$

4.1.1 ZS1.1 - Vlastní tíha

Vlastní tíha byla automaticky vygenerována programem Scia Engineer 19.1 a byla navýšena o 20% kvůli spojovacím prvkům, stykovým deskám apod. Jelikož je konstrukce modelována s mostnicemi a kolejnicemi, jejich váha je započítána do vlastní tíhy konstrukce.

Vlastní tíha konstrukce je 87,86 kN.



ZS1.1 - Zatížení vlastní tíhou

4.1.2 ZS1.2 - Ostatní stálé

Jako ostatní stálé zatížení jsou uvažovány chodníkové konzoly, chodníkové nosníky, prvky zábradlí, plechy podlah, vrtule a podkladnice. V modelu je ostatní stálé zatížení reprezentováno bodovými silami.

Krajní konzoly u obou nosníků jsou modelovány jako bodové síly o velikosti 1,08 kN. Prostřední konzoly u obou nosníků jsou modelovány jako bodové síly o velikosti 1,47 kN.

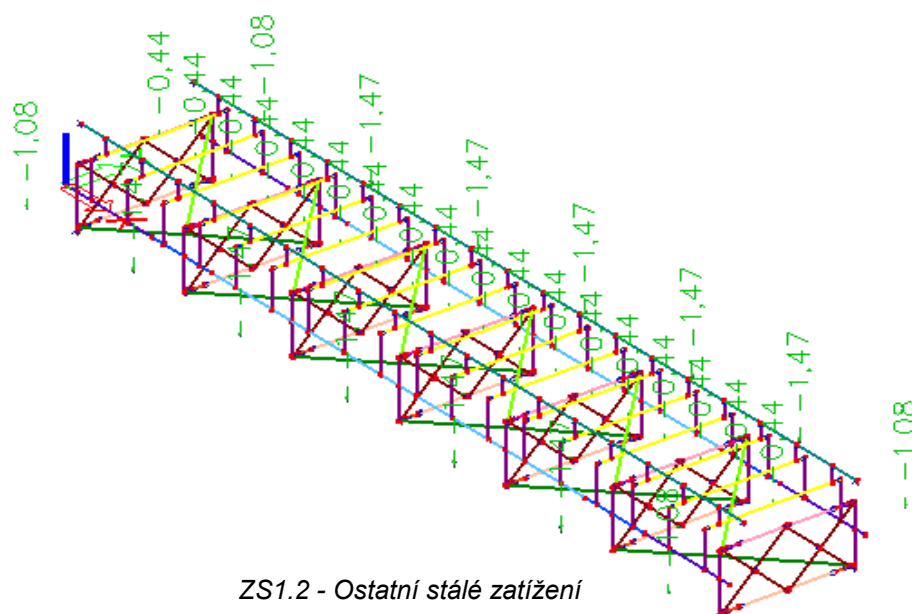
Obě tato zatížení v sobě zahrnují i zatížení od chodníkových nosníků, podlah a veškerých prvků zábradlí.

Středové podlahy, podkladnice a vrtule jsou modelovány jako bodové síly o velikosti 0,44 kN.

Železniční svršek

Na objektu jsou použity tyto prvky:

- Kolejnice S49
- Mostnice dub 240x260



4.2 Proměnné

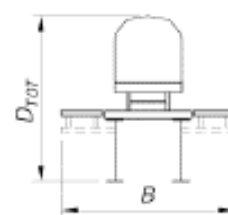
4.2.1 ZS2 - Zatížení větrem

Dílčí součinitel účinků zatížení větrem

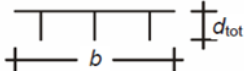
$$\gamma_Q = 1,35 \text{ pro prvky starší 30 let (dle 4.3.30 metodického pokynu)}$$

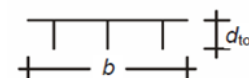
Ve výpočtech byl použit korekční součinitel větru pro zatížení ocelových mostů dle přílohy G Metodického pokynu.

Korekční součinitel pro zatížení ocelových mostů dle přílohy G Metodického pokynu					
Typ konstrukce	Kategorie výšky dopravy	Výška dopravy	Korekční součinitel	Součinitel pro nízké mosty	Výsledný korekční součinitel
7	KVD 2	4,3	0,67	1,05	0,703



Účinky větru

$v_b = 27,50 \text{ m/s}$	základní rychlost větru	
$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$	měrná hmotnost vzduchu	
$b = 4,45 \text{ m}$	šířka konstrukce	
$h_w = 4,00 \text{ m}$	výška vlaku	
$d_{\text{tot}} = 1,40 \text{ m}$	výška konstrukce	
$z_e = 3,42 \text{ m}$	výška konstrukce nad terénem	
$b/d_{\text{tot}} = 0,82$		
$C_{\text{kor},x} = 0,704$	korekční součinitel pro zatížení větrem ve vodorovném směru	
$C_{\text{fx},0} = 1,583$	součinitel síly	
$C_e = 1,285$	součinitel expozice	
$C = 2,034$	součinitel zatížení větrem (součinitel tvaru konstrukce)	
$L = 11,28 \text{ m}$	délka konstrukce	
$e_{w,g} = 2,57 \text{ m}$	rameno působíště zatížení větru na vlak od těžiště hl. n.	
$A_{\text{ref},x} = 15,83 \text{ m}^2$	referenční plocha návětrné strany konstrukce	
$A_{\text{ref},x} = 45,12 \text{ m}^2$	referenční plocha návětrné strany vlaku	



Vodorovné zatížení

$$F_{w,k} = 0,5 \rho v_b^2 C = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

Celkové zatížení od větru.

$$f_{w,k} = F_{w,k} \cdot A_{ref,x} / L = 1,35 \text{ kN/m}$$

Spojité zatížení od větru na konstrukci.

$$f_{w,k} = F_{w,k} \cdot A_{ref,x} / L = 3,85 \text{ kN/m}$$

Spojité zatížení od větru na vlak.

Svislé přetížení

$$s = 1,50 \text{ m}$$

osová vzdálenost kolejnic

$$e_{w,g} = 2,00 \text{ m}$$

rameno působení větru k temenu kolejnice

$$f_{w,v,k} = f_{w,h,k} e_{w,g} / s = 5,13 \text{ kN/m}$$

svislé přetížení od větru působícího na vlak

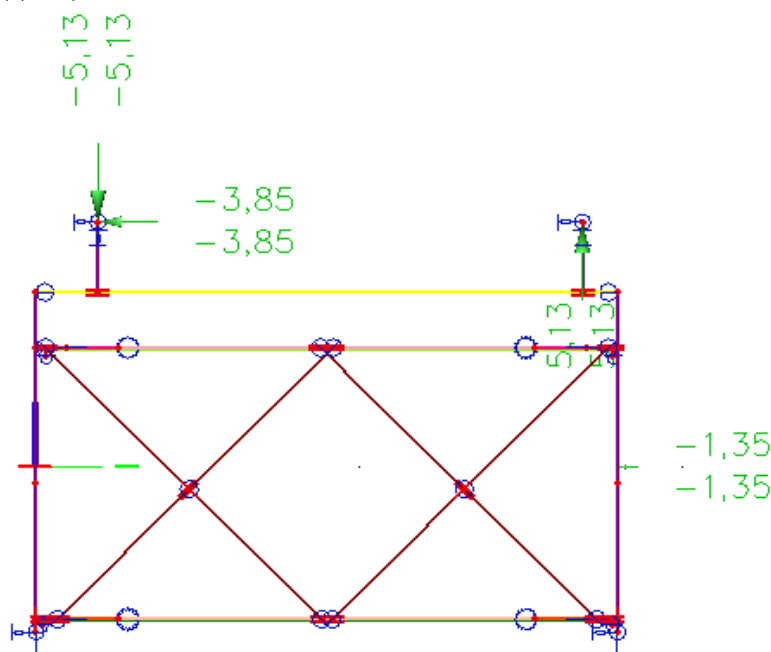


schéma zatížení větrem

4.2.2 ZS3 - Zatížení teplotou

Dílčí součinitel účinků zatížení větrem

$$\gamma_Q = 1,5$$

Zatížení rovnoměrnou teplotou

Typ NK dle ČSN EN 1991-1-5

předpokládaná teplota při osazování

minimální teplota vzduchu ve stínu

maximální teplota vzduchu ve stínu

minimální rovnoměrná složka teploty

maximální rovnoměrná složka teploty

maximální rozsah záporných teplot - charakter.

- návrh

maximální rozsah kladných teplot - charakter.

- návrh

Typ 1

$$T_0 = 10,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{min} = -30,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{max} = 38,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,min} = -33,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,max} = 54,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N,con,k} = -40,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N,con,D} = -60,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N,exp,K} = 44,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N,exp,D} = 64,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Zatížení nerovnoměrnou teplotou - dle ČSN EN 1991-1-5

část konstrukce - horní povrch teplejší než dolní	$\Delta T_{M,heat}$	K_{sur}		Zima	Léto
	[$^{\circ}\text{C}$]		[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]	[$^{\circ}\text{C}$]
hlavní nosník	18,00	0,70	12,60	-47,40	64,10
mostovka	9,00	0,70	6,30	-53,70	57,80
příčné a podélné ztužení	0,00	0,70	0,00	-60,00	51,50

část konstrukce - dolní povrch teplejší než horní	$\Delta T_{M,heat}$	K_{sur}		Zima	Léto
	[°C]		[°C]	[°C]	[°C]
hlavní nosník	0,00	0,90	0,00	-60,00	52,40
mostovka	6,50	0,90	5,85	-54,15	58,25
příčné a podélné ztužení	13,00	0,90	11,70	-48,30	64,10

Současné působení rovnoměrné teploty T_N a nerovnoměrné teploty T_{M+E}

Vychází ze vzájemné kombinace dle ČSN EN 1991-1-5 kap. 6.1.5:

$$\Delta T_{M,heat}(\text{nebo} \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \Delta T_{N,exp}(\text{nebo} \Delta T_{M,con})$$

$$\omega_M \Delta T_{M,heat}(\text{nebo} \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp}(\text{nebo} \Delta T_{M,con})$$

Hlavní nosník na slunečné straně		Hlavní nosník na stinné straně		Svršek		Mostovka		Ztužení	
Zima	Léto	Zima	Léto	Zima	Léto	Zima	Léto	Zima	Léto
[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
-14,00	28,04	-29,00	13,04	-14,00	28,04	-7,70	21,74	-14,00	15,44
-40,00	53,55	-55,00	38,55	-40,00	53,55	-35,28	48,83	-40,00	44,10

4.2.3 Zatížení železniční dopravou

4.2.3.1 Vliv excentricity

Vliv excentricity svislého proměnného zatížení železniční dopravou je zohledněn zaměřením skutečné polohy koleje na mostním objektu. Současně se uvažuje i excentricita svislého proměnného zatížení v důsledku nerovnoměrnosti kolových sil dle 6.3.5 v krajní poloze dle 6.8.1 v ČSN EN 1991-2.

Osa koleje na mostě je vůči ose mostu vedena excentricky. Největší naměřená excentricita na mostě je 38 mm.

$$e_{\text{teor}} = 1500 / 18 = 83,33 \text{ mm}$$

$$e_{\text{skut}} = 38,00 \text{ mm}$$

Vliv excentricity

$$Q = 250 \text{ kN}$$

$$q = 80 \text{ kN}$$

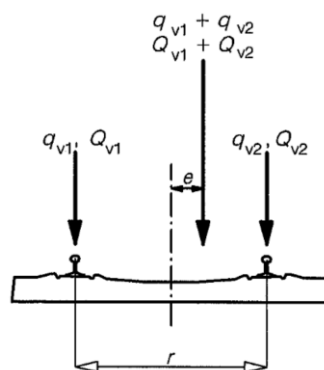
$$r = 1500 \text{ mm}$$

$$e_p = 38,00 \text{ mm}$$

$$e = 83,33 \text{ mm}$$

$$a_p = 1021,33 \text{ mm}$$

$$b_p = 778,67 \text{ mm}$$



$$q_{v1}, q_{v2}, Q_{v1}, Q_{v2} = (1)$$

$$q_{v1} + q_{v2}, Q_{v1} + Q_{v2} = (2)$$

$$\frac{q_{v2}}{q_{v1}}, \frac{Q_{v2}}{Q_{v1}} \leq 1,25$$

$$e \leq \frac{r}{18}$$

$$r = (3)$$

Teoretické hodnoty z podmínky rovnováhy momentů

$$Q_{v1} = 141,85 \text{ kN}$$

$$q_{v1} = 45,39 \text{ kN}$$

$$Q_{v2} = 108,15 \text{ kN}$$

$$q_{v2} = 34,61 \text{ kN}$$

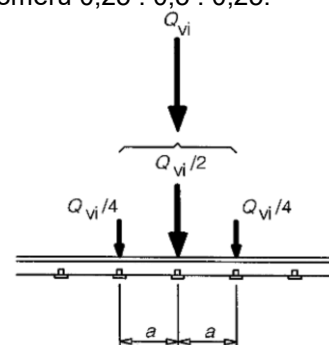
$$\text{poměr} \quad 1,31$$

$$\text{poměr} \quad 1,31$$

4.2.3.2 Kolová síla pro lokální účinky

Osamělé síly od dopravy lze pro případy uvedené v metodickém pokynu odst. 4.3.10, 4.3.22 a obr. 6.4. v ČSN EN 1991-2 rozdělit na tři sousední kolejnicové podpory v poměru 0,25 : 0,5 : 0,25.

Rozdělení je uplatněno pro všechny případy výskytu nápravových sil.



4.2.3.3 ZS4 - Zatížení bočními rázy

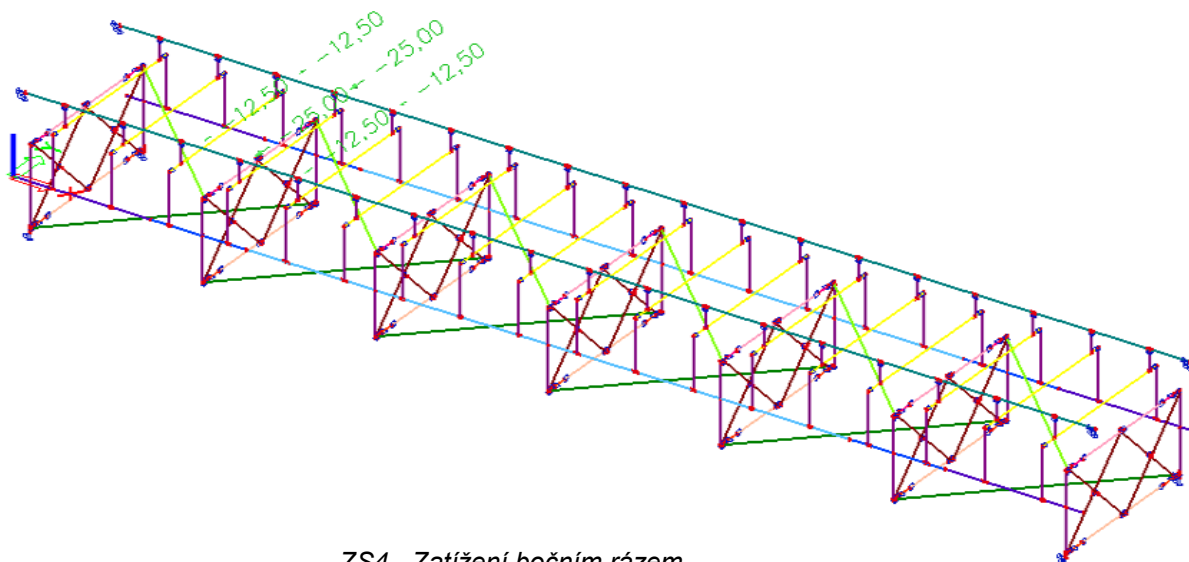
Boční ráz

Zatížení působí vodorovně v úrovni temene kolejnice kolmo na osu koleje, jako osamělá síla.

$Q_{sk} = 100,00 \text{ kN}$	charakteristická hodnota bočního rázu
$\alpha = 1,00$	klasifikační součinitel
$Q_{nt} = 100,00 \text{ kN}$	charakteristická klasifikovaná hodnota bočního rázu

Zatížení bočním rázem se rozdělí na tři kolejnicové podpory dle 4.3.10 metodického pokynu (dle obr. 6.4 v ČSN EN 1991-2). Vzdálenost sil je uvažována dle metodického pokynu 533 mm. Zároveň se předpokládá rozdělení do dvou hlavních nosníků.

$Q_{sk} = 100,00 \text{ kN}$	vodorovná složka bočního rázu
$Q_{sk} / 4 = 100 / 4 = 25 \text{ kN}$	prostřední síla působící na jeden hl. nosník
$Q_{sk} / 8 = 100 / 8 = 12,5 \text{ kN}$	krajní síly působící na jeden hl. nosník
$\gamma_{Qab} = 1,30$	(dle 4.3.13 metodického pokynu)



ZS4 - Zatížení bočním rázem

4.2.3.4 ZS5 - Vliv odstředivých sil

Kolej na mostě se nachází v přímé.

Odstředivé síly na konstrukci nevznikají.

4.2.3.5 ZS6 - Rozjezdové a brzdné síly

Rozjezdové a brzdné síly působí v úrovni temene kolejnice.

Dílčí součinitel účinků zatížení dopravou

$$\gamma_Q = 1,30$$

(dle 4.3.13 / příloha F metodického pokynu)

Rozjezdová síla

$$L_t = 10,92 \text{ m}$$

$$q_{lak} = 33,00 \text{ kN/m koleje}$$

$$\alpha = 1,00$$

$$q_{la,LM,k} = 33,00 \text{ kN/m koleje}$$

$$L_{la,LM} = 30,30 \text{ m}$$

příčinná délka

charakteristické zatížení rozjezdovou silou

klasifikační součinitel

charakteristické klasifikované zatížení - normálová složka

maximální délka zatížení

Brzdná síla

$$q_{lbk} = 20,00 \text{ kN/m koleje}$$

$$\alpha = 1,00$$

$$q_{lb,LM,k} = 20,00 \text{ kN/m koleje}$$

$$L_{lb,LM} = 300,00 \text{ m}$$

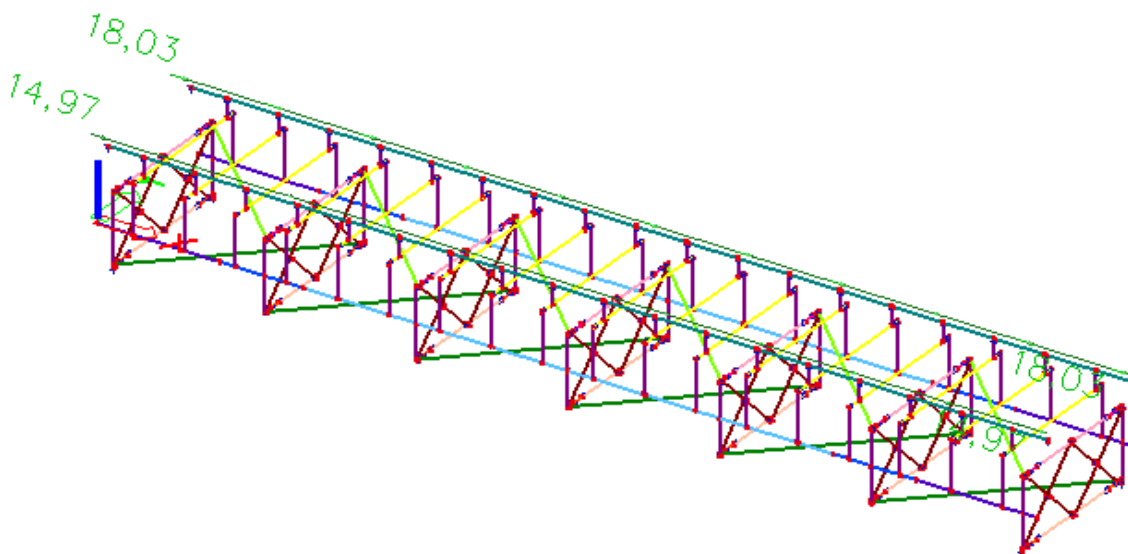
charakteristické zatížení brzdou silou

klasifikační součinitel

charakteristické klasifikované zatížení - normálová složka

maximální délka zatížení

Byla použita rozjezdová síla. Ta se upravila dle velikosti impulzů na 18,03 kN/m a 14,97 kN/m.



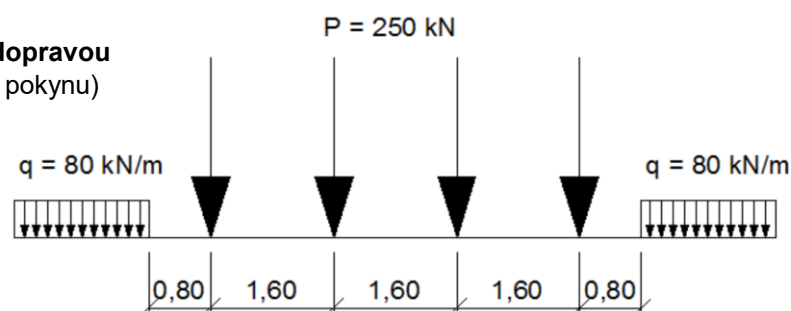
ZS6 - Zatížení rozjezdovými / brzdnými silami

4.2.3.6 ZS7 - Model zatížení 71

Zatížení dle 6.3.2 ČSN EN 1991-2

Dílčí součinitel účinků zatížení dopravou

$\gamma_Q = 1,30$ (dle 4.3.13 metodického pokynu)



STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Stanovení dynamických účinků

Dynamický součinitel

Kvalita jízdní dráhy - standardně udržovaná kolej

=> dyn. součinitel ϕ_3

Hlavní nosník - prostě podepřený nosník

rozpětí ve směru hlavních nosníků

Náhradní délka $L_\phi = 10,92$ m

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,82 = \text{Pečlivě udržovaná}$$

$$\Phi_{\min} = 1,00$$

$$\Phi_{\max} = 1,28$$

$$\phi = 1,28$$

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,73 = \text{Standardně udržovaná}$$

$$\Phi_{\min} = 1,00$$

$$\Phi_{\max} = 1,43$$

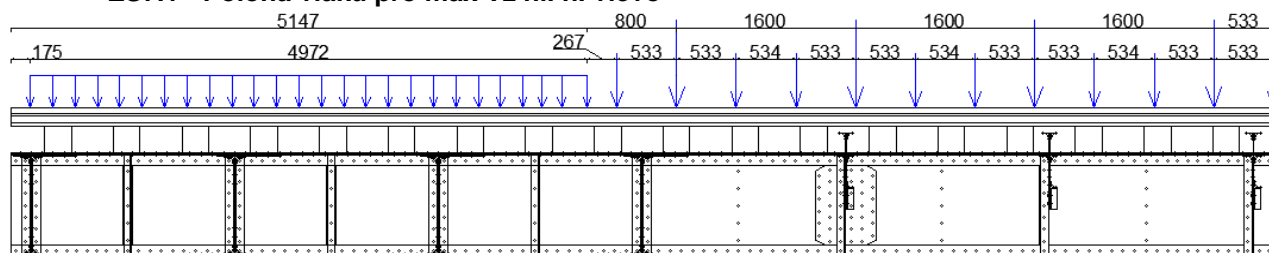
$$\phi = 1,43$$

Náhradní délka $L_\phi = 10,92$ m => $\delta = 1,43$

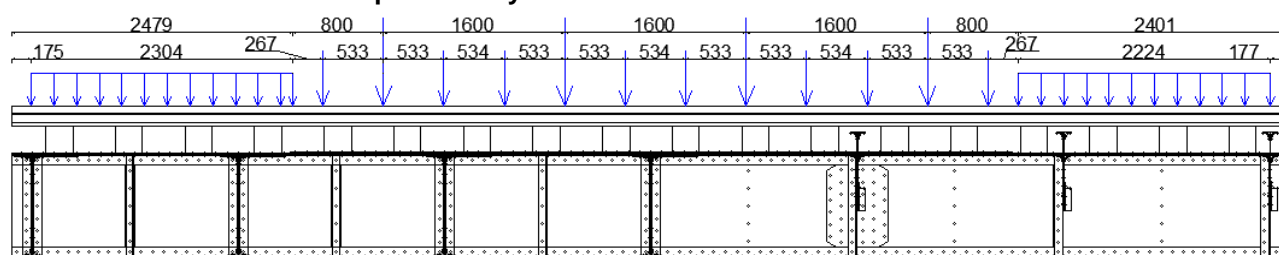
Zatížení modelem LM71

Zatížení od náprav v modelu LM 71 je rozloženo na tři osamělé síly v poměru 0,25 : 0,5 : 0,25.

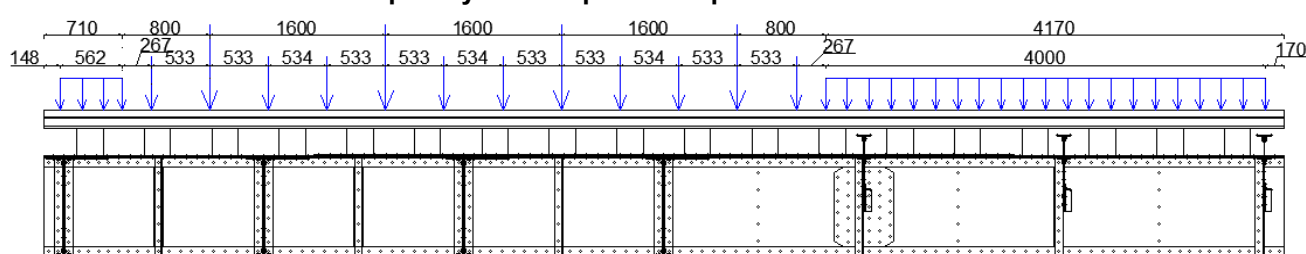
ZS7.1 - Poloha vlaku pro max Vz hl. n. vlevo



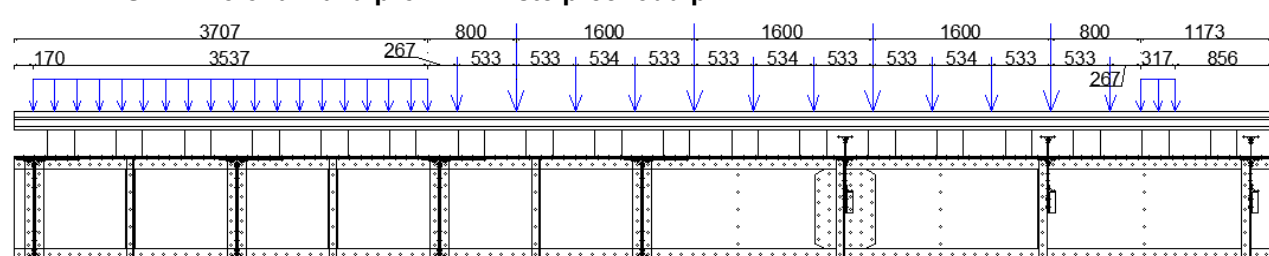
ZS7.2 - Poloha vlaku pro max My hl. n. vlevo



ZS7.3 - Poloha vlaku pro My v místě přechodu pr 1-2



ZS7.4 - Poloha vlaku pro Vz v místě přechodu pr 1-2

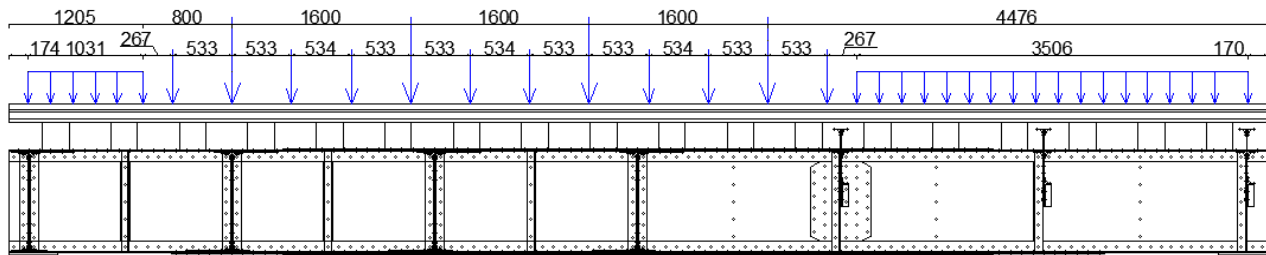


STATICKÝ VÝPOČET

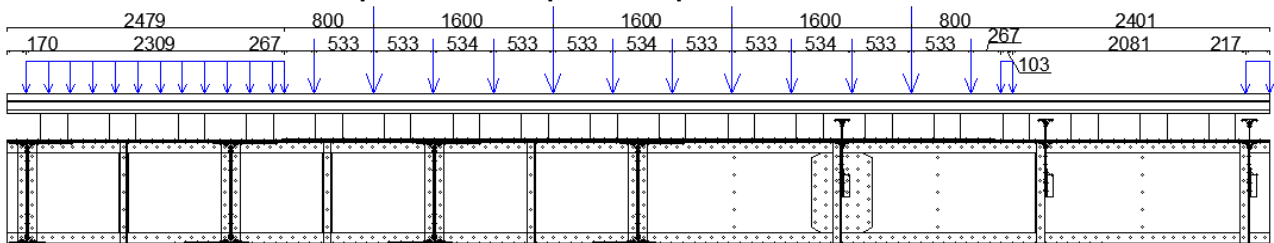
TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km **24,778**

ZS7.5 - Poloha vlaku pro M_y v místě přechodu pr 2-3



ZS7.6 - Poloha vlaku pro V_z v místě přechodu pr 2-3



5 Stanovení zatížitelnosti - MSÚ

Předpoklady výpočtu

Při výpočtu zatížitelnosti bylo postupováno dle metodického pokynu SŽDC a norem v něm odkazovaných.

Materiálové charakteristiky

Rok výroby nosné konstrukce K01 je 1905. Vzhledem k tomu, že nebyla provedena zkouška materiálu, bylo při určení pevnosti postupováno dle A.1.1.1. b) metodického pokynu.

Materiál je uvažován bezpečně jako plávková ocel.

Rok výroby	Materiál pevnostní třídy		Dovolené namáhání σ_{adm} [MPa]	Zaručená mez kluzu f_y [MPa]	Mez pevnosti f_u [MPa]	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}	Norma
do 1894	svárkové železo		130	210	340	1,10	1,20	1,30	
1895-1904	svárkové železo		130	210	340	1,10	1,20	1,30	Nařízení 97/1904
	plávková ocel		140	230	360	1,10	1,20	1,30	
1905-1937	plávková ocel		140	230	360	1,10	1,20	1,30	ČSN 1230
1938-1950	37 (S235)		140	230	360	1,10	1,20	1,30	ČSN 1232
	52 (S355)		195	335	490	1,10	1,25	1,30	
1951-1968	37 (S235)	tloušťka $t \leq 25$ mm	140	230	360	1,10	1,20	1,30	Směrnice pro navrhování mostů, ČSN 73 6202 ČSN 73 6204
		> 25	130	210	340	1,10	1,20	1,30	
	52 (S355)	≤ 16	210	360	510	1,10	1,25	1,30	
		> 17	200	340	490	1,10	1,25	1,30	
1969-1985	37 (S235)	≤ 25		235	360	1,00	1,10	1,25	ČSN 73 6205 ČSN ISO 13822 ČSN EN 10025-2
		> 25		215	360				
	52 (S355)	≤ 50		355	510				
1986-1998	37 (S235)	≤ 25		235	360	1,00	1,10	1,25	
		> 25		215	360				
	52 (S355)	≤ 25		355	510				
		> 25		335	470				
Po roku 1998	S235	≤ 40		235	360	1,00	1,10	1,25	
	S235	$40 < t \leq 80$		215	360				
	S275	≤ 40		275	430				
	S275	$40 < t \leq 80$		255	410				
	S355	≤ 40		355	510				
	S355	$40 < t \leq 80$		335	470				

Zatížitelnost vypočtena pro zatěžovací model LM 71

Dílčí součinitel bezpečnosti $\gamma_G = 1,20$

Dynamický součinitel

Hlavní nosník K01 $\delta = 1,43$

Příčné ztužení $\delta = 1,43$

Kombinace zatížení

Jednotlivá proměnná zatížení železniční dopravou, reprezentovaná modelem LM 71 včetně zatížení bočním rázem, rozjezdovými a brzdnými silami a odstředivou silou pro mostní objekty s kolejí v oblouku, se v přepočtech stávajících mostních objektů považují za skupinové více složkové zatížení železniční dopravou s pravidly tvoření skupin dle tab. 6.11 v ČSN EN 1991-2. Každá z těchto skupin zatížení, vzájemně se vylučujících, představuje jedno charakteristické proměnné zatížení pro kombinaci s nedopravními zatíženími.

Kombinace zatížení současně se vyskytujících spolu se zatížením železniční dopravou se v přepočtech stávajících mostních objektů stanoví dle A2.2.4 v ČSN EN 1990. Součinitelé kombinace zatížení ψ pro trvalé a dočasné situace se určí z tab. A2.3 ČSN EN 1990. V souladu s národní přílohou k ČSN EN 1990 se při výběru kombinačních pravidel z hlediska mezních stavů únosnosti upřednostňuje méně příznivá kombinace z 6.10a nebo 6.10b dle ČSN EN 1990. V mezních stavech použitelnosti se uvažují kombinace zatížení v trvalých a dočasných návrhových situacích dle A.2.4 ČSN EN 1990.

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

Pravidla kombinování účinků zatížení větrem s účinky proměnného zatížení železniční dopravou se uvažují v souladu s ČSN EN 1990. Součinitel kombinace zatížení větrem ψ se bere z tab. A2.3 v ČSN EN 1990.

Globální posouzení konstrukce

Vnitřní síly na jednotlivých prutech byly stanoveny ve výpočtovém programu SCIA Engineer 19.1.

Pro výpočet kombinací a následného posudku byly použity tyto předpoklady:

- mez kluzu materiálu $f_y = 230,00 \text{ MPa}$
- mez pevnosti materiálu $f_u = 360,00 \text{ MPa}$
- dílčí součinitele γ účinků zatížení dle metodického pokynu SŽDC
- součinitelé kombinací dle ČSN EN 1990/A2
- dynamický součinitel pro celou konstrukci dle hl. nosníku - tj. $\delta = 1,43$
- posouzení provedeno dle ČSN EN 1993-1-1, 1993-1-8, 1993-2
- vzpěrné délky a délky pro stanovení součinitele klopení zadány dle 6.3.1 a 6.3.2 v ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-2

Detailní stanovení zatížitelnosti je pro rozhodující profily provedeno ručně dle postupů a norem odkazovaných v metodickém pokynu SŽDC.

5.1 Zatěžovací stavy a kombinace

Zatěžovací stavy

č. zs	Název zatěžovacího stavu
1	Stálé zatížení
1.1	Vlastní tíha
1.2	Ostatní stálé zat.
2	Vítr
2.1	Vítr zleva
2.2	Vítr zprava
2.3	Vítr reduk. zleva
2.4	Vítr reduk. zprava
2.5	Vítr výjimečna zat
2.6	Vítr na konstrukci
2.7	Vítr na vlak
3	Teplota
3.1	Teplota léto oslunění vlevo
3.2	Teplota léto oslunění vpravo
3.3	Teplota zima oslunění vlevo
3.4	Teplota zima oslunění vpravo
4	Boční ráz
4.1	BR hl.n. mVz
4.2	BR hl.n. mMy
4.3	BR hl.n. My pr1-2
4.4	BR hl.n. Vz pr1-2
4.5	BR hl.n. My pr2-3
4.6	BR hl.n. Vz pr2-3
4.7	BR př.zt. spodní N+
4.8	BR př.zt. spodní N-
4.9	BR př.zt. vrchní N+
4.10	BR př.zt. vrchní N-
4.11	BR př.zt. diag. N+
4.12	BR př.zt. diag. N-
4.13	BR po.zt. spodní N+
4.14	BR po.zt. spodní N -
4.15	BR po.zt. vrchní N+
4.16	BR po.zt. vrchní N-
5	Ostřed. síly
6	Rozjezd./Brzd. Síly
6.1	Rozjezd ve směru
6.2	Rozjezd proti směr

č. zs	Název zatěžovacího stavu
7	Vlak LM71
7.1	LM71 hl.n. mVz
7.2	LM71 hl.n. mMy
7.3	LM71 hl.n. My 1-2
7.4	LM71 hl.n. Vz 1-2
7.5	LM71 hl.n. My 2-3
7.6	LM71 hl.n. Vz 2-3
7.7	LM71 př.zt. spodní N+
7.8	LM71 př.zt. spodní N-
7.9	LM71 př.zt. vrchní N+
7.10	LM71 př.zt. vrchní N-
7.11	LM71 př.zt. diag. N+
7.12	LM71 př.zt. diag. N-
7.13	LM71 po.zt. spodní N+
7.14	LM71 po.zt. spodní N -
7.15	LM71 po.zt. vrchní N+
7.16	LM71 po.zt. vrchní N-
8	TTZ C3
8.1	C3 hl.n. P mVz
8.2	C3 hl.n. P mMy
8.3	C3 hl.n. My pr1-2
8.4	C3 hl.n. Vz pr1-2
8.5	C3 hl.n. My pr2-3
8.6	C3 hl.n. Vz pr2-3
8.7	C3 př.zt. spodní N+
8.8	C3 př.zt. spodní N-
8.9	C3 př.zt. vrchní N+
8.10	C3 př.zt. vrchní N-
8.11	C3 př.zt. diag. N+
8.12	C3 př.zt. diag. N-
8.14	C po.zt. spodní N -
8.15	C3 po.zt. vrchní N+
8.16	C3 po.zt. vrchní N-
9.1	Kolej. rošt vl. tíha
9.2	Kolej. příč. odpor
10	Nezatížený vlak

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Součinitele zatížení a kombinace									
zatížení	součinitel zatížení $\gamma_{G/Q}$	ξ/ϕ	Součinitel kombinace			Sestava zatížení			
			ψ_0	ψ_1	ψ_2	GR 11	GR 12	GR13	GR14
Stálé zatížení	1,20	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vítr	1,35	1,00	0,75	0,50	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Teplota	1,50	1,00	0,60	0,60	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
Boční ráz	1,30/1,10*	1,00	0,80	0,80	0,00	0,50	1,00	0,50	1,00
Odstředivá síla	1,30/1,10*	1,00	0,80	0,80	0,00	0,50	1,00	0,50	1,00
Rozjezd/brzdné síly	1,30/1,10*	1,00	0,80	0,80	0,00	1,00	0,50	1,00	0,50
Vlak	1,30/1,10*	1,43	0,80	0,80	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Nezatížený vlak	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Kolej	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

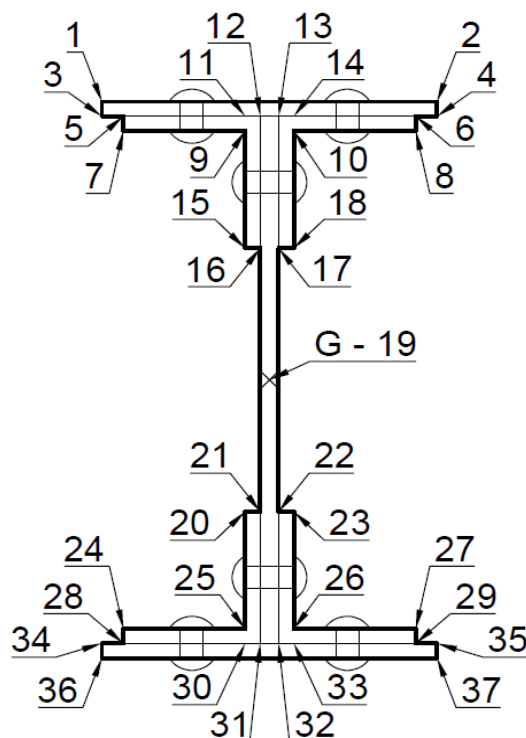
* součinitel $\gamma_Q = 1,10$ je v případě výjimečné zatížitelnosti

Kombinace

Kombinační předpis									
Zatěž. stav	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	ZS9/10	Popis kombinace
	Stále $\gamma_G/\gamma_Q^*\xi$	Vítr $\gamma_{Q,i}^*\psi_{0,i}$	Teplota $\gamma_{Q,i}^*\psi_{0,i}$	Boční ráz $\gamma_{Q,1}^*\psi_{0,i}$	Odstředivé síly $\gamma_{Q,1}^*\psi_{0,i}$	rozjezd./brzd. síly $\gamma_{Q,1}^*\psi_{0,i}$	LM71 $\gamma_{Q,1}^*\psi_{0,i}^*\phi$	nezatížený vlak / kolej	
Komb.č.									
01	1,20	1,01	0,75	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	6.10a
02	1,20	0,68	0,75	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
03	1,20	0,00	0,90	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
04	1,20	0,00	0,90	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
05	1,20	1,01	0,75	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
06	1,20	0,68	0,75	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
07	1,20	0,00	0,90	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
08	1,20	0,00	0,90	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
09	1,20	1,01	0,75	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
10	1,20	0,68	0,75	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
11	1,20	0,00	0,90	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
12	1,20	0,00	0,90	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
13	1,20	1,01	0,75	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	6.10b
14	1,20	0,68	0,75	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
15	1,20	0,00	0,90	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
16	1,20	0,00	0,90	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
17	1,14	1,01	0,90	0,65	0,65	1,30	1,85	0,00	
18	1,14	0,68	0,90	0,65	0,65	1,30	1,85	0,00	
19	1,14	1,01	0,90	1,30	1,30	0,65	1,85	0,00	
20	1,14	0,68	0,90	1,30	1,30	0,65	1,85	0,00	
21	1,14	1,01	0,90	0,65	0,65	1,30	1,85	0,00	
22	1,14	0,68	0,90	0,65	0,65	1,30	1,85	0,00	
23	1,14	1,01	0,90	1,30	1,30	0,65	1,85	0,00	
24	1,14	0,68	0,90	1,30	1,30	0,65	1,85	0,00	
25	1,14	1,35	0,90	1,10	1,10	0,55	1,57	0,00	Výjimečná zat.
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,43	0,00	MSP
27	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,43	0,00	MSP - pohodlí cest.
28	0,95	1,35	0,00	1,30	1,30	0,00	0,00	0,95	překlopení

5.2 Popis vláken průřezu

číslo vlákna	popis vlákna
1	Pásnice horní L
2	Pásnice horní P
3	Pásnice horní L
4	Pásnice horní P
5	Krční úhelník horní L / pásnice
6	Krční úhelník horní P / pásnice
7	Krční úhelník horní L
8	Krční úhelník horní P
9	Krční úhelník horní L
10	Krční úhelník horní P
11	Krční úhelník horní L / pásnice
12	Krční úhelník horní L / pásnice / stojina
13	Krční úhelník horní P / pásnice / stojina
14	Krční úhelník horní P / pásnice
15	Krční úhelník horní L
16	Krční úhelník horní L / stojina
17	Krční úhelník horní P / stojina
18	Krční úhelník horní P
19	Těžiště (stojina)
20	Krční úhelník dolní L
21	Krční úhelník dolní L / stojina
22	Krční úhelník dolní P / stojina
23	Krční úhelník dolní P
24	Krční úhelník dolní L
25	Krční úhelník dolní L
26	Krční úhelník dolní P
27	Krční úhelník dolní P
28	Krční úhelník dolní L / pásnice
29	Krční úhelník dolní P / pásnice
30	Krční úhelník dolní L / pásnice
31	Krční úhelník dolní L / pásnice / stojina
32	Krční úhelník dolní P / pásnice / stojina
33	Krční úhelník dolní P / pásnice
34	Pásnice dolní L
35	Pásnice dolní P
36	Pásnice dolní L
37	Pásnice dolní P



5.3 Levý hlavní nosník K01

5.3.1 Levý hlavní nosník v místě maximální posouvající síly Vz

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

$f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

$\varepsilon = 1,01$

$\gamma_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti

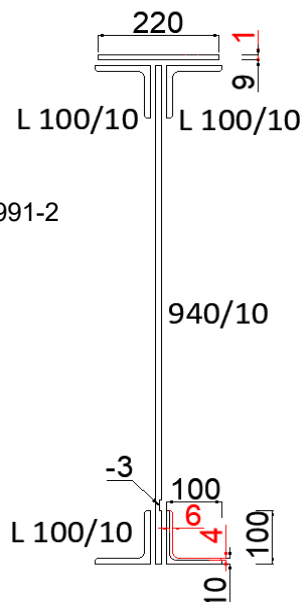
Podmínka pro tažené části.

$$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$1706,88 \text{ kN} < 1539,39 \text{ kN}$$

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



Oslabení krčních úhelníků v dolní části průřezu a horní pásnice.

Geometrické vlastnosti

$L = 10,92 \text{ m}$ rozpětí hlavního nosníku

$L_\phi = 10,92 \text{ m}$ náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2

$\phi = 1,43$ dynamický součinitel

$h = 950,00 \text{ mm}$ výška nosníku

$t_{f,h} = 20,00 \text{ mm}$ tloušťka horní pásnice

$t_{f,d} = 10,00 \text{ mm}$ tloušťka dolní pásnice

$b_{f,h} = 220,00 \text{ mm}$ šířka horní pásnice

$b_{f,d} = 210,00 \text{ mm}$ šířka dolní pásnice

$h_w = 940,00 \text{ mm}$ výška stojiny účinná na smyk

$t = 10,00 \text{ mm}$ tloušťka stojiny

Tř.pr. = 3 třída průřezu

Průřezové charakteristiky

Celkové

$A = 1,720\text{E-}2 \text{ m}^2$

$I_y = 2,122\text{E-}3 \text{ m}^4$

$I_z = 2,089\text{E-}5 \text{ m}^4$

$i_y = 351,3 \text{ mm}$

$i_z = 34,9 \text{ mm}$

$W_{el,y} = -3,723\text{E-}3 \text{ m}^3$

$W_{el,z} = -1,877\text{E-}4 \text{ m}^3$

$W_{pl,y} = 5,752\text{E-}3 \text{ m}^3$

$W_{pl,z} = 3,715\text{E-}4 \text{ m}^3$

$S_y = 2,729\text{E-}3 \text{ m}^3$

Nejvíce namáhané

vlákno č. 19

$A = 1,720\text{E-}2 \text{ m}^2$

$I_y = 2,122\text{E-}3 \text{ m}^4$

$I_z = 2,089\text{E-}5 \text{ m}^4$

$i_y = 351,3 \text{ mm}$

$i_z = 34,9 \text{ mm}$

$W_{el,y} = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$

$W_{el,z} = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$

$W_{pl,y} = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$

$W_{pl,z} = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$

$S_y = 2,729\text{E-}3 \text{ m}^3$

plocha průřezu

moment setrvačnosti

moment setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

elastický průřezový modul

elastický průřezový modul

plastický průřezový modul

plastický průřezový modul

statický moment

Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$

klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2

$\xi = 0,95$

redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle Metodického pokynu SŽDC

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Rozhodující skupina zatížení

GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

ZS	Zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charakteristické vnitřní síly			
						N	V _z	M _y	M _z
						[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	1,41	-20,27	5,70	0,02
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,02	-5,68	1,40	0,00
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	-8,05	-28,93	2,33	0,33
3.1	Teplota léto L	1,50	0,60	1,00	1,00	-50,04	-5,96	-24,80	-0,06
4.1	BR hl.n. mVz	1,30	1,00	1,00	1,00	16,24	-31,54	14,31	1,21
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	-115,17	-15,97	-56,20	-0,08
7.1	LM71 hl.n. mVz	1,30	1,00	1,43	1,00	-15,03	-465,77	106,21	0,10
8.1	C3 hl.n. mVz	1,30	1,00	1,51	1,00	-9,70	-254,16	57,17	0,07

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	V _z	M _y	M _z	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	1,27	23,11	6,50	0,02	-0,07	0,00	0,00	-0,07	2,70	4,67
1.2	0,02	6,48	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	1,31
2.4	-8,15	29,29	2,36	0,33	0,45	0,00	0,00	0,45	3,42	5,94
3.1	-45,04	5,36	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,63	2,73
4.1	0,00	41,00	18,60	1,57	0,00	0,00	0,00	0,00	4,78	8,29
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	-74,86	10,38	0,00	0,00	4,16	0,00	0,00	4,16	1,21	4,66
7.1	-27,86	863,30	196,86	0,19	1,55	0,00	0,00	1,55	100,72	174,45
8.1	-19,01	498,19	112,06	0,14	1,06	0,00	0,00	1,06	58,12	100,68

Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí										
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	V _z	M _y	M _z	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	-126,76	115,62	29,06	1,93	7,04	0,00	0,00	7,04	13,49	27,59
LM71,Ed	-27,86	863,30	196,86	0,19	1,55	0,00	0,00	1,55	100,72	174,45
Celkem	-154,62	978,92	225,91	2,12	8,59	0,00	0,00	8,59	114,21	198,00

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 978,92 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
R _d =	120,72 MPa
τ_{rs} =	13,49 MPa
τ_{LM71} =	100,72 MPa
Z_{LM71} =	1,06

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,784 > 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

KROK 2 - STANOVÉNÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{126760,13}{3762800,00} + \frac{29056,13}{1207649,72} + \frac{1929,93}{42450,87} = 0,103$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{27857,82}{3762800,00} + \frac{196858,23}{1207649,72} + \frac{185,35}{42450,87} = 0,175$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle normálového napětí

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = >5$$

KROK 3 - STANOVÉNÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 1,06$$

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro v = 60 km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	>5	$Z_{LM71} =$	1,06	$Z_{LM71} =$	1,06
$\eta_1 =$	0,28	$\eta_3 =$	0,78	$\eta =$	0,95
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	0,15	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00
$\sigma_{x,My} =$	0,67	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,00
$\sigma_{x,Mz} =$	0,18	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00
$t =$	0,00	$t =$	1,00	$t =$	1,00

Výsledná zatížitelnost

$$Z_{LM71} = 1,06$$

Ověření přechodnosti

Vnitřní síly					
Vlak	Y_f	N	V_z	My	Mz
	-	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	-9,70	-254,16	57,17	0,07
E_{LM71}	1,30	-15,03	-465,77	106,21	0,10
Poměr $\lambda_{C3 / LM71}$		0,65	0,55	0,54	0,70
K_i		0,00	1,00	0,00	0,00

Traťová třída C3
 Rychlost 60 [km/h]
 Dynamický souč. 0,00 LM71
 Dynamický souč. 1,51 TTZ
 $\psi = 1,058$
 $\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$

$$C3: Z_{LM71} > \sum k_i \psi_i \lambda_{C3/LM71,i}$$

$$1,06 > 0,65 \quad \text{Přechodné}$$

5.3.2 Levý hlavní nosník v místě maximálního ohybového momentu M_y

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

$f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

$\epsilon = 1,01$

$\gamma_{M0} = 1,10$

$\gamma_{M1} = 1,20$

$\gamma_{M2} = 1,30$

součinitel spolehlivosti

součinitel spolehlivosti

součinitel spolehlivosti

Geometrické vlastnosti

$L = 10,92 \text{ m}$

rozpětí hlavního nosníku

$L_\phi = 10,92 \text{ m}$

náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2

$\phi = 1,43$

dynamický součinitel

$h = 980,00 \text{ mm}$

výška nosníku

$t_{f,h} = 30,00 \text{ mm}$

tloušťka horní pásnice

$t_{f,d} = 30,00 \text{ mm}$

tloušťka dolní pásnice

$b_{f,h} = 220,00 \text{ mm}$

šířka horní pásnice

$b_{f,d} = 220,00 \text{ mm}$

šířka dolní pásnice

$h_w = 940,00 \text{ mm}$

výška stojiny účinná na smyk

$t = 10,00 \text{ mm}$

tloušťka stojiny

Tř.pr. = 3

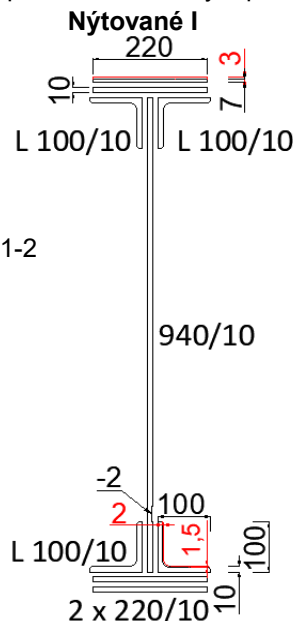
třída průřezu

Podmínka pro tažené části.

$$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$2787,12 \text{ kN} \geq 2626,80 \text{ kN}$$

Není třeba počítat s oslabeným průřezem



Oslabení krčních úhelníků v dolní části průřezu a horní pásnice

Průřezové charakteristiky

Celkové

$A = 2,467E-2 \text{ m}^2$

$I_y = 3,962E-3 \text{ m}^4$

$I_z = 4,772E-5 \text{ m}^4$

$i_y = 400,7 \text{ mm}$

$i_z = 44,0 \text{ mm}$

$W_{el,y} = 8,002E-3 \text{ m}^3$

$W_{el,z} = 4,276E-4 \text{ m}^3$

$W_{pl,y} = 9,653E-3 \text{ m}^3$

$W_{pl,z} = 7,424E-4 \text{ m}^3$

$S_y = 4,069E-3 \text{ m}^3$

Nejvíce namáhané vlákno č. 37

$A = 2,467E-2 \text{ m}^2$

$I_y = 3,962E-3 \text{ m}^4$

$I_z = 4,772E-5 \text{ m}^4$

$i_y = 400,7 \text{ mm}$

$i_z = 44,0 \text{ mm}$

$W_{el,y} = -8,170E-3 \text{ m}^3$

$W_{el,z} = 4,276E-4 \text{ m}^3$

$W_{pl,y} = 9,653E-3 \text{ m}^3$

$W_{pl,z} = 7,424E-4 \text{ m}^3$

$S_y = 0,000E+0 \text{ m}^3$

plocha průřezu

moment setrvačnosti

moment setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

elastický průřezový modul

elastický průřezový modul

plastický průřezový modul

plastický průřezový modul

statický moment

Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$

klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2

$\xi = 0,95$

redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle Metodického pokynu SŽDC

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Rozhodující skupina zatížení

GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

ZS	Zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charakteristické vnitřní síly			
						N	V _z	My	Mz
						[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	2,33	-1,50	58,70	-0,01
1.2	Ostatní stá­le zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,32	-0,96	16,85	0,00
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	31,99	-3,60	56,86	-0,76
3.2	Teplota léto P	1,50	0,60	1,00	1,00	17,09	-0,36	-1,28	1,15
4.2	BR hl.n. mMy	1,30	1,00	1,00	1,00	111,64	-4,09	66,99	-6,20
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,30	1,00	1,00	0,50	63,61	14,26	24,62	-0,06
7.2	LM71 hl.n. mMy	1,30	1,00	1,43	1,00	14,07	-49,10	1136,80	-0,06
8.2	C3 hl.n. mMy	1,30	1,00	1,51	1,00	8,48	-8,94	658,47	-0,09

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	V _z	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	2,66	1,71	66,92	-0,01	-0,11	-8,19	-0,03	-8,33	0,00	8,33
1.2	0,36	1,09	19,21	0,00	-0,01	-2,35	0,00	-2,37	0,00	2,37
2.4	32,39	3,65	57,57	-0,77	-1,31	-7,05	-1,80	-10,16	0,00	10,16
3.2	15,38	0,32	0,00	0,00	-0,62	0,00	0,00	-0,62	0,00	0,62
4.2	145,13	5,32	87,09	-8,06	-5,88	-10,66	-18,85	-35,39	0,00	35,39
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	41,35	0,00	16,00	-0,04	-1,68	-1,96	-0,09	-3,73	0,00	3,73
7.2	26,08	91,01	2107,04	-0,11	-1,06	-257,91	-0,26	-259,22	0,00	259,22
8.2	16,62	17,52	1290,69	-0,18	-0,67	-157,98	-0,41	-159,07	0,00	159,07

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	V _z	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	237,27	12,09	246,79	-8,88	-9,62	-30,21	-20,77	-60,59	0,00	60,59
LM71,Ed	26,08	91,01	2107,04	-0,11	-1,06	-257,91	-0,26	-259,22	0,00	259,22
Celkem	263,35	103,10	2353,83	-8,99	-10,67	-288,11	-21,03	-319,81	0,00	319,81

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 103,10 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
Rd =	120,72 MPa
$\tau_{rs} =$	1,55 MPa
$\tau_{LM71} =$	11,69 MPa
$Z_{LM71} =$	>5

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,083 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

KROK 2 - STANOVĚNÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{-237270,38}{5158272,73} + \frac{246787,75}{-1708225,75} + \frac{-8879,90}{89412,78} = 0,290$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-26078,48}{5158272,73} + \frac{2107037,37}{-1708225,75} + \frac{-111,21}{89412,78} = 1,240$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle normálového napětí

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 0,57$$

KROK 3 - STANOVĚNÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 0,57$$

Jelikož je zatížitelnost menší než 1,0 může se dle metodického pokynu SŽDC redukovat účinky bočních rázů, odstředivých a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem.

	iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normál. σ_x	$\eta_{1,rs}$	0,29	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
	$\eta_{1,LM71}$	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
	Z_{LM71}	0,57	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Srov. σ_e	$\sigma_{e,rs}$	60,59	43,88	46,40	46,02	46,08	46,07	46,07	46,07	46,07	46,07
	$\sigma_{e,LM71}$	259,22	259,22	259,22	259,22	259,22	259,22	259,22	259,22	259,22	259,22
	Z_{LM71}	0,57	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63

Návrhové vnitřní síly					Návrhové napětí					
ZS	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	2,66	1,71	66,92	-0,01	-0,11	-8,19	-0,03	-8,33	0,00	8,33
1.2	0,36	1,09	19,21	0,00	-0,01	-2,35	0,00	-2,37	0,00	2,37
2.4	32,39	3,65	57,57	-0,77	-1,31	-7,05	-1,80	-10,16	0,00	10,16
3.2	15,38	0,32	0,00	0,00	-0,62	0,00	0,00	-0,62	0,00	0,62
4.2	91,27	3,34	54,77	-5,07	-3,70	-6,70	-11,85	-22,26	0,00	22,26
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	26,00	0,00	10,06	-0,02	-1,05	-1,23	-0,06	-2,34	0,00	2,34
7.2	26,08	91,01	2107,04	-0,11	-1,06	-257,91	-0,26	-259,22	0,00	259,22

Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí										
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	168,06	10,12	208,53	-5,87	-6,81	-25,52	-13,74	-46,07	0,00	46,07
LM71,Ed	26,08	91,01	2107,04	-0,11	-1,06	-257,91	-0,26	-259,22	0,00	259,22
Celkem	194,14	101,12	2315,57	-5,99	-7,87	-283,43	-14,00	-305,30	0,00	305,30

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro v = 60 km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	0,63	$Z_{LM71} =$	>5	$Z_{LM71} =$	0,63
$\eta_1 =$	1,46	$\eta_3 =$	0,08	$\eta =$	1,53
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	0,03	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	0,03
$\sigma_{x,My} =$	0,93	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,93
$\sigma_{x,Mz} =$	0,04	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,04
$t =$	0,00	$t =$	1,00	$t =$	0,00

Výsledná zatížitelnost

$Z_{LM71} = 0,63$

Ověření přechodnosti

Vnitřní síly					
Vlak	Y_f	N	Vz	My	Mz
	-	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	8,48	-8,94	658,47	-0,09
E_{LM71}	1,30	14,07	-49,10	1136,80	0,00
Poměr $\lambda_{C3/LM71}$		0,60	0,18	0,58	0
K_i		0,03	0,00	0,93	0,04

Traťová třída C3

Rychlost 60 [km/h]

Dynamický souč. 1,43 LM71

Dynamický souč. 1,51 TTZ

$\psi = 1,058$

$\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$

C3: $Z_{LM71} > \sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{C3/LM71,i}$
0,63 > 0,59 Přechodné

5.3.3 Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 1-2 pro M_y

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

$f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

$\varepsilon = 1,01$

$\gamma_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti

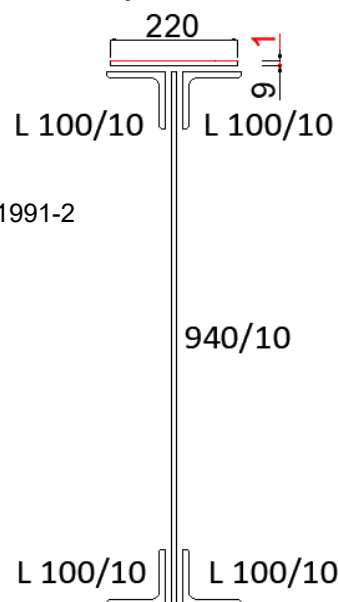
Podmínka pro tažené části.

$$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$2098,53 \text{ kN} \geq 1915,13 \text{ kN}$$

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



Geometrické vlastnosti

$L = 10,92 \text{ m}$ rozpětí hlavního nosníku

$L_\phi = 10,92 \text{ m}$ náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2

$\phi = 1,43$ dynamický součinitel

$h = 950,00 \text{ mm}$ výška nosníku

$t_{f,h} = 20,00 \text{ mm}$ tloušťka horní pásnice

$t_{f,d} = 10,00 \text{ mm}$ tloušťka dolní pásnice

$b_{f,h} = 220,00 \text{ mm}$ šířka horní pásnice

$b_{f,d} = 210,00 \text{ mm}$ šířka dolní pásnice

$h_w = 940,00 \text{ mm}$ výška stojiny účinná na smyk

$t = 10,00 \text{ mm}$ tloušťka stojiny

Tř.pr. = 3 třída průřezu

Průřezové charakteristiky

Oslabení horní pásnice.

Celkové

$A = 1,898\text{E-}2 \text{ m}^2$

$I_y = 2,579\text{E-}3 \text{ m}^4$

$I_z = 2,389\text{E-}5 \text{ m}^4$

$i_y = 368,6 \text{ mm}$

$i_z = 35,5 \text{ mm}$

$W_{el,y} = -4,964\text{E-}3 \text{ m}^3$

$W_{el,z} = -2,172\text{E-}4 \text{ m}^3$

$W_{pl,y} = 6,831\text{E-}3 \text{ m}^3$

$W_{pl,z} = 4,263\text{E-}4 \text{ m}^3$

$S_y = 3,215\text{E-}3 \text{ m}^3$

Nejvíce namáhané vlákno č. 29

$A = 1,898\text{E-}2 \text{ m}^2$

$I_y = 2,579\text{E-}3 \text{ m}^4$

$I_z = 2,389\text{E-}5 \text{ m}^4$

$i_y = 368,6 \text{ mm}$

$i_z = 35,5 \text{ mm}$

$W_{el,y} = -4,964\text{E-}3 \text{ m}^3$

$W_{el,z} = 2,275\text{E-}4 \text{ m}^3$

$W_{pl,y} = 6,831\text{E-}3 \text{ m}^3$

$W_{pl,z} = 4,263\text{E-}4 \text{ m}^3$

$S_y = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$

plocha průřezu

moment setrvačnosti

moment setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

elastický průřezový modul

elastický průřezový modul

plastický průřezový modul

plastický průřezový modul

statický moment

Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$

$\xi = 0,95$

klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2

redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle Metodického pokynu SŽDC

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Rozhodující skupina zatížení

GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

ZS	Zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charakteristické vnitřní síly			
						N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	1,27	17,45	23,90	-0,03
1.2	Ostatní stálo zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,09	5,17	6,76	-0,01
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	21,22	21,74	21,59	-0,74
3.4	Teplota zima P	1,50	0,60	1,00	1,00	3,88	-0,99	-2,30	0,47
4.3	BR hl.n. My pr1-2	1,30	1,00	1,00	1,00	38,58	24,20	16,96	-6,32
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,30	1,00	1,00	0,50	12,84	13,90	6,57	0,00
7.3	LM71 hl.n. My 1-2	1,30	1,00	1,43	1,00	16,90	342,21	474,25	-0,51
8.3	C3 hl.n. My pr1-2	1,30	1,00	1,51	1,00	10,40	213,15	298,30	-0,30

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
1.1	1,45	19,89	27,25	-0,03	-0,08	-5,49	-0,15	-5,72	0,00	5,72
1.2	0,10	5,89	7,71	-0,01	-0,01	-1,55	-0,05	-1,61	0,00	1,61
2.4	21,49	22,01	21,86	-0,75	-1,13	-4,40	-3,29	-8,83	0,00	8,83
3.4	3,49	0,00	0,00	0,00	-0,18	0,00	0,00	-0,18	0,00	0,18
4.3	50,15	31,46	22,05	-8,22	-2,64	-4,44	-36,11	-43,20	0,00	43,20
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	8,35	9,04	4,27	0,00	-0,44	-0,86	0,00	-1,30	0,00	1,30
7.3	31,32	634,28	879,01	-0,95	-1,65	-177,08	-4,16	-182,88	0,00	182,88
8.3	20,39	417,80	584,71	-0,59	-1,07	-117,79	-2,58	-121,45	0,00	121,45

Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí										
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
rs,Ed	85,03	88,29	83,13	-9,01	-4,48	-16,75	-39,61	-60,83	0,00	60,83
LM71,Ed	31,32	634,28	879,01	-0,95	-1,65	-177,08	-4,16	-182,88	0,00	182,88
Celkem	116,35	722,57	962,14	-9,96	-6,13	-193,82	-43,76	-243,71	0,00	243,71

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 722,57 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
R _d =	120,72 MPa
τ_{rs} =	11,01 MPa
τ_{LM71} =	79,06 MPa
Z_{LM71} =	1,39

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,579 > 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

KROK 2 - STANOVĚNÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{-85027,65}{3968545,45} + \frac{83130,78}{-1037940,87} + \frac{-9010,85}{47568,51} = 0,291$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-31323,83}{3968545,45} + \frac{879013,43}{-1037940,87} + \frac{-945,28}{47568,51} = 0,875$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle normálového napětí

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 0,81$$

KROK 3 - STANOVĚNÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 0,81$$

Jelikož je zatížitelnost menší než 1,0 může se dle metodického pokynu SŽDC redukovat účinky bočních rázů, odstředivých a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem.

	iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normál. σ_x	$\eta_{1,rs}$	0,29	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
	$\eta_{1,LM71}$	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
	Z_{LM71}	0,81	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Srov. σ_e	$\sigma_{e,rs}$	60,83	52,41	54,46	53,96	54,08	54,05	54,06	54,06	54,06	54,06
	$\sigma_{e,LM71}$	182,88	182,88	182,88	182,88	182,88	182,88	182,88	182,88	182,88	182,88
	Z_{LM71}	0,81	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	1,45	19,89	27,25	-0,03	-0,08	-5,49	-0,15	-5,72	0,00	5,72
1.2	0,10	5,89	7,71	-0,01	-0,01	-1,55	-0,05	-1,61	0,00	1,61
2.4	21,49	22,01	21,86	-0,75	-1,13	-4,40	-3,29	-8,83	0,00	8,83
3.4	3,49	0,00	0,00	0,00	-0,18	0,00	0,00	-0,18	0,00	0,18
4.3	42,52	26,67	18,69	-6,96	-2,24	-3,77	-30,61	-36,62	0,00	36,62
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	7,08	7,66	3,62	0,00	-0,37	-0,73	0,00	-1,10	0,00	1,10
7.3	31,32	634,28	879,01	-0,95	-1,65	-177,08	-4,16	-182,88	0,00	182,88

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	76,12	82,13	79,12	-7,76	-4,01	-15,94	-34,11	-54,06	0,00	54,06
LM71,Ed	31,32	634,28	879,01	-0,95	-1,65	-177,08	-4,16	-182,88	0,00	182,88
Celkem	107,44	716,41	958,14	-8,71	-5,66	-193,01	-38,26	-236,94	0,00	236,94

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro $v = 60$ km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	0,85	$Z_{LM71} =$	1,39	$Z_{LM71} =$	0,85
$\eta_1 =$	1,13	$\eta_3 =$	0,58	$\eta =$	1,17
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	0,02	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	0,02
$\sigma_{x,My} =$	0,84	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,84
$\sigma_{x,Mz} =$	0,14	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,14
$t =$	0,00	$t =$	1,00	$t =$	0,00

Výsledná zatížitelnost

$Z_{LM71} = 0,85$

Ověření přechodnosti

Vnitřní síly					
Vlak	Y_f	N	Vz	My	Mz
	-	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	10,40	213,15	298,30	-0,30
E_{LM71}	1,30	16,90	342,21	474,25	-0,51
Poměr $\lambda_{C3/LM71}$		0,62	0,62	0,63	0,59
K_i		0,02	0,00	0,84	0,14

Traťová třída C3

Rychlost 60 [km/h]

Dynamický souč. 1,43 LM71

Dynamický souč. 1,51 TTZ

$\psi = 1,058$

$\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$

C3: $Z_{LM71} > \sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{C3/LM71,i}$
0,85 > 0,66 Přechodné

5.3.4 Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 1-2 pro Vz

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

$f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

$\varepsilon = 1,01$

$Y_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

$Y_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

$Y_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti

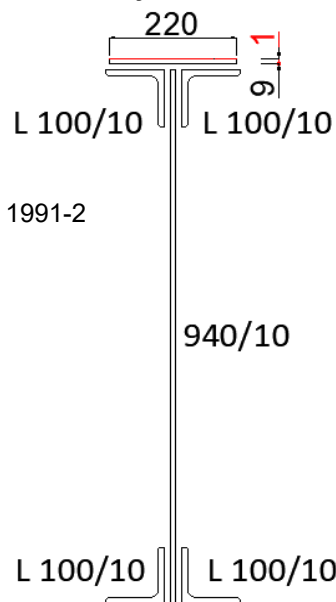
Podmínka pro tažené části.

$$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{Y_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{Y_{M0}}$$

$$2015,96 \text{ kN} \geq 1842,58 \text{ kN}$$

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



Geometrické vlastnosti

$L = 10,92 \text{ m}$ rozpětí hlavního nosníku

$L_\phi = 10,92 \text{ m}$ náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2

$\phi = 1,43$ dynamický součinitel

$h = 950,00 \text{ mm}$ výška nosníku

$t_{f,h} = 20,00 \text{ mm}$ tloušťka horní pásnice

$t_{f,d} = 10,00 \text{ mm}$ tloušťka dolní pásnice

$b_{f,h} = 220,00 \text{ mm}$ šířka horní pásnice

$b_{f,d} = 210,00 \text{ mm}$ šířka dolní pásnice

$h_w = 940,00 \text{ mm}$ výška stojiny účinná na smyk

$t = 10,00 \text{ mm}$ tloušťka stojiny

Tř.pr. = 3 třída průřezu

Průřezové charakteristiky

Oslabení horní pásnice.

Celkové

$A = 1,898\text{E-}2 \text{ m}^2$

$I_y = 2,579\text{E-}3 \text{ m}^4$

$I_z = 2,389\text{E-}5 \text{ m}^4$

$i_y = 368,6 \text{ mm}$

$i_z = 35,5 \text{ mm}$

$W_{el,y} = -4,964\text{E-}3 \text{ m}^3$

$W_{el,z} = -2,172\text{E-}4 \text{ m}^3$

$W_{pl,y} = 6,831\text{E-}3 \text{ m}^3$

$W_{pl,z} = 4,263\text{E-}4 \text{ m}^3$

$S_y = 3,215\text{E-}3 \text{ m}^3$

Nejvíce namáhané vlákno č. 29

$A = 1,898\text{E-}2 \text{ m}^2$

$I_y = 2,579\text{E-}3 \text{ m}^4$

$I_z = 2,389\text{E-}5 \text{ m}^4$

$i_y = 368,6 \text{ mm}$

$i_z = 35,5 \text{ mm}$

$W_{el,y} = -4,964\text{E-}3 \text{ m}^3$

$W_{el,z} = 2,275\text{E-}4 \text{ m}^3$

$W_{pl,y} = 6,831\text{E-}3 \text{ m}^3$

$W_{pl,z} = 4,263\text{E-}4 \text{ m}^3$

$S_y = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$

plocha průřezu

moment setrvačnosti

moment setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

elastický průřezový modul

elastický průřezový modul

plastický průřezový modul

plastický průřezový modul

statický moment

Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$

$\xi = 0,95$

klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2

redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle
Metodického pokynu SŽDC

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Rozhodující skupina zatížení

GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

ZS	Zatížení	V_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charakteristické vnitřní síly			
						N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	1,83	-16,62	23,75	0,03
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,15	-5,19	6,77	0,01
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	-7,81	-22,96	27,20	-0,73
3.1	Teplota léto L	1,50	0,60	1,00	1,00	-48,15	-4,78	-18,58	-0,60
4.4	BR hl.n. Vz pr1-2	1,30	1,00	1,00	1,00	16,66	-29,58	43,34	-5,64
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	-101,32	-14,40	-46,79	0,10
7.4	LM71 hl.n. Vz 1-2	1,30	1,00	1,43	1,00	-8,68	-357,00	463,35	0,55
8.4	C3 hl.n. Vz pr1-2	1,30	1,00	1,51	1,00	-4,81	-225,39	288,48	0,34

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
1.1	1,65	18,95	27,08	0,03	-0,09	-5,45	0,12	-5,42	0,00	5,42
1.2	0,14	5,92	7,72	0,01	-0,01	-1,55	0,04	-1,52	0,00	1,52
2.4	-7,91	23,25	27,54	-0,74	0,42	-5,55	-3,25	-8,38	0,00	8,38
3.1	-43,34	4,30	0,00	-0,54	2,28	0,00	-2,37	-0,09	0,00	0,09
4.4	0,00	38,45	56,34	-7,33	0,00	-11,35	-32,23	-43,58	0,00	43,58
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	-65,86	9,36	0,00	0,00	3,47	0,00	0,00	3,47	0,00	3,47
7.4	-16,09	661,69	858,81	0,00	0,85	-173,01	0,00	-172,16	0,00	172,16
8.4	-9,43	441,80	565,46	0,67	0,50	-113,91	2,93	-110,48	0,00	110,48

Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí										
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
rs,Ed	-115,32	100,23	118,67	-8,58	6,08	-23,91	-37,69	-55,52	0,00	62,46
LM71,Ed	-16,09	661,69	858,81	0,00	0,85	-173,01	0,00	-172,16	0,00	172,16
Celkem	-131,41	761,92	977,49	-8,58	6,92	-196,91	-37,69	-227,68	0,00	227,68

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 761,92 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
R _d =	120,72 MPa
τ_{rs} =	12,49 MPa
τ_{LM71} =	82,48 MPa
Z_{LM71} =	1,31

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,61 > 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

KROK 2 - STANOVĚNÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{115318,63}{3968545,45} + \frac{118674,80}{-1037940,87} + \frac{-8575,13}{47568,51} = 0,266$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{16088,22}{3968545,45} + \frac{858810,49}{-1037940,87} + \frac{0,00}{47568,51} = 0,823$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle normálového napětí

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 0,89$$

KROK 3 - STANOVĚNÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 0,89$$

Jelikož je zatížitelnost menší než 1,0 může se dle metodického pokynu SŽDC redukovat účinky bočních rázů, odstředivých a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem.

iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normál. σ_x	$\eta_{1,rs}$	0,27	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	$\eta_{1,LM71}$	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
	Z_{LM71}	0,89	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Srov. σ_e	$\sigma_{e,rs}$	55,52	51,19	52,20	51,97	52,02	52,01	52,01	52,01	52,01
	$\sigma_{e,LM71}$	172,16	172,16	172,16	172,16	172,16	172,16	172,16	172,16	172,16
	Z_{LM71}	0,89	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	1,65	18,95	27,08	0,03	-0,09	-5,45	0,12	-5,42	0,00	5,42
1.2	0,14	5,92	7,72	0,01	-0,01	-1,55	0,04	-1,52	0,00	1,52
2.4	-7,91	23,25	27,54	-0,74	0,42	-5,55	-3,25	-8,38	0,00	8,38
3.1	-43,34	4,30	0,00	-0,54	2,28	0,00	-2,37	-0,09	0,00	0,09
4.4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	-60,09	8,54	0,00	0,00	3,17	0,00	0,00	3,17	0,00	3,17
6.1	-14,68	603,74	783,59	0,00	0,77	-157,85	0,00	-157,08	0,00	157,08
7.4	-16,09	661,69	858,81	0,00	0,85	-173,01	0,00	-172,16	0,00	172,16

Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí										
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	-124,23	664,69	845,93	-1,24	6,55	-170,41	-5,46	-169,33	0,00	169,33
LM71,Ed	-16,09	661,69	858,81	0,00	0,85	-173,01	0,00	-172,16	0,00	172,16
Celkem	-140,32	1326,39	1704,74	-1,24	7,39	-343,42	-5,46	-341,49	0,00	341,49

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro v = 60 km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	0,91	$Z_{LM71} =$	1,31	$Z_{LM71} =$	0,91
$\eta_1 =$	1,07	$\eta_3 =$	0,61	$\eta =$	1,09
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	-0,03	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	-0,03
$\sigma_{x,My} =$	0,89	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,89
$\sigma_{x,Mz} =$	0,14	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,14
$t =$	0,00	$t =$	1,00	$t =$	0,00

Výsledná zatížitelnost

$Z_{LM71} = 0,91$

Ověření přechodnosti

Vnitřní síly					
Vlak	Y_f	N	V_z	My	Mz
	-	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	-4,81	-225,39	288,48	0,34
E_{LM71}	1,30	-8,68	-357,00	463,35	0,55
Poměr $\lambda_{C3 / LM71}$		0,55	0,63	0,62	0,62
K_i		-0,03	0,00	0,89	0,14

Traťová třída C3

Rychlost 60 [km/h]

Dynamický souč. 1,43 LM71

Dynamický souč. 1,51 TTZ

$\psi = 1,058$

$\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$

$$C3: Z_{LM71} > \sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{C3/LM71,i}$$

$$0,91 > 0,66 \quad \text{Přechodné}$$

5.3.5 Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 2-3 pro M_y

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00$ MPa mez kluzu

$f_u = 360,00$ MPa mez pevnosti

$\epsilon = 1,01$

$Y_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

$Y_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

$Y_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti

Geometrické vlastnosti

$L = 10,92$ m rozpětí hlavního nosníku

$L_\phi = 10,92$ m náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2

$\phi = 1,43$ dynamický součinitel

$h = 960,00$ mm výška nosníku

$t_{f,h} = 20,00$ mm tloušťka horní pásnice

$t_{f,d} = 20,00$ mm tloušťka dolní pásnice

$b_{f,h} = 220,00$ mm šířka horní pásnice

$b_{f,d} = 220,00$ mm šířka dolní pásnice

$h_w = 940,00$ mm výška stojiny účinná na smyk

$t = 10,00$ mm tloušťka stojiny

Tř.pr. = 3 třída průřezu

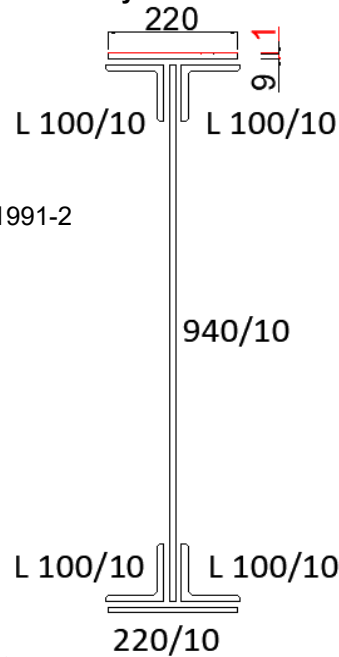
Podmínka pro tažené části.

$$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{Y_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{Y_{M0}}$$

$$2339,69 \text{ kN} \geq 2189,36 \text{ kN}$$

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



Průřezové charakteristiky

Celkové

$A = 2,118E-2$ m²

$I_y = 3,121E-3$ m⁴

$I_z = 2,971E-5$ m⁴

$i_y = 383,9$ mm

$i_z = 39,3$ mm

$W_{el,y} = 6,436E-3$ m³

$W_{el,z} = -2,978E-4$ m³

$W_{pl,y} = 7,997E-3$ m³

$W_{pl,z} = 5,473E-4$ m³

$S_y = 3,450E-3$ m³

Nejvíce namáhané vlákno č. 1

$A = 2,118E-2$ m²

$I_y = 3,121E-3$ m⁴

$I_z = 3,276E-5$ m⁴

$i_y = 383,9$ mm

$i_z = 39,3$ mm

$W_{el,y} = 6,436E-3$ m³

$W_{el,z} = -2,978E-4$ m³

$W_{pl,y} = 7,997E-3$ m³

$W_{pl,z} = 5,473E-4$ m³

$S_y = 0,000E+0$ m³

plocha průřezu

moment setrvačnosti

moment setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

elastický průřezový modul

elastický průřezový modul

plastický průřezový modul

plastický průřezový modul

statický moment

Ostatní součinitele

$\alpha = 1,00$

$\xi = 0,95$

klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2

redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle
Metodického pokynu SŽDC

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Rozhodující skupina zatížení

GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

ZS	Zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charakteristické vnitřní síly			
						N	Vz	My	Mz
						[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	1,77	13,18	38,34	-0,06
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,19	3,30	11,02	-0,01
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	36,16	14,35	34,30	-0,73
3.4	Teplota zima P	1,50	0,60	1,00	1,00	9,43	-0,58	-2,74	0,84
4.5	BR hl.n. My pr2-3	1,30	1,00	1,00	1,00	67,77	-0,96	42,31	-5,95
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,30	1,00	1,00	0,50	24,97	14,20	9,34	-0,03
7.5	LM71 hl.n. My 2-3	1,30	1,00	1,43	1,00	19,67	239,04	751,88	-0,98
8.5	C3 hl.n. My pr2-3	1,30	1,00	1,51	1,00	12,02	137,20	464,10	-0,58

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	2,02	15,03	43,71	-0,07	-0,10	6,79	0,23	6,93	0,00	6,93
1.2	0,22	3,76	12,56	-0,01	-0,01	1,95	0,04	1,98	0,00	1,98
2.4	36,61	14,53	34,73	-0,74	-1,73	5,40	2,48	6,15	0,00	6,15
3.4	8,49	0,00	0,00	0,00	-0,40	0,00	0,00	-0,40	0,00	0,40
4.5	88,10	0,00	55,00	-7,74	-4,16	8,55	25,97	30,36	0,00	30,36
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	16,23	9,23	6,07	-0,02	-0,77	0,94	0,07	0,24	0,00	0,24
7.5	36,46	443,06	1393,60	-1,82	-1,72	216,54	6,10	220,92	0,00	220,92
8.5	23,56	268,93	909,70	-1,14	-1,11	141,35	3,82	144,06	0,00	144,06

Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí										
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	151,66	42,55	152,07	-8,57	-7,16	23,63	28,79	45,26	0,00	46,06
LM71,Ed	36,46	443,06	1393,60	-1,82	-1,72	216,54	6,10	220,92	0,00	220,92
Celkem	188,12	485,60	1545,67	-10,39	-8,88	240,17	34,89	266,17	0,00	266,17

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 485,60 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
Rd =	120,72 MPa
$\tau_{rs} =$	4,70 MPa
$\tau_{LM71} =$	48,97 MPa
$Z_{LM71} =$	2,37

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,389 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

KROK 2 - STANOVĚNÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{-151664,90}{4428545,45} + \frac{152073,15}{1345653,06} + \frac{-8573,43}{-62272,98} = 0,216$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-36457,97}{4428545,45} + \frac{1393595,40}{1345653,06} + \frac{-1816,41}{-62272,98} = 1,057$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle normálového napětí

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 0,74$$

KROK 3 - STANOVĚNÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 0,74$$

Jelikož je zatížitelnost menší než 1,0 může se dle metodického pokynu SŽDC redukovat účinky bočních rázů, odstředivých a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem.

	iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normál. σ_x	$\eta_{1,rs}$	0,22	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
	$\eta_{1,LM71}$	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
	Z_{LM71}	0,74	0,78	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Srov. σ_e	$\sigma_{e,rs}$	45,26	37,35	38,44	38,29	38,31	38,31	38,31	38,31	38,31	38,31
	$\sigma_{e,LM71}$	220,92	220,92	220,92	220,92	220,92	220,92	220,92	220,92	220,92	220,92
	Z_{LM71}	0,74	0,78	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	2,02	15,03	43,71	-0,07	-0,10	6,79	0,23	6,93	0,00	6,93
1.2	0,22	3,76	12,56	-0,01	-0,01	1,95	0,04	1,98	0,00	1,98
2.4	36,61	14,53	34,73	-0,74	-1,73	5,40	2,48	6,15	0,00	6,15
3.4	8,49	0,00	0,00	0,00	-0,40	0,00	0,00	-0,40	0,00	0,40
4.5	68,11	0,00	42,52	-5,98	-3,22	6,61	20,08	23,47	0,00	23,47
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	12,55	7,14	4,69	-0,02	-0,59	0,73	0,05	0,19	0,00	0,19
7.5	36,46	443,06	1393,60	-1,82	-1,72	216,54	6,10	220,92	0,00	220,92

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	127,99	40,45	138,21	-6,81	-6,04	21,48	22,88	38,31	0,00	38,31
LM71,Ed	36,46	443,06	1393,60	-1,82	-1,72	216,54	6,10	220,92	0,00	220,92
Celkem	164,44	483,51	1531,81	-8,63	-7,76	238,02	28,98	259,23	0,00	259,23

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro v = 60 km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	0,77	$Z_{LM71} =$	2,37	$Z_{LM71} =$	0,77
$\eta_1 =$	1,24	$\eta_3 =$	0,39	$\eta =$	1,27
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	-0,03	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	-0,03
$\sigma_{x,My} =$	0,95	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,95
$\sigma_{x,Mz} =$	0,08	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,08
$t =$	0,00	$t =$	1,00	$t =$	0,00

Výsledná zatížitelnost

$Z_{LM71} = 0,77$

Ověření přechodnosti

Vnitřní síly					
Vlak	Y_f	N	Vz	My	Mz
	-	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	12,02	137,20	464,10	-0,58
E_{LM71}	1,30	19,67	239,04	751,88	-0,98
Poměr $\lambda_{C3/LM71}$		0,61	0,57	0,62	0,59
K_i		-0,03	0,00	0,95	0,08

Traťová třída C3

Rychlost 60 [km/h]

Dynamický souč. 1,43 LM71

Dynamický souč. 1,51 TTZ

$\psi = 1,058$

$\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$

C3: $Z_{LM71} > \sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{C3/LM71,i}$
0,77 > 0,65 Přechodné

5.3.6 Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 2-3 pro Vz

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

$f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

$\varepsilon = 1,01$

$\gamma_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti

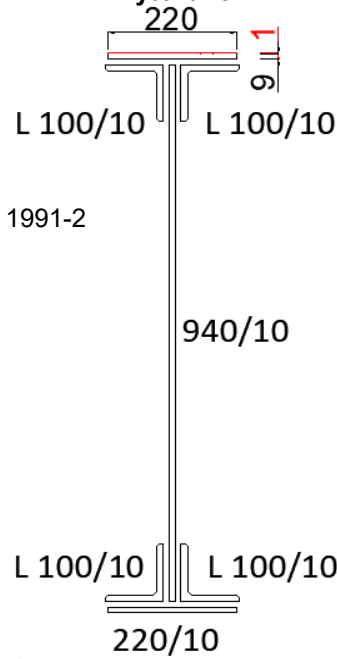
Podmínka pro tažené části.

$$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$2352,76 \text{ kN} \geq 2199,95 \text{ kN}$$

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



Geometrické vlastnosti

$L = 10,92 \text{ m}$ rozpětí hlavního nosníku

$L_\phi = 10,92 \text{ m}$ náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2

$\phi = 1,43$ dynamický součinitel

$h = 960,00 \text{ mm}$ výška nosníku

$t_{f,h} = 20,00 \text{ mm}$ tloušťka horní pásnice

$t_{f,d} = 20,00 \text{ mm}$ tloušťka dolní pásnice

$b_{f,h} = 220,00 \text{ mm}$ šířka horní pásnice

$b_{f,d} = 220,00 \text{ mm}$ šířka dolní pásnice

$h_w = 940,00 \text{ mm}$ výška stojiny účinná na smyk

$t = 10,00 \text{ mm}$ tloušťka stojiny

Tř.pr. = 3 třída průřezu

Průřezové charakteristiky

Celkové

$A = 1,978E-2 \text{ m}^2$

$I_y = 2,824E-3 \text{ m}^4$

$I_z = 2,971E-5 \text{ m}^4$

$i_y = 377,9 \text{ mm}$

$i_z = 38,8 \text{ mm}$

$W_{el,y} = -5,576E-3 \text{ m}^3$

$W_{el,z} = -2,701E-4 \text{ m}^3$

$W_{pl,y} = 7,285E-3 \text{ m}^3$

$W_{pl,z} = 4,888E-4 \text{ m}^3$

$S_y = 3,447E-3 \text{ m}^3$

Nejvíce namáhané vlákno č. 1

$A = 1,978E-2 \text{ m}^2$

$I_y = 2,824E-3 \text{ m}^4$

$I_z = 2,971E-5 \text{ m}^4$

$i_y = 377,9 \text{ mm}$

$i_z = 38,8 \text{ mm}$

$W_{el,y} = -5,576E-3 \text{ m}^3$

$W_{el,z} = 2,701E-4 \text{ m}^3$

$W_{pl,y} = 7,285E-3 \text{ m}^3$

$W_{pl,z} = 4,888E-4 \text{ m}^3$

$S_y = 0,000E+0 \text{ m}^3$

plocha průřezu

moment setrvačnosti

moment setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

elastický průřezový modul

elastický průřezový modul

plastický průřezový modul

plastický průřezový modul

statický moment

Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$

klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2

$\xi = 0,95$

redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle Metodického pokynu SŽDC

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Rozhodující skupina zatížení

GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

ZS	Zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charakteristické vnitřní síly			
						N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	2,09	-12,42	38,74	0,05
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,23	-3,33	11,02	0,01
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	15,31	-15,38	37,40	-0,55
3.1	Teplota léto L	1,50	0,60	1,00	1,00	-42,67	-4,26	-15,42	-0,82
4.6	BR hl.n. Vz pr2-3	1,30	1,00	1,00	1,00	73,33	-15,98	50,05	-4,14
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	-89,72	-14,28	-43,02	0,06
7.6	LM71 hl.n. Vz 2-3	1,30	1,00	1,43	1,00	1,85	-277,86	636,08	1,02
8.6	C3 hl.n. Vz pr2-3	1,30	1,00	1,51	1,00	1,26	-176,82	401,82	0,64

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
1.1	2,38	14,16	44,16	0,05	-0,11	6,86	-0,15	6,60	0,00	6,60
1.2	0,26	3,80	12,56	0,01	-0,01	1,95	-0,03	1,91	0,00	1,91
2.4	15,50	15,57	37,87	-0,56	-0,73	5,88	1,87	7,02	0,00	7,02
3.1	0,00	3,83	0,00	-0,74	0,00	0,00	2,48	2,48	0,00	2,48
4.6	95,33	20,77	65,07	-5,38	-4,50	10,11	18,07	23,68	0,00	23,68
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	0,00	9,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.6	3,43	515,01	1178,96	0,00	-0,16	183,19	0,00	183,03	0,00	183,03
8.6	2,47	346,59	787,62	1,25	-0,12	122,38	-4,21	118,05	0,00	118,05

Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí										
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
rs,Ed	113,48	67,42	159,66	-6,62	-5,36	24,81	22,24	41,69	0,00	41,69
LM71,Ed	3,43	515,01	1178,96	0,00	-0,16	183,19	0,00	183,03	0,00	183,03
Celkem	116,90	582,43	1338,62	-6,62	-5,52	208,00	22,24	224,72	0,00	224,72

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 582,43 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
R _d =	120,72 MPa
τ_{rs} =	7,45 MPa
τ_{LM71} =	56,88 MPa
Z_{LM71} =	1,99

Vliv boulení je třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,467 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

KROK 2 - STANOVĚNÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{-113475,18}{4428545,45} + \frac{159658,90}{1345653,06} + \frac{-6622,88}{-62272,98} = 0,199$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-3428,94}{4428545,45} + \frac{1178962,29}{1345653,06} + \frac{0,00}{-62272,98} = 0,875$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle normálového napětí

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 0,91$$

KROK 3 - STANOVĚNÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 0,91$$

Jelikož je zatížitelnost menší než 1,0 může se dle metodického pokynu SŽDC redukovat účinky bočních rázů, odstředivých a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem.

	iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normál. σ_x	$\eta_{1,rs}$	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
	$\eta_{1,LM71}$	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
	Z_{LM71}	0,91	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Srov. σ_e	$\sigma_{e,rs}$	41,69	39,67	39,93	39,89	39,90	39,90	39,90	39,90	39,90	39,90
	$\sigma_{e,LM71}$	183,03	183,03	183,03	183,03	183,03	183,03	183,03	183,03	183,03	183,03
	Z_{LM71}	0,91	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	2,38	14,16	44,16	0,05	-0,11	6,86	-0,15	6,60	0,00	6,60
1.2	0,26	3,80	12,56	0,01	-0,01	1,95	-0,03	1,91	0,00	1,91
2.4	15,50	15,57	37,87	-0,56	-0,73	5,88	1,87	7,02	0,00	7,02
3.1	0,00	3,83	0,00	-0,74	0,00	0,00	2,48	2,48	0,00	2,48
4.6	88,12	19,20	60,15	-4,98	-4,16	9,35	16,70	21,89	0,00	21,89
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	0,00	8,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.6	3,43	515,01	1178,96	0,00	-0,16	183,19	0,00	183,03	0,00	183,03

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	106,27	65,15	154,74	-6,22	-5,02	24,04	20,87	39,90	0,00	39,90
LM71,Ed	3,43	515,01	1178,96	0,00	-0,16	183,19	0,00	183,03	0,00	183,03
Celkem	109,70	580,15	1333,70	-6,22	-5,18	207,23	20,87	222,93	0,00	222,93

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro v = 60 km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	0,92	$Z_{LM71} =$	1,99	$Z_{LM71} =$	0,92
$\eta_1 =$	1,07	$\eta_3 =$	0,00	$\eta =$	0,88
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	-0,02	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	-0,02
$\sigma_{x,My} =$	0,94	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,94
$\sigma_{x,Mz} =$	0,09	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,09
$t =$	0,00	$t =$	1,00	$t =$	0,00

Výsledná zatížitelnost

$Z_{LM71} = 0,92$

Ověření přechodnosti

Vnitřní síly					
Vlak	Y_f	N	Vz	My	Mz
	-	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	1,26	-176,82	401,82	0,64
E_{LM71}	1,30	1,85	-277,86	636,08	1,02
Poměr $\lambda_{C3 / LM71}$		0,68	0,64	0,63	0,63
K_i		-0,02	0,00	0,94	0,09

Traťová třída C3

Rychlost 60 [km/h]

Dynamický souč. 1,43 LM71

Dynamický souč. 1,51 TTZ

$\psi = 1,058$

$\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$

C3: Z_{LM71} > $\sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{C3/LM71,i}$
0,92 > **0,67** **Přechodné**

5.4 Vliv klopení

Posuzovaný prut nebyl posuzován na klopení, protože je jeho tlačенý (horní) pás zabezpečen proti vybočení ve vzdálenosti menší než 40-ti násobek poloměru setrvačnosti konvenčního tlačенého pásu nosníku. Přitom se zvažuje poloměr setrvačnosti z roviny ohybu konvenčního tlačенého pásu nosníku, který je tvořen pásnicí a přilehlou částí stojiny, zahrnující 1/3 její tlačенé plochy.

Tlačенý pás je proti vybočení z roviny ohybu zabezpečen příčným ztužením po vzdálenostech $L = 942 \text{ mm}$.

Vliv klopení jednotlivých průřezů hlavního nosníku				
Uvažované místo	$40 i_{zp}$	>	L příčných podpor	Posudek
Hl.n. L v místě max. Vz	1859,20 mm	>	942,00 mm	VYHOVUJE
Hl.n. L v místě max. My	2008,40 mm	>	942,00 mm	VYHOVUJE
Hl.n. L v místě pr 1-2 My	1881,20 mm	>	942,00 mm	VYHOVUJE
Hl.n. L v místě pr 1-2 Vz	1866,40 mm	>	942,00 mm	VYHOVUJE
Hl.n. L v místě pr 2-3 My	1843,60 mm	>	942,00 mm	VYHOVUJE
Hl.n. L v místě pr 2-3 Vz	1858,80 mm	>	942,00 mm	VYHOVUJE

Není třeba uvažovat vliv klopení.

5.5 Lokální stabilita stojiny

Rozhodující skupina zatížení

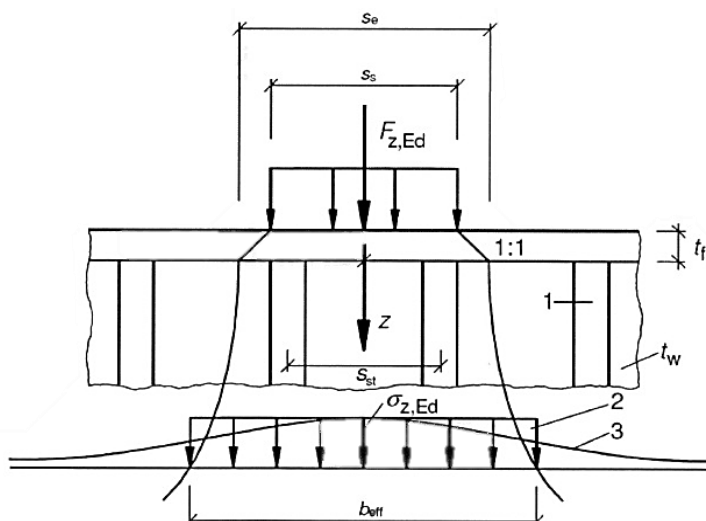
GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

ZS	Zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Síla		Napětí
						$F_{z,Ek}$ [kN]	$F_{z,Ed}$ [kN]	$\sigma_{z,Ed}$ [MPa]
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	0,50 *	8,20	4,15	1,48
4.1	BR hl.n. mVz	1,30	0,60	1,00	0,50 *	25,36	9,89	3,53
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	0,50 *	0,00	0,00	0,00
7.1	LM71 hl.n. mVz	1,30	1,00	2,00	0,50 *	141,85	184,41	65,86
8.1	C3 hl.n. mVz	1,30	1,00	1,68	0,50 *	113,48	123,92	44,26

*0,50 - protože máme rozdělenou nápravovou sílu v poměru 0,25 : 0,50 : 0,25



$t_w = 10,00 \text{ mm}$	tloušťka stojiny
$t_f = 20,00 \text{ mm}$	tloušťka pásnice
$s_s = 240,00 \text{ mm}$	šířka mostnice
$s_{st} = 942,00 \text{ mm}$	vzdálenost svislých výztuh
$s_w = 1,60 \text{ m}$	vzdálenost náprav
$s_e = s_s + 2 t_f = 280,00 \text{ mm}$	roznášení šířka
$a_{st} = 1066,73 \text{ mm}^2$	plocha svislých výztuh
$z = 0,00 \text{ mm}$	vzdálenost od pásnice

$$b_{eff} = s_e \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{z}{s_e \cdot n} \right)^2} = 280,00 \text{ mm} \text{ efektivní šířka}$$

$$n = 0,636 \sqrt{1 + \frac{0,878 a_{st,l}}{t_w}} = 0,667$$

$$a_{st,l} = 1,13 \text{ m}^2/\text{m}$$

plocha výztuhy rozprostřena na délku s_e

$$F_{LM71,Ed} = 0,5 \cdot Q_{k,1} \cdot \gamma_f \cdot \phi$$

$$F_{LM71,Ed} = 184,41 \text{ kN}$$

$$\sigma_{z,LM71,Ed} = 59,16 \text{ MPa}$$

$$F_{rs,Ed} = 0,5 \cdot (Q_{sk} \cdot \gamma_f + Q_{tk} \cdot \phi \cdot \gamma_f + F_w \cdot \gamma_f \cdot s_w \cdot \psi)$$

$$F_{rs,Ed} = 14,04 \text{ kN}$$

$$\sigma_{z,rs,Ed} = 4,51 \text{ MPa}$$

$$\eta_{2,LM71} = \frac{\sigma_{z,LM71,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}$$

$$\eta_{2,LM71} = 0,283 \quad (A.17)$$

$$\eta_{2,rs} = \frac{\sigma_{z,rs,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}$$

$$\eta_{2,rs} = 0,022 \quad (A.18)$$

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{2,rs}}{\eta_{2,LM71}}$$

$$Z_{LM71} = 3,46$$

5.5.1 Interakce účinků spolu s namáháním ohybovým momentem a osovou silou

$$Z_{LM71} = \frac{1,4 - (\eta_{2,rs} + 0,8 \eta_{1,rs})}{\eta_{2,LM71} + 0,8 \eta_{1,LM71}} \quad (A.19)$$

$$Z_{LM71} = 1,24$$

5.6 Únosnost krčnicích nýtů

Rozhodující skupina zatížení

GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

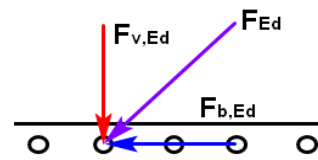
ZS	Zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Síla	
						F_{b,E_k} [kN]	F_{b,E_d} [kN]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	20,27	23,11
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	5,68	6,48
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	28,93	29,29
3.1	Teplota léto L	1,50	0,60	1,00	1,00	5,96	5,36
4.1	BR hl.n. mVz	1,30	1,00	1,00	1,00	31,54	41,00
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	15,97	10,38
7.1	LM71 hl.n. mVz	1,30	1,00	1,43	1,00	465,77	863,30
8.1	C3 hl.n. mVz	1,30	1,00	1,51	1,00	254,16	498,19

$s = 90,00 \text{ mm}$	rozteč nýtů
$n = 3,22 \text{ ks}$	počet nýtů
$n_s = 2$	počet střížných rovin
$\varnothing = 20,00 \text{ mm}$	průměr nýtů
$f_{ub} = 310,00 \text{ MPa}$	mez pevnosti materiálu nýtů
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$	mez pevnosti spojovaného materiálu
$e_1 = 40,00 \text{ mm}$	
$e_2 = 45,00 \text{ mm}$	
$p_1 = 92,00 \text{ mm}$	
$p_2 = 0,00 \text{ mm}$	
$A_0 = 314,16 \text{ mm}^2$	plocha nýtů
$S_y = 2728889,79 \text{ mm}^3$	statický moment horní pásnice včetně krčních úhelníků a části stojiny
$I_y = 2,339\text{E-}3 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti celého průřezu
$Y_{M2} = 1,30$	součinitel spolehlivosti
$z = 49,00$	vzdálenost od pásnice

$$b_{eff} = s_e \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{z}{s_e \cdot n}\right)^2} = 289,48 \text{ mm efektivní šířka}$$

Zatížení lokálním břemenem	Zatížení smykovou silou
$F_{v,rs,Ed} = 14,04 \text{ kN}$	$F_{b,rs,Ed} = 115,62 \text{ kN}$
$F_{v,LM71,Ed} = 184,41 \text{ kN}$	$F_{b,LM71,Ed} = 863,30 \text{ kN}$
$F_{v,C3,Ed} = 123,92 \text{ kN}$	$F_{b,C3,Ed} = 498,19 \text{ kN}$

Výslednice zatížení
$F_{rs,Ed} = 116,47 \text{ kN}$
$F_{LM71,Ed} = 882,77 \text{ kN}$
$F_{C3,Ed} = 513,37 \text{ kN}$



Součinitelé potřebné pro posudek na otláčení

Šrouby	krajní	vnitřní
k_1	4,600	-
k_1	-1,7	-1,7
k_1	2,5	2,5
α_d	0,667	1,283

nýt kolmo na zatížení
 $\alpha_b = \min(f_{ub} / f_u; 1)$
 $\alpha_b = \min(0,861; 1)$
 $\alpha_b = 0,861$

nýt ve směru zatížení
 $\alpha_b = \min(\alpha_d; f_{ub} / f_u; 1)$
 $\alpha_b = \min(0,667; 0,861; 1)$
 $\alpha_b = 0,667$

Únosnost na stříh

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_0 \cdot n_s}{Y_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot 310 \cdot 314,16 \cdot 2}{1,30}$$

$F_{v,Rd} = 89,90 \text{ kN}$

Únosnost na otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{Y_{M2}}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,861 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 10}{1,30}$$

$F_{b,Rd} = 119,23 \text{ kN}$

pro nýty na konci

$F_{b,Rd} = 119,23 \text{ kN}$

pro vnitřní nýty

Síla působící na jeden nýt

$$F_{ed} = a \cdot \sqrt{\left(\frac{F_b \cdot S_{3,y}}{I_y}\right)^2 + \left(\frac{\alpha \cdot F_v}{b_{eff}}\right)^2} \leq \begin{cases} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{cases}$$

$F_{Ed} = 119,88 \text{ kN}$

$F_{rs,Ed} = 12,90 \text{ kN}$

$F_{LM71,Ed} = 107,26 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 119,88 \text{ kN}$

>

$F_{Rd} = 89,90 \text{ kN}$

Nevyhovuje

Zatížitelnost

$$Z_{LM71} = \frac{F_{Rd} - F_{rs,Ed}}{F_{LM71,Ed}}$$

$$Z_{LM71} = 0,72$$

Jelikož je zatížitelnost menší než 1,0 může se dle metodického pokynu SŽDC redukovat účinky bočních rázů, odstředivých a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem.

iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F_{Ed}	119,30	117,58	117,68	117,68	117,68	117,68	117,68	117,68	117,68	117,68
$F_{rs,Ed}$	12,26	10,57	10,67	10,66	10,66	10,66	10,66	10,66	10,66	10,66
F_{LM71}	107,26	107,26	107,26	107,26	107,26	107,26	107,26	107,26	107,26	107,26
Z_{LM71}	0,72	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74

Hodnoty vnitřních sil pro iteraci č. 9

Lokální zatížení - F_v	
ZS	[kN]
2.4	4,15
4.1	7,31
5	0,00
7.1	184,41

Smykové zatížení - F_b	
ZS	[kN]
1.1	23,11
2.4	29,29
3.1	5,36
4.1	30,29
5	0,00
6.1	7,67
7.1	863,30

Charakteristické síly působící na jeden nýt

Smyková síla

$$F_{b,rs} = 100,70 \text{ kN}$$

$$F_{b,LM71} = 48,91 \text{ kN}$$

$$F_{b,TTZ,C3} = 26,69 \text{ kN}$$

Lokální zatížení

$$F_{v,rs} = 3,56 \text{ kN}$$

$$F_{v,LM71} = 22,05 \text{ kN}$$

$$F_{v,TTZ,C3} = 17,64 \text{ kN}$$

Výsledná zatížitelnost krčních nýtů

$$Z_{LM71} = 0,74$$

Přechodnost

Síly působící na nýt			
Vlak	Y_f	F_{v,E_k}	F_{b,E_k}
	-	[kN]	[kN]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	0,000	0,000
E_{LM71}	1,30	0,000	0,000
Poměr $\lambda_{C3} / LM71$		0,800	0,546
$K_i =$		0,265	0,735
$\psi =$		0,840	1,058

Traťová třída

C3

Rychlost

60 [km/h]

Dynamický souč. pro lokální účinky

2,00 LM71

Dynamický souč. pro lokální účinky

1,68 TTZ

Dynamický souč. pro krční nýty

1,43 LM71

Dynamický souč. pro krční nýty

1,51 TTZ

$$\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$$

$$C3: Z_{LM71} > \sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{LM71,i}$$

$$0,74 > 0,60 \text{ Přechodné}$$

5.7 Příčné a podélné ztužení

5.7.1 Příčné ztužení - spodní část

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

$f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

$\varepsilon = 1,01 \text{ MPa}$

$\gamma_{M0} = 1,10 \text{ MPa}$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,20 \text{ MPa}$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M2} = 1,30 \text{ MPa}$ součinitel spolehlivosti

Geometrické vlastnosti

$L_{cr,y} = 0,534 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru y

$L_{cr,z} = 0,534 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru z

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru y

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru z

Průřezové charakteristiky

$A = 1,310\text{E-}3 \text{ m}^2$ plocha průřezu

$A_{net} = 9,316\text{E-}4 \text{ m}^2$ oslabená plocha průřezu

$A_{eff} = 9,316\text{E-}4 \text{ m}^2$ efektivní plocha průřezu

$I_y = 5,343\text{E-}7 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti

$I_z = 2,427\text{E-}7 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti

$I_{y,eff} = 5,343\text{E-}7 \text{ m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$I_{z,eff} = 2,427\text{E-}7 \text{ m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$i_y = 26,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$i_z = 14,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$I_w = 4,738\text{E-}11 \text{ m}^6$ výsečový moment setrvačnosti

$I_t = 2,487\text{E-}8 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti v prosté kroucení

$G = 81,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti ve smyku

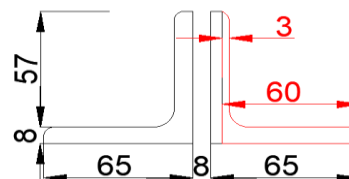
$E = 210,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti v tahu

$W_{y,el} = 1,615\text{E-}5 \text{ m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{z,el} = 7,348\text{E-}6 \text{ m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{y,pl} = 2,857\text{E-}5 \text{ m}^3$ plastický průřezový modul

$W_{z,pl} = 1,509\text{E-}5 \text{ m}^3$ plastický průřezový modul



Max. tah - příčné ztužení č.1 vpravo (B116)						Vnitřní síly	
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charak.	Návrh.
						N [kN]	N [kN]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,36	0,41
1.2	Ostatní stáله zat.	0,90	1,00	1,00	1,00	-0,75	-0,68
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	4,53	4,59
3.4	Teplota zima P	1,50	0,60	1,00	1,00	24,80	22,32
4.7	BR př.zt. spodní N+	1,30	1,00	1,00	0,63	19,35	25,16
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,30	1,00	1,00	0,50	0,48	0,31
7.7	LM71 př.zt. spodní N+	1,30	1,00	1,43	1,00	3,07	5,69

$N_{LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$
[kN]	[kN]
5,69	52,11

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Max. tlak - příčné ztužení č.7 vpravo (B122)						Charakteristické vnitřní síly		
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,33	-0,02	0,01
1.2	Ostatní stáje zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	-0,76	0,00	0,00
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	-6,74	-0,13	-0,17
3.2	Teplota léto P	1,50	0,60	1,00	1,00	-30,10	-0,04	-0,09
4.8	BR př.zt. spodní N-	1,30	1,00	1,00	1,00	-18,15	-0,34	-1,05
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	-0,13	-0,01	-0,05
7.8	LM71 př.zt. spodní N-	1,30	1,00	1,43	1,00	-3,09	0,02	-0,11

Návrhové vnitřní síly			
zs	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
1.1	-0,34	0,02	-0,01
1.2	0,87	0,00	0,00
2.3	6,82	0,13	0,17
3.2	27,09	0,04	0,08
4.8	14,84	0,28	0,86
5	0,00	0,00	0,00
6.1	0,08	0,01	0,03
7.8	5,73	0,00	0,20

Souhrn návrhových vnitřních sil					
$N_{LM71,Ed}$ [kN]	$M_{y,LM71,Ed}$ [kNm]	$M_{z,LM71,Ed}$ [kNm]	$N_{rs,Ed}$ [kN]	$M_{y,rs,Ed}$ [kNm]	$M_{z,rs,Ed}$ [kNm]
5,73	0,00	0,20	49,36	0,47	1,13

Posouzení na maximální účinky tahu

Neoslabený průřez

$$N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$$

$$N_{pl,Rd} = 273,85 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} < 1,00$$

$$0,21 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$N_{Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd})$$

$$N_{Rd} = \min(273,85; 154,78)$$

$$N_{Rd} = 154,78 \text{ kN}$$

Oslabený průřez

$$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 154,78 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{u,Rd} < 1,00$$

$$0,37 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$N_{Ed} / N_{Rd} < 1,00$$

$$0,37 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na prostorový vzpěr

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

Interakční součinitelé

$$k_{yy} = 0,415 \quad c_{my} = 0,4$$

$$k_{yz} = 0,424 \quad c_{mz} = 0,4$$

$$k_{zy} = 0,993 \quad c_{mLT} = 1$$

$$k_{zz} = 0,424$$

Součinitelé vzpěrnosti χ

$$\chi_y = 0,972$$

$$\chi_z = 0,921$$

$$\chi_{LT} = 0,932$$

Charakteristické únosnosti průřezu

$$N_{Rk} = 231,14 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 3,71 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = 1,69 \text{ kNm}$$

Vyčíslení rovnice

$$0,226 + 0,068 + 0,402 = 0,696 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$0,238 + 0,164 + 0,402 = 0,804 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.7.2 Příčné ztužení - horní část

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

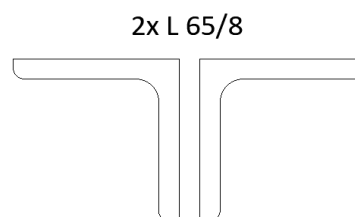
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

$\varepsilon = 1,01$

$\gamma_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti



Geometrické vlastnosti

$L_{cr,y} = 0,534 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru y

$L_{cr,z} = 0,534 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru z

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru y

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru z

Průřezové charakteristiky

$A = 1,970E-3 \text{ m}^2$ plocha průřezu

$A_{net} = 1,393E-3 \text{ m}^2$ oslabená plocha průřezu

$A_{eff} = 1,393E-3 \text{ m}^2$ efektivní plocha průřezu

$I_y = 7,495E-7 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti

$I_z = 1,780E-6 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti

$I_{y,eff} = 7,495E-7 \text{ m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$I_{z,eff} = 1,780E-6 \text{ m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$i_y = 20,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$i_z = 30,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$I_w = 8,874E-11 \text{ m}^6$ výsečový moment setrvačnosti

$I_t = 4,440E-8 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti v prosté kroucení

$G = 81,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti ve smyku

$E = 210,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti v tahu

$W_{y,el} = 1,625E-5 \text{ m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{z,el} = 2,580E-5 \text{ m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{y,pl} = 2,970E-5 \text{ m}^3$ plastický průřezový modul

$W_{z,pl} = 4,505E-5 \text{ m}^3$ plastický průřezový modul

Max. tah - příčné ztužení č.1 vlevo (B109)						Vnitřní síly	
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charak.	Návrh.
						N	N
						[kN]	[kN]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,78	0,89
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	1,16	1,32
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	15,55	15,75
3.4	Teplota zima P	1,50	0,60	1,00	1,00	9,73	8,76
4.9	BR př.zt. vrchní N+	1,30	1,00	1,00	1,00	41,16	53,51
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	1,27	0,83
7.9	LM71 př.zt. vrchní N+	1,30	1,00	1,43	1,00	9,81	18,18

$N_{LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$
[kN]	[kN]
18,18	81,05

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Max. tlak - příčné ztužení č.7 vpravo (B115)						Charakteristické vnitřní síly		
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	N	My	Mz
						[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,41	-0,02	0,01
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,83	0,00	0,00
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	-16,52	0,27	0,40
3.4	Teplota zima P	1,50	0,60	1,00	1,00	1,27	0,03	0,05
4.10	BR př.zt. vrchní N-	1,30	1,00	1,00	1,00	-37,42	0,61	1,06
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,30	1,00	1,00	0,50	-1,59	0,02	0,05
7.10	LM71 př.zt. vrchní N-	1,30	1,00	1,43	1,00	-8,40	0,15	0,25

Návrhové vnitřní síly			
zs	N	My	Mz
	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	-0,42	-0,02	0,01
1.2	-0,85	0,00	0,00
2.4	16,73	0,27	0,41
3.4	0,00	0,03	0,05
4.10	48,65	0,79	1,38
5	0,00	0,00	0,00
6.2	1,03	0,01	0,03
7.10	15,57	0,28	0,46

Souhrn návrhových vnitřních sil					
$N_{LM71,Ed}$	$M_{y,LM71,Ed}$	$M_{z,LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$	$M_{y,rs,Ed}$	$M_{z,rs,Ed}$
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]
15,57	0,28	0,46	65,13	1,09	1,87

Posouzení na maximální účinky tahu Neoslabený průřez

$$N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$$

$$N_{pl,Rd} = 411,85 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} < 1,00$$

$$0,24 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Oslabený průřez

$$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 231,52 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{u,Rd} < 1,00$$

$$0,43 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$N_{Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd})$$

$$N_{Rd} = \min(411,85; 231,52)$$

$$N_{Rd} = 231,52 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{Rd} < 1,00$$

$$0,43 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na prostorový vzpěr

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

Interakční součinitelé

$$k_{yy} = 0,415 \quad c_{my} = 0,4$$

$$k_{yz} = 0,410 \quad c_{mz} = 0,4$$

$$k_{zy} = 0,997 \quad c_{mLT} = 1$$

$$k_{zz} = 0,410$$

Součinitelé vzpěrnosti χ

$$\chi_y = 0,968$$

$$\chi_z = 1,005$$

$$\chi_{LT} = 1,000$$

Charakteristické únosnosti průřezu

$$N_{Rk} = 365,58 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 3,74 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = 5,93 \text{ kNm}$$

Vyčíslení rovnice

$$0,221 + 0,182 + 0,194 = 0,596 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$0,213 + 0,437 + 0,194 = 0,843 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.7.3 Příčné ztužení - diagonála

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

$f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

$\varepsilon = 1,01 \text{ MPa}$

$\gamma_{M0} = 1,10 \text{ MPa}$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,20 \text{ MPa}$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M2} = 1,30 \text{ MPa}$ součinitel spolehlivosti

Geometrické vlastnosti

$L_{cr,y} = 0,456 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru y

$L_{cr,z} = 0,456 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru z

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru y

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru z

Průřezové charakteristiky

$A = 7,980 \text{E-4 m}^2$ plocha průřezu

$A_{net} = 6,721 \text{E-4 m}^2$ oslabená plocha průřezu

$A_{eff} = 6,721 \text{E-4 m}^2$ efektivní plocha průřezu

$I_y = 4,127 \text{E-7 m}^4$ moment setrvačnosti

$I_z = 1,081 \text{E-7 m}^4$ moment setrvačnosti

$I_{y,eff} = 4,127 \text{E-7 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$I_{z,eff} = 1,081 \text{E-7 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$i_y = 23,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$i_z = 12,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$I_w = 2,938 \text{E-12 m}^6$ výsečový moment setrvačnosti

$I_t = 1,383 \text{E-8 m}^4$ moment setrvačnosti v prosté kroucení

$G = 81,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti ve smyku

$E = 210,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti v tahu

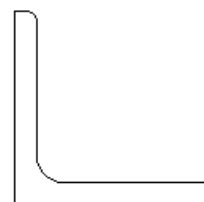
$W_{y,el} = 9,727 \text{E-6 m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{z,el} = 4,423 \text{E-6 m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{y,pl} = 1,558 \text{E-5 m}^3$ plastický průřezový modul

$W_{z,pl} = 8,022 \text{E-6 m}^3$ plastický průřezový modul

L 60/7



Max. tah - příčné ztužení č.1 vpravo (B133)						Vnitřní síly	
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charak.	Návrh.
						N	N
						[kN]	[kN]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,15	0,17
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	8,70	8,81
3.4	Teplota zima P	1,50	0,60	1,00	1,00	4,14	3,73
4.11	BR př.zt. diag. N+	1,30	1,00	1,00	1,00	20,56	26,73
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	0,42	0,27
7.11	LM71 př.zt. diag. N+	1,30	1,00	1,43	1,00	4,95	9,17

$N_{LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$
[kN]	[kN]
9,17	39,71

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Max. tlak - příčné ztužení č.1 vlevo (B134)						Charakteristické vnitřní síly		
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	N	My	Mz
						[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	-0,55	0,01	-0,01
1.2	Ostatní stáje zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	-0,01	0,00	0,00
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	-8,71	0,13	-0,10
3.4	Teplota zima P	1,50	0,60	1,00	1,00	-4,74	0,07	-0,07
4.12	BR př.zt. diag. N-	1,30	1,00	1,00	0,63	-22,90	0,35	-0,35
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	-0,42	0,01	-0,01
7.12	LM71 př.zt. diag. N-	1,30	1,00	1,43	1,00	-4,87	0,07	-0,07

Návrhové vnitřní síly			
zs	N	My	Mz
	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	0,63	0,01	0,01
1.2	0,01	0,00	0,00
2.4	8,82	0,13	0,10
3.4	4,27	0,06	0,06
4.12	18,72	0,29	0,29
5	0,00	0,00	0,00
6.1	0,27	0,01	0,01
7.12	9,03	0,13	0,13

Souhrn návrhových vnitřních sil					
$N_{LM71,Ed}$	$M_{y,LM71,Ed}$	$M_{z,LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$	$M_{y,rs,Ed}$	$M_{z,rs,Ed}$
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]
9,03	0,13	0,13	32,72	0,50	0,47

Posouzení na maximální účinky tahu

Neoslabený průřez

$$N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$$

$$N_{pl,Rd} = 166,85 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} < 1,00$$

$$0,29 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$N_{Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd})$$

$$N_{Rd} = \min(166,85; 74,44)$$

$$N_{Rd} = 74,44 \text{ kN}$$

Oslabený průřez

$$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 74,44 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{u,Rd} < 1,00$$

$$0,66 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$N_{Ed} / N_{Rd} < 1,00$$

$$0,66 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na prostorový vzpěr

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

Interakční součinitelé

$$k_{yy} = 1,020$$

$$c_{my} = 0,9862$$

$$\chi_y = 0,996$$

$$k_{yz} = 0,429$$

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

$$\chi_z = 0,921$$

$$k_{zy} = 0,992$$

$$c_{mLT} = 1$$

$$\chi_{LT} = 1,000$$

$$k_{zz} = 0,429$$

Součinitelé vzpěrnosti χ

Charakteristické únosnosti průřezu

$$N_{Rk} = 140,87 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 2,24 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = 1,02 \text{ kNm}$$

Vyčíslení rovnice

$$0,274 + 0,344 + 0,303 = 0,921 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$0,296 + 0,334 + 0,303 = 0,934 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.7.4 Podélné ztužení - spodní

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

$f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

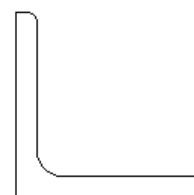
$\varepsilon = 1,01$

$\gamma_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti

L 60/7



Geometrické vlastnosti

$L_{cr,y} = 1,627 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru y

$L_{cr,z} = 1,627 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru z

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru y

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru z

Průřezové charakteristiky

$A = 7,980 \text{E-4 m}^2$ plocha průřezu

$A_{net} = 6,721 \text{E-4 m}^2$ oslabená plocha průřezu

$A_{eff} = 6,721 \text{E-4 m}^2$ efektivní plocha průřezu

$I_y = 4,127 \text{E-7 m}^4$ moment setrvačnosti

$I_z = 1,081 \text{E-7 m}^4$ moment setrvačnosti

$I_{y,eff} = 4,127 \text{E-7 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$I_{z,eff} = 1,081 \text{E-7 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$i_y = 23,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$i_z = 12,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$I_w = 2,938 \text{E-12 m}^6$ výsečový moment setrvačnosti

$I_t = 1,383 \text{E-8 m}^4$ moment setrvačnosti v prosté kroucení

$G = 81,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti ve smyku

$E = 210,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti v tahu

$W_{y,el} = 9,727 \text{E-6 m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{z,el} = 4,423 \text{E-6 m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{y,pl} = 1,558 \text{E-5 m}^3$ plastický průřezový modul

$W_{z,pl} = 8,022 \text{E-6 m}^3$ plastický průřezový modul

Max. tah - podélné ztužení č.06 (B448)						Vnitřní síly	
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charak.	Návrh.
						N [kN]	N [kN]
1.1	Vlastní tíha	0,90	1,00	1,00	1,00	-0,92	-0,83
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,04	0,05
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	3,62	3,67
3.2	Teplota léto P	1,50	0,60	1,00	1,00	8,03	7,23
4.13	BR po.zt. spodní N+	1,30	1,00	1,00	1,00	30,64	39,83
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,30	1,00	1,00	0,50	0,99	0,64
7.13	LM71 po.zt. spodní N+	1,30	1,00	1,43	1,00	19,53	36,20

$N_{LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$
[kN]	[kN]
36,20	50,59

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Max. tlak - podélné ztužení č.01 (B225)						Charakteristické vnitřní síly		
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	N	My	Mz
						[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	-1,11	0,01	-0,01
1.2	Ostatní stáje zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,03	0,00	0,00
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	-1,26	0,01	-0,01
3.3	Teplota zima L	1,50	0,60	1,00	1,00	-28,96	0,26	-0,26
4.14	BR po.zt. spodní N -	1,30	1,00	1,00	0,63	-28,47	0,26	-0,26
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,30	1,00	1,00	0,50	-0,78	0,01	-0,01
7.14	LM71 po.zt. spodní N -	1,30	1,00	1,43	1,00	-15,35	0,14	-0,14

Návrhové vnitřní síly			
zs	N	My	Mz
	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	1,27	0,01	0,01
1.2	-0,03	0,00	0,00
2.3	1,28	0,01	0,01
3.3	26,06	0,23	0,23
4.14	23,28	0,21	0,21
5	0,00	0,00	0,00
6.2	0,51	0,01	0,01
7.14	28,45	0,26	0,26

Souhrn návrhových vnitřních sil					
$N_{LM71,Ed}$	$M_{y,LM71,Ed}$	$M_{z,LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$	$M_{y,rs,Ed}$	$M_{z,rs,Ed}$
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]
28,45	0,26	0,26	52,36	0,47	0,47

Posouzení na maximální účinky tahu Neoslabený průřez

$$N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$$

$$N_{pl,Rd} = 166,85 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} < 1,00$$

$$0,52 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Oslabený průřez

$$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 115,39 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{u,Rd} < 1,00$$

$$0,75 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na maximální účinky tlaku (vzpěru)

Excentrické připojení výplňových prutů z úhelníků bylo zohledněno a posouzeno dle ČSN EN 1993-1-1 Přílohy BB článku BB 1.2.

Kolmo k ose y

$$N_{cr,y} = \pi^2 E I_y / L^2$$

$$N_{cr,y} = 323,12 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$\bar{\lambda} = 0,754$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,878$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\chi_y = 0,75$$

$$\chi = \min (\chi_y; \chi_z; \chi_v)$$

$$\chi = \min (0,75; 0,35; 0,39)$$

$$\chi = 0,35$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_y / \gamma_{M1}$$

$$N_{b,Rd} = 53,93 \text{ kN}$$

Kolmo k ose z

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / L^2$$

$$N_{cr,z} = 84,65 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$\bar{\lambda} = 1,472$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 1,800$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\chi_z = 0,35$$

Excentricita připojení

osa z \rightarrow v

$$\bar{\lambda}_v = 0,35 + 0,7 \bar{\lambda}$$

$$\bar{\lambda}_v = 1,3807$$

$$\phi_v = 1,654$$

$$\chi_v = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\chi_v = 0,39$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} < 1,00$$

$$1,50 > 1,00 \quad \text{Nevyhovuje}$$

Jelikož spodní podélné ztužení nevyhovuje na účinky tlaku, bylo potřeba jej změnit. Po zlepšení materiálu na ocel S235 a zvětšení průřezu na L75x8 ztužení již vyhovuje.

5.7.5 Podélné ztužení - spodní - zesílení

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - S 235

$f_y = 235,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

$f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

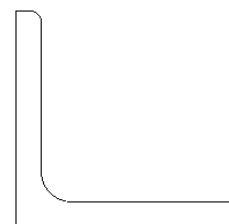
$\varepsilon = 1,00$

$\gamma_{M0} = 1,00$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M2} = 1,25$ součinitel spolehlivosti

L 75/8



Geometrické vlastnosti

$L_{cr,y} = 1,627 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru y

$L_{cr,z} = 1,627 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru z

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru y

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru z

Průřezové charakteristiky

$A = 1,150 \text{ E-3 m}^2$ plocha průřezu

$A_{net} = 1,024 \text{ E-3 m}^2$ oslabená plocha průřezu

$A_{eff} = 1,024 \text{ E-3 m}^2$ efektivní plocha průřezu

$I_y = 9,330 \text{ E-7 m}^4$ moment setrvačnosti

$I_z = 2,440 \text{ E-7 m}^4$ moment setrvačnosti

$I_{y,eff} = 9,330 \text{ E-7 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$I_{z,eff} = 2,440 \text{ E-7 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$i_y = 28,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$i_z = 15,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$I_w = 1,602 \text{ E-40 m}^6$ výsečový moment setrvačnosti

$I_t = 2,424 \text{ E-8 m}^4$ moment setrvačnosti v prosté kroucení

$G = 81,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti ve smyku

$E = 210,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti v tahu

$W_{y,el} = 1,759 \text{ E-5 m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{z,el} = 8,099 \text{ E-6 m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{y,pl} = 2,807 \text{ E-5 m}^3$ plastický průřezový modul

$W_{z,pl} = 1,446 \text{ E-5 m}^3$ plastický průřezový modul

Max. tah - podélné ztužení č.06 (B448)						Vnitřní síly	
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charak.	Návrh.
						N [kN]	N [kN]
1.1	Vlastní tíha	0,90	1,00	1,00	1,00	-0,91	-0,82
1.2	Ostatní stáله zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,04	0,05
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	3,59	3,63
3.2	Teplota léto P	1,50	0,60	1,00	1,00	8,72	7,85
4.13	BR po.zt. spodní N+	1,30	1,00	1,00	1,00	30,50	39,65
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,30	1,00	1,00	0,50	0,97	0,63
7.13	LM71 po.zt. spodní N+	1,30	1,00	1,43	1,00	19,16	35,51

$N_{LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$
[kN]	[kN]
35,51	50,99

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Max. tlak - podélné ztužení č.01 (B225)						Charakteristické vnitřní síly		
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	N	My	Mz
						[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	-1,01	0,01	-0,01
1.2	Ostatní stáje zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,04	0,00	0,00
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	-1,58	0,01	-0,01
3.3	Teplota zima L	1,50	0,60	1,00	1,00	-36,25	0,33	-0,33
4.14	BR po.zt. spodní N -	1,30	1,00	1,00	1,00	-35,64	0,32	-0,32
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,30	1,00	1,00	0,50	-0,98	0,01	-0,01
7.14	LM71 po.zt. spodní N -	1,30	1,00	1,43	1,00	-19,21	0,17	-0,17

Návrhové vnitřní síly			
zs	N	My	Mz
	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	1,15	0,01	0,01
1.2	-0,04	0,00	0,00
2.3	1,60	0,01	0,01
3.3	32,63	0,30	0,30
4.14	46,33	0,42	0,42
5	0,00	0,00	0,00
6.2	0,64	0,01	0,01
7.14	35,61	0,32	0,32

Souhrn návrhových vnitřních sil					
$N_{LM71,Ed}$	$M_{y,LM71,Ed}$	$M_{z,LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$	$M_{y,rs,Ed}$	$M_{z,rs,Ed}$
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]
35,61	0,32	0,32	82,30	0,74	0,74

Posouzení na maximální účinky tahu Neoslabený průřez

$$N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$$

$$N_{pl,Rd} = 270,25 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} < 1,00$$

$$0,32 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Oslabený průřez

$$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 182,86 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{u,Rd} < 1,00$$

$$0,47 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na maximální účinky tlaku (vzpěru)

Excentrické připojení výplňových prutů z úhelníků bylo zohledněno a posouzeno dle ČSN EN 1993-1-1 Přílohy BB článku BB 1.2.

Kolmo k ose y

$$N_{cr,y} = \pi^2 E I_y / L^2$$

$$N_{cr,y} = 730,51 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$\bar{\lambda} = 0,608$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,754$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\chi_y = 0,83$$

$$\chi = \min (\chi_y; \chi_z; \chi_v)$$

$$\chi = \min (0,83; 0,48; 0,49)$$

$$\chi = 0,48$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_y / \gamma_{M1}$$

$$N_{b,Rd} = 118,89 \text{ kN}$$

Kolmo k ose z

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / L^2$$

$$N_{cr,z} = 191,04 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$\bar{\lambda} = 1,189$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 1,375$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\chi_z = 0,48$$

Excentricita připojení

osa z \rightarrow v

$$\bar{\lambda}_v = 0,35 + 0,7 \bar{\lambda}$$

$$\bar{\lambda}_v = 1,1826$$

$$\phi_v = 1,366$$

$$\chi_v = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\chi_v = 0,49$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} < 1,00$$

$$0,99 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.7.6 Podélné ztužení - horní

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

$f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

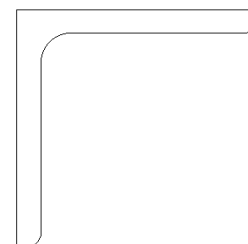
$\varepsilon = 1,01$

$\gamma_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti

L 90/9



Geometrické vlastnosti

$L_{cr,y} = 1,744 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru y

$L_{cr,z} = 1,744 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru z

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru y

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru z

Průřezové charakteristiky

$A = 1,552 \text{E-3 m}^2$ plocha průřezu

$A_{net} = 1,390 \text{E-3 m}^2$ oslabená plocha průřezu

$A_{eff} = 1,390 \text{E-3 m}^2$ efektivní plocha průřezu

$I_y = 1,837 \text{E-6 m}^4$ moment setrvačnosti

$I_z = 4,787 \text{E-7 m}^4$ moment setrvačnosti

$I_{y,eff} = 1,837 \text{E-6 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$I_{z,eff} = 4,787 \text{E-7 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$i_y = 34,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$i_z = 18,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$I_w = 2,192 \text{E-11 m}^6$ výsečový moment setrvačnosti

$I_t = 4,457 \text{E-8 m}^4$ moment setrvačnosti v prosté kroucení

$G = 81,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti ve smyku

$E = 210,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti v tahu

$W_{y,el} = 2,887 \text{E-5 m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{z,el} = 1,334 \text{E-5 m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{y,pl} = 4,586 \text{E-5 m}^3$ plastický průřezový modul

$W_{z,pl} = 2,358 \text{E-5 m}^3$ plastický průřezový modul

Max. tah - podélné ztužení č.01 (B243)						Vnitřní síly	
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charak.	Návrh.
						N [kN]	N [kN]
1.1	Vlastní tíha	0,90	1,00	1,00	1,00	-1,42	-1,28
1.2	Ostatní stáله zat.	0,90	1,00	1,00	1,00	-0,01	-0,01
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	28,20	28,55
3.1	Teplota léto L	1,50	0,60	1,00	1,00	25,44	22,90
4.15	BR po.zt. vrchní N+	1,30	1,00	1,00	1,00	69,56	90,43
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,30	1,00	1,00	0,50	1,73	1,12
7.15	LM71 po.zt. vrchní N+	1,00	1,00	1,43	1,00	-12,67	-18,06

$N_{LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$
[kN]	[kN]
-18,06	141,71

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Max. tlak - podélné ztužení č.01 (B243)						Charakteristické vnitřní síly		
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	N	My	Mz
						[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	-1,42	-0,02	-0,02
1.2	Ostatní stáje zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	-0,01	0,00	0,00
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	-28,29	-0,43	-0,43
3.4	Teplota zima P	1,50	0,60	1,00	1,00	-27,37	-0,42	-0,42
4.16	BR po.zt. vrchní N-	1,30	1,00	1,00	0,63	-69,58	-1,07	-1,07
5	Ostřed. síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	-1,73	-0,03	-0,03
7.16	LM71 po.zt. vrchní N-	1,30	1,00	1,43	1,00	-17,38	-0,27	-0,27

Návrhové vnitřní síly			
zs	N	My	Mz
	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	1,62	0,02	0,02
1.2	0,01	0,00	0,00
2.4	28,64	0,44	0,44
3.4	24,63	0,38	0,38
4.16	56,88	0,87	0,87
5	0,00	0,00	0,00
6.1	1,12	0,02	0,02
7.16	32,21	0,50	0,50

Souhrn návrhových vnitřních sil					
$N_{LM71,Ed}$	$M_{y,LM71,Ed}$	$M_{z,LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$	$M_{y,rs,Ed}$	$M_{z,rs,Ed}$
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]
32,21	0,50	0,50	112,92	1,73	1,73

Posouzení na maximální účinky tahu Neoslabený průřez

$$N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$$

$$N_{pl,Rd} = 324,55 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{pl,Rd} < 1,00$$

$$0,38 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Oslabený průřez

$$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 238,69 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{u,Rd} < 1,00$$

$$0,59 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na maximální účinky tlaku (vzpěru)

Excentrické připojení výplňových prutů z úhelníků bylo zohledněno a posouzeno dle ČSN EN 1993-1-1 Přílohy BB článku BB 1.2.

Kolmo k ose y

$$N_{cr,y} = \pi^2 E I_y / L^2$$

$$N_{cr,y} = 1251,87 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$\bar{\lambda} = 0,534$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi = 0,699$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi_y = 0,87$$

$$\chi = \min (\chi_y; \chi_z; \chi_v)$$

$$\chi = \min (0,87; 0,57; 0,55)$$

$$\chi = 0,55$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_y / \gamma_{M1}$$

$$N_{b,Rd} = 162,40 \text{ kN}$$

Kolmo k ose z

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / L^2$$

$$N_{cr,z} = 326,23 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$\bar{\lambda} = 1,046$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$$

$$\phi = 1,191$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi_z = 0,57$$

Excentricita připojení

osa z \rightarrow v

$$\bar{\lambda}_v = 0,35 + 0,7 \bar{\lambda}$$

$$\bar{\lambda}_v = 1,0823$$

$$\phi_v = 1,236$$

$$\chi_v = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$$

$$\chi_v = 0,55$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} < 1,00$$

$$0,89 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.8 Posouzení na překlpení

Z důvodů nepříznivých výsledků, se postupovalo při posouzení na překlpení podle Metodického pokynu podle přílohy G a zredukoval se korekční součinitel pro zatížení mostu od účinku větru.

zs	zatížení	γ_g / γ_q	ψ_0	r	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Působící zatížení	
						Charakteristické	Návrhové
						F	F
						[kN]	[kN]
1.1	Vlastní tíha - F_{g0}	0,95	1,00	-	1,00	87,86	83,47
1.2	Ostatní stálé - F_{g1}	0,95	1,00	-	1,00	26,97	25,62
2.6	Vítr - na kci - F_{wGk}	1,35	1,00	0,70	1,00	15,21	20,54
2.7	Vítr - na vlak - F_{wpk}	1,35	1,00	3,40	1,00	43,38	199,27
4	Boční ráz - F_{sk}	1,30	1,00	1,40	1,00	35,00	63,84
6	Rozjezd./Brzd. Síly	1,30	1,00	3,20	1,00	0,00	0,00
10	Nezat. vlak - F_{pk}	0,95	1,00	-	1,00	157,92	150,02
9.1 *	Kolej. Rošt	0,95	1,00	-	1,00	19,93	18,93
9.2 **	Kolej - F_{kl}	0,95	1,00	1,32	1,00	25,00	31,28

* Je uvažovaná vlastní tíha kolejového roštu v předpolí konstrukce v délce 3 m před i za objektem.

** Je počítáno s příčným odporem koleje, který je dle předpisu SŽDC S3/2 pro dřevěnné prážce min. 5 kN/m. Je uvažováno se spolupůsobící délkou koleje před i za objektem v délce 3 m. Rameno stabilizující síly je vztaženo ke kraji dolní pásnice hlavního nosníku včetně zohlednění excentricit.

$$\begin{aligned}
 & \text{Stabilizační účinky} \geq \text{Destabilizační účinky} \\
 & (F_{g0} \cdot \gamma_g + F_{g1} \cdot \gamma_g) \cdot (b/2) + (F_{pk} \cdot \gamma_q + F_{g2} \cdot \gamma_g) \cdot ((b/2) - e) \geq F_{wGd} \cdot r_{wG} \cdot \gamma_q + F_{wpd} \cdot r_{wp} \cdot \gamma_q + F_{sd} \cdot r_s \cdot \gamma_q \cdot \psi_0 + F_{tk} \cdot r_{tk} \cdot \gamma_q \\
 & 83,47 + 25,62 \cdot (2,02/2) + (150,02 + 18,93) \cdot ((2,02/2) - 0,12) + 31,28 \geq 20,54 + 199,27 + 63,84 + 0 \\
 & \mathbf{291,60 \text{ kN}} > \mathbf{283,65 \text{ kN}} \quad \mathbf{Vyhovuje}
 \end{aligned}$$

5.9 Zatížitelnost spodní stavby

Spodní stavba svým stavem nelimituje zatížitelnost objektu a bude odpovídat stanovené nejmenší rozhodující zatížitelnosti nosné konstrukce.

6 Stanovení zatížitelnosti - MSP

6.1 Svislé přetvoření hlavního nosníku K01

Při stanovení zatížitelnosti z hlediska mezního stavu použitelnosti bylo postupováno dle metodického pokynu SŽDC.

Stanovení zatížitelnosti z průhybů

$E = 210,000E+9$ Pa - modul pružnosti

$I_y = 39,616E-4$ m⁴ - moment setrvačnosti jednoho hlavního nosníku

$l = 10,92$ m - rozpětí nosníku

Mezní průhyb stanoven ČSN EN 1990/A1, příloha A2:

$$f_{lim} = \frac{L}{600} = \frac{10,92}{600} = 18,20 \text{ mm}$$

			Průhyb	
			charakteristické	návrhové
zs	zatížení	ϕ	w	w
			[mm]	[mm]
7.2	LM71 hl.n. mMy	1,43	17,20	24,52
		Σw	17,20	24,52

$$f_{max} = 24,52$$

$$f_{lim} > f_{max}$$

$$18,20 \text{ mm} < 24,52 \text{ mm}$$

Nevyhovuje

Zatížitelnost z průhybů

$$Z_{LM71} = (f_{lim} - f_{rs}) / F_{LM71}$$

$$Z_{LM71} = (18,2 - 0) / 24,52$$

$$Z_{LM71} = 0,74$$

6.2 Svislé přetvoření hlavního nosníku K01 - pohodlí cestujících

$E = 210,000E+9$ Pa - modul pružnosti

$I_z = 39,616E-4$ m⁴ - moment setrvačnosti jednoho hlavního nosníku

$l = 10,92$ m - rozpětí nosníku

			Průhyb	
			charakteristické	návrhové
zs	zatížení	součin. ψ / ϕ	w	w
			[mm]	[mm]
2.4	Vítr reduk. zprava	1,00	0,91	0,91
3.2	Teplota léto P	1,00	0,20	0,20
4.2	BR hl.n. mMy	1,00	0,90	0,90
5	Ostřed. síly	1,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,00	0,50	0,50
7.2	LM71 hl.n. mMy	1,43	17,20	24,52
		Σw	19,71	27,03

Souhrn průhybů	
f_{rs}	f_{LM71}
[mm]	[mm]
2,51	24,52

Zatížitelnost z průhybů

$$Z_{LM71} = (f_{lim} - f_{rs}) / F_{LM71}$$

$$Z_{LM71} = (6,8 - 1) / 6,33$$

$$Z_{LM71} = 0,64$$

6.3 Vodorovné přetvoření hlavního nosníku K01

$E = 210,000E+9$ Pa - modul pružnosti
 $I_z = 400,608E-4$ m⁴ - moment setrvačnosti obou hlavních nosníků, jako celku
 $l = 10,92$ m - rozpětí nosníku

zs	zatížení	součin. Ψ / ϕ	Průhyb	
			charakteristické	návrhové
			w [mm]	w [mm]
2.4	Vítr reduk. zprava	1,00	1,20	1,20
3.2	Teplota léto P	1,00	1,90	1,90
4.2	BR hl.n. mMy	1,00	3,50	3,50
5	Ostřed. síly	1,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,00	0,10	0,10
7.2	LM71 hl.n. mMy	1,43	0,20	0,29
Σw			6,90	6,99

Souhrn průhybů	
f_{rs}	f_{LM71}
[mm]	[mm]
6,70	0,29

$f_{lim} = 18,2$ mm < $f_{max} = 7$ mm **Vyhovuje**

Zatížitelnost z průhybů

$$Z_{LM71} = (f_{lim} - f_{rs}) / F_{LM71}$$

$$Z_{LM71} = (18,2 - 6,7) / 0,29$$

$$Z_{LM71} = > 5$$

Maximální změna poloměru křivosti

$$r < r_{lim}$$

$$r = L^2 / 8 \delta_h \quad r = 2134$$

$$r_{lim} = 1700 \text{ m dle ČSN EN 1990/A2 Tab. A2.8}$$

$$r_{lim} = 8,77 \text{ mm} > r = 6,99 \text{ mm} \quad \text{Vyhovuje}$$

6.4 Svislé pootočení hlavního nosníku K01

Stanovení zatížitelnosti z průhybů

$E = 210,000E+9$ Pa - modul pružnosti
 $I_y = 39,616E-4$ m⁴ - moment setrvačnosti jednoho hlavního nosníku
 $l = 10,92$ m - rozpětí nosníku
 $\phi_{lim} = 0,01$ rad - dle MP 4.7.18

zs	zatížení	ϕ	Průhyb	
			charakteristické	návrhové
			ϕ [rad]	ϕ [rad]
7.2	LM71 hl.n. mMy	1,43	0,0048	0,0068
$\Sigma \phi$			0,0048	0,0068

$\phi_{lim} = 0,0065$ rad < 0,0068 rad **Nevyhovuje**

Zatížitelnost z průhybů

$$Z_{LM71} = (f_{lim} - f_{rs}) / F_{LM71}$$

$$Z_{LM71} = (0,007 - 0) / 0,007$$

$$Z_{LM71} = 0,95$$

6.5 Vodorovné pootočení hlavního nosníku K01

- $E = 210,000E+9 \text{ Pa}$ - modul pružnosti
 $I_z = 400,608E-4 \text{ m}^4$ - moment setrvačnosti obou hlavních nosníků, jako celku
 $l = 10,92 \text{ m}$ - rozpětí nosníku

zs	zatížení	součin. ψ / ϕ	Průhyb	
			charakteristické	návrhové
			ϕ [rad]	ϕ [rad]
2.2	Vítr zprava	1,00	0,0003	0,0003
3.3	Teplota zima L	1,00	0,0005	0,0005
4.2	BR hl.n. mMy	1,00	0,0005	0,0005
5	Ostřed. síly	1,00	0,0000	0,0000
6.2	Rozj. proti směr	1,00	0,0000	0,0000
7.2	LM71 hl.n. mMy	1,43	0,0002	0,0003
$\Sigma \phi$			0,0015	0,0016

Souhrn průhybů	
f_{rs}	f_{LM71}
[mm]	[mm]
0,0013	0,0003

$\phi_{lim} = 0,0035 \text{ rad} > 0,0016 \text{ rad}$ **Vyhovuje**

Zatížitelnost z průhybů

$$Z_{LM71} = (f_{lim} - f_{rs}) / F_{lm71}$$

$$Z_{LM71} = (0,0035 - 0,0013) / 0,0003$$

$$Z_{LM71} = > 5$$

7 Stanovení výjimečné zatížitelnosti

7.1 Stanovení výjimečné zatížitelnosti v místě maximálního ohybového momentu

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Zatížení pro výjimečnou zatížitelnost bylo upraveno dle MP. Součinitel zatížení $\gamma_Q = 1,10$. Rychlost větru byla snížena na 5 m/s a součinitel kombinace $\psi = 1$.

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00$ MPa mez kluzu

$f_u = 360,00$ MPa mez pevnosti

$\varepsilon = 1,01$

$\gamma_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti

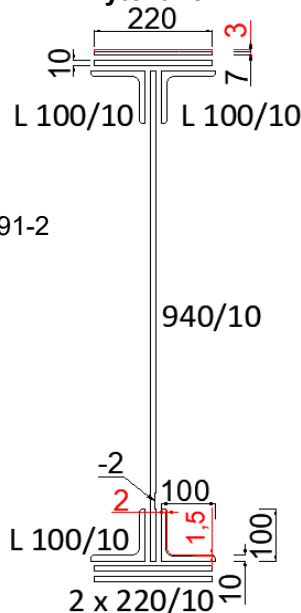
Podmínka pro tažené části.

$$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$2787,12 \text{ kN} \geq 2626,80 \text{ kN}$$

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



Geometrické vlastnosti

$L = 10,92$ m rozpětí hlavního nosníku

$L_\phi = 10,92$ m náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2

$\phi = 1,43$ dynamický součinitel

$h = 980,00$ mm výška nosníku

$t_{f,h} = 30,00$ mm tloušťka horní pásnice

$t_{f,d} = 30,00$ mm tloušťka dolní pásnice

$b_{f,h} = 220,00$ mm šířka horní pásnice

$b_{f,d} = 220,00$ mm šířka dolní pásnice

$h_w = 940,00$ mm výška stojiny účinná na smyk

$t = 10,00$ mm tloušťka stojiny

Tř.pr. = 3 třída průřezu

Oslabení horní pásnice a levého dolního úhelníku.

Průřezové charakteristiky

Celkové

$A = 2,467E-2$ m²

$I_y = 3,962E-3$ m⁴

$I_z = 4,772E-5$ m⁴

$i_y = 400,7$ mm

$i_z = 44,0$ mm

$W_{el,y} = 8,002E-3$ m³

$W_{el,z} = 4,276E-4$ m³

$W_{pl,y} = 9,653E-3$ m³

$W_{pl,z} = 7,424E-4$ m³

$S_y = 4,069E-3$ m³

Nejvíce namáhané vlákno č. 37

$A = 2,467E-2$ m²

$I_y = 3,962E-3$ m⁴

$I_z = 4,772E-5$ m⁴

$i_y = 400,7$ mm

$i_z = 44,0$ mm

$W_{el,y} = -8,170E-3$ m³

$W_{el,z} = 4,276E-4$ m³

$W_{pl,y} = 9,653E-3$ m³

$W_{pl,z} = 7,424E-4$ m³

$S_y = 0,000E+0$ m³

plocha průřezu

moment setrvačnosti

moment setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

poloměr setrvačnosti

elastický průřezový modul

elastický průřezový modul

plastický průřezový modul

plastický průřezový modul

statický moment

Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$

$\xi = 0,95$

klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2

redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle Metodického pokynu SŽDC

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

Rozhodující skupina zatížení

6.10b

Kombinace zatížení dle výrazu

GR12

zs	zatížení	V_f	ψ_0	ϕ	Z_{uvaz} / GR_{xx}	Charakteristické vnitřní síly			
						N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	2,33	-1,50	58,70	-0,01
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,32	-0,96	16,85	0,00
2.5	Vítr výjimečná zat.	1,35	1,00	1,00	1,00	1,76	0,12	2,56	-0,03
3.2	Teplota léto P	1,50	0,60	1,00	1,00	17,09	-0,36	-1,28	1,15
4.2	BR hl.n. mMy	1,10	1,00	1,00	1,00	111,64	-4,09	66,99	-6,20
5	Ostřed. síly	1,10	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směr	1,10	1,00	1,00	0,50	63,61	14,26	24,62	-0,06
7.2	LM71 hl.n. mMy	1,10	1,00	1,43	1,00	14,07	-49,10	1136,80	-0,06

zs	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
1.1	2,66	1,71	66,92	-0,01	-0,11	-8,19	-0,03	-8,33	0,00	8,33
1.2	0,36	1,09	19,21	0,00	-0,01	-2,35	0,00	-2,37	0,00	2,37
2.5	2,38	0,16	3,46	-0,04	-0,10	-0,42	-0,09	-0,61	0,00	0,61
3.2	15,38	0,32	0,00	0,00	-0,62	0,00	0,00	-0,62	0,00	0,62
4.2	122,80	4,50	73,69	-6,82	-4,98	-9,02	-15,95	-29,95	0,00	29,95
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	34,99	0,00	13,54	-0,03	-1,42	-1,66	-0,08	-3,15	0,00	3,15
7.2	22,07	77,01	1782,88	-0,09	-0,89	-218,23	-0,22	-219,34	0,00	219,34

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
rs,Ed	178,57	7,79	176,81	-6,90	-7,24	-21,64	-16,15	-45,03	0,00	45,03
LM71,Ed	22,07	77,01	1782,88	-0,09	-0,89	-218,23	-0,22	-219,34	0,00	219,34
Celkem	200,63	84,79	1959,69	-7,00	-8,13	-239,87	-16,37	-264,37	0,00	264,37

* Rychlost větru uvažovaná ve výpočtu je 5 m/s.

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 84,79 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
Rd =	120,72 MPa
$\tau_{rs} =$	1,00 MPa
$\tau_{LM71} =$	9,89 MPa
$Z_{LM71} =$	>5

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,068 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{-178567,50}{5158272,73} + \frac{176813,00}{-1708225,75} + \frac{-6904,90}{89412,78} = 0,215$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-22066,41}{5158272,73} + \frac{1782877,77}{-1708225,75} + \frac{-94,10}{89412,78} = 1,049$$

Vstupní zatížitelnost do iteračního postupu

Zatížitelnost Z_{LM71}

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 0,75$$

KROK 3 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 0,75$$

Jelikož je zatížitelnost menší než 1,0 může se dle metodického pokynu SŽDC redukovat účinky bočních rázů, odstředivých a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem.

	iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normál. σ_x	$\eta_{1,rs}$	0,22	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
	$\eta_{1,LM71}$	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
	Z_{LM71}	0,75	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Srov. σ_e	$\sigma_{e,rs}$	45,03	36,69	37,94	37,75	37,78	37,78	37,78	37,78	37,78	37,78
	$\sigma_{e,LM71}$	219,34	219,34	219,34	219,34	219,34	219,34	219,34	219,34	219,34	219,34
	Z_{LM71}	0,75	0,79	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	2,66	1,71	66,92	-0,01	-0,11	-8,19	-0,03	-8,33	0,00	8,33
1.2	0,36	1,09	19,21	0,00	-0,01	-2,35	0,00	-2,37	0,00	2,37
2.5	2,38	0,16	3,46	-0,04	-0,10	-0,42	-0,09	-0,61	0,00	0,61
3.2	15,38	0,32	0,00	0,00	-0,62	0,00	0,00	-0,62	0,00	0,62
4.2	95,91	3,51	57,55	-5,33	-3,89	-7,04	-12,46	-23,39	0,00	23,39
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	27,32	0,00	10,58	-0,03	-1,11	-1,29	-0,06	-2,46	0,00	2,46
7.2	22,07	77,01	1782,88	-0,09	-0,89	-218,23	-0,22	-219,34	0,00	219,34

Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí										
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	144,01	6,80	157,71	-5,40	5,84	-19,30	-12,64	-29,45	0,00	37,78
LM71,Ed	22,07	77,01	1782,88	-0,09	0,89	-218,23	-0,22	-219,34	0,00	219,34
Celkem	166,08	83,81	1940,59	-5,50	6,73	-237,53	-12,86	-248,80	0,00	248,80

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro $v = 60 \text{ km/h}$					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	0,78	$Z_{LM71} =$	> 5	$Z_{LM71} =$	0,78
$\eta_1 =$	1,23	$\eta_3 =$	0,07	$\eta =$	1,26
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	0,03	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	0,03
$\sigma_{x,My} =$	0,93	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,93
$\sigma_{x,Mz} =$	0,05	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,05
$\tau =$	0,00	$\tau =$	1,00	$\tau =$	0,00

Výsledná zatížitelnost

$Z_{LM71} = \mathbf{0,78}$

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 24,778

8 Shrnutí výsledků

8.1 Shrnutí výsledků pro TTZ C3/60

Prvek	Redukce součinitelů	Součinitelé zatížení			Součinitelé materiálu			Z_{LM71}	$\psi \cdot \lambda_{lm71}$	Přechodný
		Y_G	$Y_{Q,LM71}$	Y_Q	Y_{M0}	Y_{M1}	Y_{M2}			
Hlavní nosník v místě max Vz	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	1,06	0,58	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Hlavní nosník v místě max My	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,63	0,59	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Hlavní nosník v místě pr 1-2 My	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,85	0,66	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Hlavní nosník v místě pr 1-2 Vz	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,91	0,66	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Hlavní nosník v místě pr 2-3 My	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,77	0,65	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Hlavní nosník v místě pr 2-3 Vz	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,92	0,67	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Hl. n. max My - výjimečná zat.	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,78	0,66	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Únosnost krčnic nýtů	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,73	0,60	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Výjimečná zat. Krčnic nýtů	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,77	0,60	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-

8.2 Shrnutí výsledků pro prvky ztužení

Posudek příčné a podélného ztužení pro LM71/50									
Typ ztužení / prvek - typ namáhání	Redukce součinitelů	Součinitelé zatížení			Součinitelé materiálu			Posudek	Přechodný
		Y_G	$Y_{Q,LM71}$	Y_Q	Y_{M0}	Y_{M1}	Y_{M2}		
Příčné ztužení spodní část - tah	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,37	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné ztužení spodní část - prostý vzpěr - osa y	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,69	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné ztužení spodní část - prostý vzpěr - osa z	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,80	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné ztužení horní část - tah	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,43	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné ztužení horní část - prostý vzpěr - osa y	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,60	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné ztužení horní část - prostý vzpěr - osa z	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,84	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné ztužení diagonála - tah	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,66	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné ztužení diagonála - prostý vzpěr - osa y	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,92	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné ztužení diagonála - prostý vzpěr - osa z	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,93	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km **24,778**

Podélné ztužení spodní - tah	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,75	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné ztužení spodní - prostý vzpěr - osa y	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,70	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné ztužení spodní - prostý vzpěr - osa z	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	1,50	Ne
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné ztužení spodní zesílené - tah	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,47	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné ztužení spodní zes. - prostý vzpěr - osa y	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,58	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné ztužení spodní zes. - prostý vzpěr - osa z	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,99	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné ztužení horní - tah	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,59	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné ztužení horní - prostý vzpěr - osa y	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,56	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné ztužení horní - prostý vzpěr - osa z	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,86	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-

* u příčného ztužení a podélného ztužení byla použita redukce bočního rázu, odstředivých a rozjezdových sil o maximální zatížitelnost

9 Závěr

Přepočtem byla zjištěna maximální zatížitelnost od působení maximálního ohybového momentu M_y na hlavní nosník $Z_{\max} = 0,63$. U výpočtu se uvažovala redukce účinků větru dle Metodického pokynu podle přílohy G a redukce dopravy od maximální zatížitelnosti.

Dolní podélné ztužení ani po využití veškerých redukcí nesplňuje posudek na tlak, proto bylo použito zesílení prvků. Z původního profilu L 60/7 bylo použito zesílení na nový profil L 75/8 a zlepšení materiálu z původní plávkové oceli na ocel S235.

Za předpokladu výměny prvků dolního podélného ztužení je nosná konstrukce přechodná pro provozní zatížení odpovídající traťové třídě C3 s přidruženou rychlostí 60 km/h dle EN 15528 a splňuje tak požadavek zadavatele.

V Pardubicích 1/2021

 **Správa železnic**
státní organizace
Centrum telematiky a diagnostiky
Malletova 2363/10, 190 00 Praha 9
IČO: 70994234 DIČ: CZ70994234
[65]

.....
Bc. Lucie Zučková

kontrolující statik:

V Praze 1/2021

.....
doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

autorizovaný inženýr v oboru mosty a inženýrské konstrukce

PŘÍLOHA č.1 - Přehled zatížitelnosti části mostu

A. Identifikace mostu

TÚ (číslo, název): 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou km: 24,778
(mimo)

DÚ (číslo, název): 12 Zbraslavice - Zruč n/Sázavou

B. Identifikace části mostu

Část mostu: nosná konstrukce / opěra / pilíř, K01

poř. číslo 1 pod kolejí č. 1
(ve směru staničení)

C. Doplnující údaje části mostu

Kategorie zatížitelnosti: C

Výpočtový model: 3D model - Scia Engineer 19.1

Geometrie koleje, uvažovaná v přepočtu části mostu (ve směru staničení):

Kolej v přímé.

	na začátku	uprostřed	na konci
poloměr oblouku	- [m]	- [m]	- [m]
převýšení koleje	0 [mm]	0 [mm]	0 [mm]
excentricita osy koleje	38 [mm]	25 [mm]	10 [mm]

Směrná úroveň spolehlivosti $\beta = -$ zbytková životnost: -

Popis použitých úlev:

V přepočtu bylo použito redukce korekčního součinitele od účinku větru podle Metodického pokynu podle přílohy G.

Dále se použilo redukce bočních rázů a rozjezdových sil o maximální zatížitelnost u výpočtu podélného a příčného ztužení.

Popis závad uvažovaných v přepočtu části mostu:

Uvažuje se skutečné oslabení prvků hlavních nosníků i ztužení.

- U všech posudků levého hlavního nosníku je uvažováno oslabení horní pásnice pod mostnicemi o 1 mm. U posudku pro maximální ohybový moment M_y je oslabení o 3 mm.
- U posudku pro maximální V_z je uvažováno oslabení stojiny nad dolními krčními úhelníky ve výšce 20 mm a o hloubce 3 mm. Dále se uvažuje oslabení svislé stěny krčního úhelníku o 6 mm a vodorovné stěny o 4 mm v celé výšce.
- U posudku pro maximální M_y je uvažováno oslabení stojiny nad dolními krčními úhelníky ve výšce 30 mm a o hloubce 2 mm. Dále se uvažuje oslabení svislé stěny krčního úhelníku o 2 mm a vodorovné stěny o 1,5 mm v celé výšce.
- Chybějící vodorovná strana dolního pasu příčného ztužení.

Datum zjištění technického stavu mostu:

SŽDC, s.o.: 21 / 9 / 2020
zpracovatelem přepočtu: 21 / 9 / 2020

Poznámka k části mostu:


Za předpokladu výměny nevyhovujících a zkorodovaných prvků ztužení je konstrukce přechodná pro provozní zatížení odpovídající traťové třídě zatížení C3 s přidruženou rychlostí 60 km/h. Zatížitelnost ztužení nebyla stanovení malého namáhání od samotného vlaku LM71. Dominantním zatížením je boční ráz. Z tohoto důvodu bylo přistoupeno přímo k posouzení prvků (viz kap. 5.7 a shrnutí výsledků kap. 8.)

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km **24,778**

Poř.	Prvek	Detail	Namáhání		ki	typ	Lp	ϕ i	Lϕ	γ _{F1M71}	γ _{F1M71E}	Viz	Z _{LM71}	Z _{LM71E}	Poznámky
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Hlavní nosník v místě maximální posouvající síly	Těžiště	Smyk		1,00	V	10,92	1,43	10,92	1,30	-	31	1,06	-	
2	Hlavní nosník v místě maximálního svislého ohybového momentu	Dolní pásnice vpravo	Srov. napětí	σ _{x,Nx}	0,03	M	10,92	1,43	10,92	1,30	1,1	34	0,63	0,78	pro vyjíměčnou zátížitelnost je uvažovaná v _{b,0} = 5 m/s
				σ _{x,My}	0,93	M									
				σ _{x,Mz}	0,04	M									
				τ	0,00	M									
3	Hlavní nosník v místě změny průřezu 1-2 pro max My	Dolní krční úhelník vpravo	Srov. napětí	σ _{x,Nx}	0,02	M	10,92	1,43	10,92	1,30	-	38	0,85	-	
				σ _{x,My}	0,84	M									
				σ _{x,Mz}	0,14	M									
				τ	0,00	M									
4	Hlavní nosník v místě změny průřezu 1-2 pro max Vz	Dolní krční úhelník vpravo	Srov. napětí	σ _{x,Nx}	-0,03	M	10,92	1,43	10,92	1,30	-	42	0,91	-	
				σ _{x,My}	0,89	M									
				σ _{x,Mz}	0,14	M									
				τ	0,00	M									
5	Hlavní nosník v místě změny průřezu 2-3 pro max My	Horní pásnice vlevo	Srov. napětí	σ _{x,Nx}	-0,03	M	10,92	1,43	10,92	1,30	-	46	0,77	-	
				σ _{x,My}	0,95	M									
				σ _{x,Mz}	0,08	M									
				τ	0,00	M									
6	Hlavní nosník v místě změny průřezu 2-3 pro max Vz	Horní pásnice vlevo	Srov. napětí	σ _{x,Nx}	-0,02	M	10,92	1,43	10,92	1,30	-	50	0,92	-	
				σ _{x,My}	0,94	M									
				σ _{x,Mz}	0,09	M									
				τ	0,00	M									
7	Hlavní nosník	Krční nýty	Lokální napětí	σ _x	0,26	S	1,25	2,00	1,25	1,30	1,10	55	0,74		
			Smyk	τ	0,74	V	10,92	1,43	10,9						
8	Lokální stabilita stojiny	Horní vlákna	σ _x	0,86	S	1,25	2,00	1,25	1,30	-	54	1,24	-		
			τ	0,14	V	10,92	1,43	10,92							
9	Hlavní nosník - průhyb	Těžiště průřezu	Ohyb	1,00	M	10,92	1,43	10,92	1,0	-	71	0,74	-		
10	Hlavní nosník - pootočení	Těžiště průřezu	Ohyb	1,00	M	10,92	1,43	10,92	1,0	-	72	0,95	-		
11	Hlavní nosník - průhyb - pohodlí cestujících	Těžiště průřezu	Ohyb	1,00	M	10,92	1,43	10,92	1,0	-	71	0,64	-		


Správa železnic
 státní organizace
 Centrum telematiky a diagnostiky
 Malletova 2363/10, 190 00 Praha 9
 IČO: 70994234 DIČ: CZ70994234
 [65]

Dne: 5 / 1 / 2021 zatížitelnost určil:

Bc. Lucie Zučková