

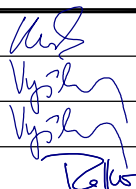



ZMENY PROJEKTOVEJ DOKUMENTÁCIE:

Zmena				
	Index:	Dátum:	Meno - Podpis:	Text zmeny:

Zodpovedný projektant stavby:	Ing. Ján Kušnir		 REMIING CONSULT, a.s., Tomášikova 14366/64A, 831 04 Bratislava - mestská časť Nové Mesto
GENERÁLNY PROJEKTANT STAVBY			
Zákazkové číslo:	0608		

Zodpovedný projektant UČS:	Ing. Ján Kušnir		 DAQE Slovakia s.r.o. Pribinova 8953/62, 010 01 Žilina www.daqe.sk, info@daqe.sk	
Zodpovedný projektant objektu:	Ing. Peter Vyšlan			
Vypracoval:	Ing. Peter Vyšlan			
Kontroloval:	Ing. Lukáš Rolko			
Kraj: Žilinský	Okres: Liptovský Mikuláš			
Investor - stavebník:	Železnice Slovenskej republiky Klemensova 8, 813 61 Bratislava, Slovenská republika		Stupeň - účel:	DRS
Stavba: Modernizácia železničnej trate Žilina - Košice, úsek trate Liptovský Mikuláš - Poprad-Tatry (mimo), 5. etapa UČS 409 - Traťový úsek Liptovský Hrádok – Liptovský Mikuláš			Zákazkové číslo:	0608
			Archívne číslo:	
			Dátum:	09/2024
			Počet A4:	A4
			Mierka:	-
Názov SO:	SO 409-33-01 Liptovský Hrádok - Liptovský Mikuláš, železničný most nad cestou I/18 v nžkm 244,475		Časť: E	Súprava:
Názov prílohy:	STATICKÝ VÝPOČET		Číslo SO: 409-33-01	
Kódové označenie výkresu:	0608 - DRS - E - 409 - 33 - 01 00 - 016 - 00		Číslo prílohy:	16

**SO 409-33-01 Liptovský Hrádok - Liptovský Mikuláš, železničný most nad cestou I/18
v nžkm 244,475**

1. Identifikačné údaje

1.1 Stavba

Názov stavby: **Modernizácia trate Žilina – Košice,
úsek trate Liptovský Mikuláš – Poprad Tatry (mimo), 5. etapa**

UČS: 409 – t. ú. Liptovský Hrádok – Liptovský Mikuláš

Miesto objektu: traťový úsek Liptovský Hrádok – Liptovský Mikuláš

Okres: Liptovský Mikuláš

Kraj: Žilinsky

Katastrálne územie: Podtureň

1.2 Stavebník

Názov stavebníka: Železnice Slovenskej republiky, Bratislava
Klemensova č.8, 813 61 Bratislava

1.3 Projektant

Generálny projektant: **REMING CONSULT a.s.
Tomášikova 64A, LakeSide Park II
831 04 Bratislava**

Manažér projektu: Ing. Ján Kušnír

Spracovateľ PD: **DAQE Slovakia, s.r.o.**
Pribinova 8953/62, 010 01 Žilina

Zodpovedný projektant: Ing. Peter Vyšlan

Stupeň PD: **DRS**

1.4 Správca objektu

Budúci správca: **Železnice Slovenskej republiky, Mostný obvod,
Pri plynárni č.1,
041 50 Košice**

2. Technická správa k statickému výpočtu

Predmetom tohto statického výpočtu je návrh hlavných častí železničného mosta, ktorý premostuje cestu I/18 pred Liptovským Hrádkom v smere od Liptovského Mikuláša v nžkm 244,475. Pri návrhu a posúdení nosnej konštrukcie sú použité v súčasnosti platné normy a predpisy pre navrhovanie a posudzovanie oceľových, betónových a geotechnických konštrukcií.

2.1 Technické riešenie

Nové smerové vedenie železničnej trate v úseku medzi Paludzou a Liptovským Hrádkom, navrhnuté v rámci modernizácie železničnej trate Liptovský Mikuláš–Poprad pre traťovú rýchlosť do 160km/h, si vyžiadalo vybudovať nový železničný most, ktorý prevedie železničnú trať ponad pozemnú komunikáciu I/18 v úseku pred vjazdom do Liptovského Hrádku v smere od Liptovského Mikuláša. Most musí byť riešený ako dvojkoľajná konštrukcia z dôvodu nedostatočnej vzdialenosti koľají navrhovanej trate potrebnej pre dve jednokľajné konštrukcie. Z dôvodu smerového, výškového vedenia trasy a obrysu gabaritu cesty I/18 (+ rezerva 150mm) je snaha o minimalizovanie stavebnej výšky konštrukcie. Ako samotná nosná konštrukcia bola s rešpektovaním uvedených skutočností navrhnutá jednopoložná dvojkoľajná konštrukcia. Z konštrukčného a statického hľadiska sa jedná o dvojkoľajný plnostenný trámový most vystužený oblúkom s dolnou ortotropnou mostovkou pre priebežné koľajové lôžko – Langerov trám s rozpätím poľa 75,6m. Most je uložený na novej spodnej stavbe, ktorú tvoria opora a pilier spoločný s nasledujúcim mostným objektom SO 409-33-02. Pri opore sú navrhnuté rovnobežné nesymetrické železobetónové krídla.

Hlavné údaje o navrhovanom objekte:

- Traťová rýchlosť: 160 km/h
- Smerové pomery: staničný obvod, MPP3,0 v priamej
- Sklonové pomery: vo výškovom oblúku $R_v=20000m$
- Zvršok: UIC60-B91
- Prekážka: pozemná komunikácia I/18
- Uhol križenie: $24,9^\circ$ ($27,67^\circ$)
- Svetlosť: 71,40m
- Rozpätie: 75,60m

2.2 Predpoklady výpočtu

2.2.1 Nosná konštrukcia

Most je riešený ako jednopoložný s rozpätím 75,6m. Na žilinskej strane za mostom pokračuje trať vedená na štvorpoľovej mostnej konštrukcii (SO 409-33-02). Jednotlivé mostné konštrukcie sú oddelené dilatačným zariadením. Na košickej strane je most ukončený mostným záverom a trať pokračuje ďalej po telese za mostom zachyteným rovnobežnými krídlami.

Konštrukciu mosta tvorí dvojica plnostenných celo - zváraných hlavných nosníkov, ktoré sú vystužené oblúkom. Langerov trám má vzopätie parabolického oblúka 13,5m a je na trám pripojený na excentricite 600mm. Oblúk je v rovine hlavného nosníka. Je rozdelený na 12 častí o rozpätiach 6,3m. Hlavné trámy sú plnostenné celozvárané komorové nosníky výšky 2,6m. Oblúk je uzatvorený prierez výšky 1200mm a šírky 1000mm. Zvislice sú navrhnuté z prierezu tyče ϕ 150mm, pripojené sú na hlavný nosník aj oblúk pomocou styčkových tvarovaných plechov pomocou zvarov. Horné stuženie zabezpečujú komorové prierezy 500x500x20mm ktoré začínajú v mieste portálovej - 3 zvislici z oboch strán mosta. Celkovo je navrhnutých 7ks horného stuženia umiestnených v priesečníkoch osi oblúka a zvislíc (č.3-č.9). Komorové nosníky hlavného trámu sú navrhnuté po celej dĺžke priechodné a vstup do nich je z čela nosníkov cez uzatvárateľný prielez.

Vzdialenosť osi hlavných nosníkov je 12,50 m. Medzi dvojicou hlavných nosníkov je umiestnená dolná ortotropná mostovka zložená:

- z pozdĺžnych výstuh o priereze s rozmermi 25x250 mm s osovou vzdialenosťou 420 mm
- z priečnych výstuh, ktoré sú plnostenné zvárané min. výšky 1225 mm (dostredný sklon odvodnenia), rozpätia 11,50 m a osovej vzdialenosti 2,1 m.
- plechom vane mostovky hrúbky 16 mm. (pri statickom výpočte uvažované 12 mm), boky vane sú zvisle a spodná časť v sklone 1:1 tak, že tvar je zhodný s tvarom mostovky mosta 409-33-02, priečny sklon je dostredný so sklonom 3% (v strede priečnika strechovitý).

V stene priečnikov sú otvory pre vedenie pozdĺžnych výstuh opatrené výrezmi. Celá konštrukcia je zváraná. Šírka mosta po vonkajšie okraje pásnic nosníkov je 13,70m. Nosná konštrukcia mosta je navrhnutá z ocele **S355J2**.

2.2.2 Ložiská

Nosná konštrukcia mosta bude uložená na hrncových ložiskách podľa STN EN 1337. Pevné uloženie nosnej konštrukcie bude na pilieri P. Pre možnú výmenu ložísk v budúcnosti budú priečniky mosta v mieste uloženia spevnené pre možné nadvihnutie mosta pomocou lisov. Ložiská sú osadené na podložiskových blokoch (náliatkoch), do ktorých sú upevnené pomocou úložnej platne zabudovanej v náliatku. Na dolné pásnice hlavných nosníkov sú skrutkované a sklon je vyrovnaný plechom s premenlivou hrúbkou, ktorý je prichytený k spodnej pásnici nosníka a zabezpečuje vodorovné uloženie na ložisku. Ložiska sa zalejú do vrstvy plastbetónu na bloky. Osadenie ložísk a nosnej konštrukcie na ložiská musí prebiehať pri vhodných teplotných podmienkach. Systém uloženia a druh ložísk je nasledovný.

Pevné ložisko bude umiestnené na pilieri P pod hlavným nosníkom pri koľaji č.2, vedľa neho bude pod nosníkom pri koľaji č.1 umiestnené pohyblivé ložisko s možnosťou pohybu iba v priečnom smere mosta. Na opore O1 bude pod hlavným nosníkom na priamke s pevným ložiskom umiestnené pohyblivé ložisko s uvoľneným pozdĺžnym smerom a vedľa neho pri koľaji č.1 bude umiestnené všesmerné ložisko pre priečny aj pozdĺžny pohyb.

2.2.3 Spodná stavba

Zakladanie objektu je navrhnuté ako hĺbkové na veľkopriemerových pilótach. Opora mosta je navrhnutá ako gravitačná so železobetónovým úložným prahom a so závernou stienkou. Základový blok je založený na veľkopriemerových pilótach priemeru 900mm dĺžky 9,0m v celkovom počte 15 ks pod základovou doskou opory - 5 radov po 3 ks. Rozmiestnenie pilót je po šírke opory vo vzdialenostiach 3,0-3,25-3,25-3,0m a v smere staničenia vo vzdialenostiach 2,2-2,2m. Po zhotovení pilót, s ktorých sa nechá trčať vystuž do základovej dosky sa zhotoví podkladový betón hrúbky 200mm. Na podkladovom betóne bude vybudovaná základová doska s rozmermi 15,40m x 6,50m so skosením 2 predných rohov 2,4x1,2m. Základ tak bude mať tvar lichobežníka s plochou 97,14m². Hrúbka základu bude 2,5m. Driek opory bude mať šírku 15,40m, hrúbku 5,00m a výšku po úložný prah 3,25m. Všetky rohy bude mať skosené 1,5x0,75m. Základ a driek budú zo slabo vystuženého betónu C30/37. S drieku sa nechá trčať výstuž na previazanie s výstužou úložného prahu. Samotný úložný prah bude z betónu C30/37. Výška úložného prahu bude 1,5m, šírka 15,60m čo na oboch stranách vytvorí presah oproti drieku 100mm. Rohy budú skosené v rovnakom pomere ako driek s odskokom oproti stene drieku o 100mm. Hrúbka úložného prahu bude 5,10m. Úložný prah bude vyspádovaný ku kanáliku, vytvoreného pri závernom múriku a vyspádovaný bude mimo oporu. Odvodňovací kanálik bude opatrený polovičným profilom PVC rúry DN150 vyspádovaným popri závernom múriku od osi mosta k okraju úložného prahu s presahom za okraj prahu 50mm. Spád kanálika bude 2%. Záverný múrik sa vybuduje až po vysunutí mosta na projektovanú polohu. Múrik bude mať hrúbku 1,45m a v hornej časti bude kvôli mostnému záveru rozšírený postupne v sklone 1:1 o hodnotu 400mm. Priestor medzi múrikom a oceľovou konštrukciou mosta poskytuje priestor šírky 600mm a výšky 1,0-1,4m. V závernom múriku bude vynechaná kapsa na osadenie

mostného záveru a tiež 2 kapsy pre vybudovanie prechodových dosiek. Na okraji bude vytiahnutá stienka ukončená rímsou so zábradlím. Na úložnom prahu budú vybudované pod ložiskové náliatky pre osadenie ložísk. Podložiskové bloky sa zhotovia z betónu C35/45. Výška blokov sa spresní podľa výšky druhu a typu ložiska. Pôdorysné rozmery blokov budú 1400x1400mm a budú v osovej vzdialenosti 12,5m. Horná hrana blokov bude upravená v sklone 30/30mm. Osová vzdialenosť od okraja úložného prahu po os uloženie je 1,55m. Krídla za oporou „O1“ sú tvorené uholníkovými opornými múrmi, ktoré sú ukončené rímsou so zábradlím. Na oporu plynule nadväzujú rovnobežné krídla, ktoré sú z dôvodu šikmého kríženia s prekážkou rôznej dĺžky. Sú navrhované z betónu C30/37. Krídlo pri koľaji č.1 má dĺžku 14,5 m a pri koľaji č.2 dĺžku 7,0 m. Konštrukcia krídel je riešená ako železobetónový uholníkový múr vystužený priečnymi rebrami. Základ krídel hrúbky 1,3m je riešený s ozubom. Krídlo je v hornej časti ukončené rímsou so zábradlím. Po dĺžke sa horná plocha rímsy smerom k opore zvyšuje čím sa vytvára priestor pre uzatvorené koľajové lôžko, ktoré pokračuje ďalej na moste. Výškovo aj smerovo je rímsa krídla napojená na rímsu opory O1. Popri koľaji č.1 je krídlo K-L dĺžky 14,5m s dilatálnou medzerou 20mm za oporou O1. Posledné 2,0m krídla sú zavesené. Krídlo je založené na únosnejšom podlaží. Výška drieku krídla je 7,75-8,25m. V časti vystuženej rebrami t.j. do výšky 6,2m od základu je hrúbka drieku 800mm.

V drieku krídla K-L bude prepich pomocou PVC rúrky DN200 na prechod rubového odvodnenia. Presná poloha prepichu je jasná z výkresu tvaru krídla. V hornej časti je driek pod rímsou zúžený na hrúbku 350mm. Rebrá sú vo vzdialenosti 3,0m a hrúbky 500mm. Krídlo K-P má dĺžku 7,0m, z čoho posledné 2,0m sú zavesené. Na prvých 5-tich metroch je riešené obdobne ako krídlo K-L.

2.2.4 Zaťaženie mosta

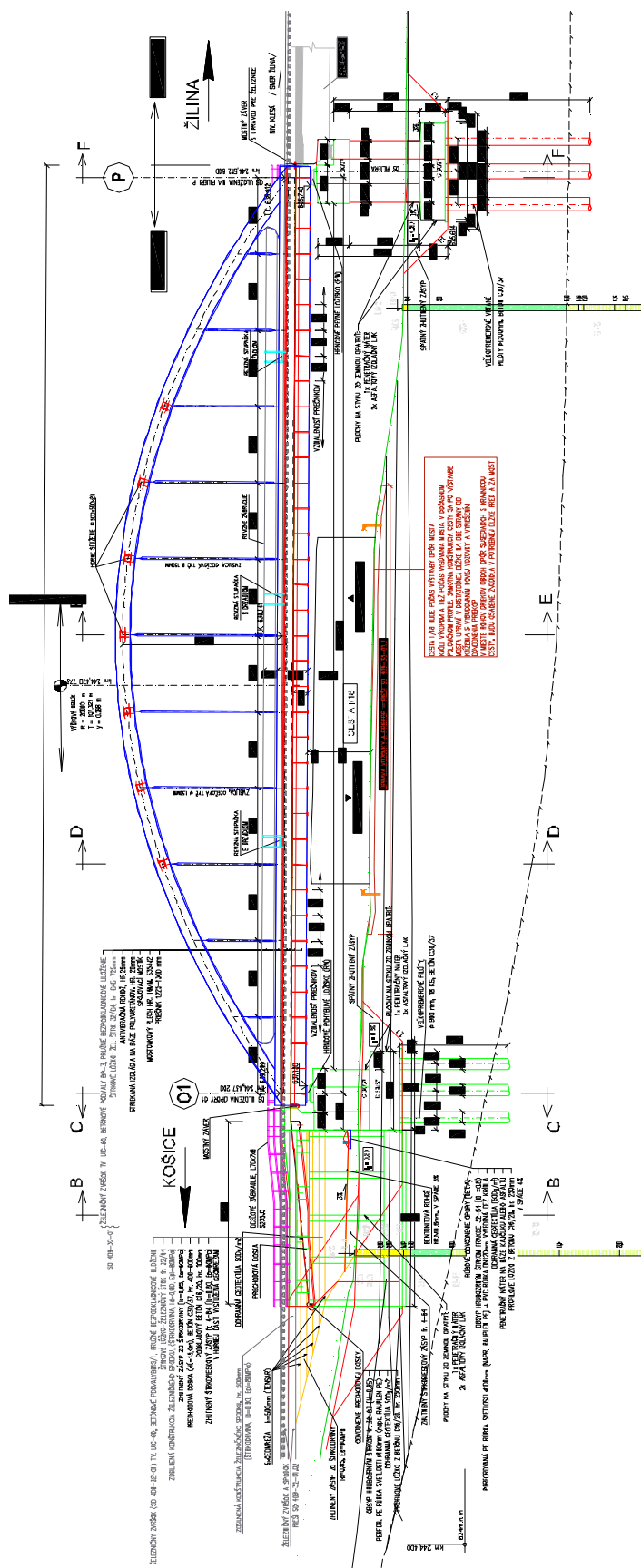
Most je navrhnutý na účinky zaťaženia podľa STN EN 1991-1-1 Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia – Objemové hmotnosti, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia. Pre zaťaženie pohyblivým dopravným zaťažením na účinky zaťažovacieho vlaku LM71 so súčiniteľom $\alpha=1,21$ a SW/2 vrátane dynamických účinkov platí STN EN 1991-2 Zaťaženie mostov dopravou. Zaťaženie od vetra je uvažované podľa príslušných článkov normy STN EN 1991-1-4.

2.3 Použité podklady a normy

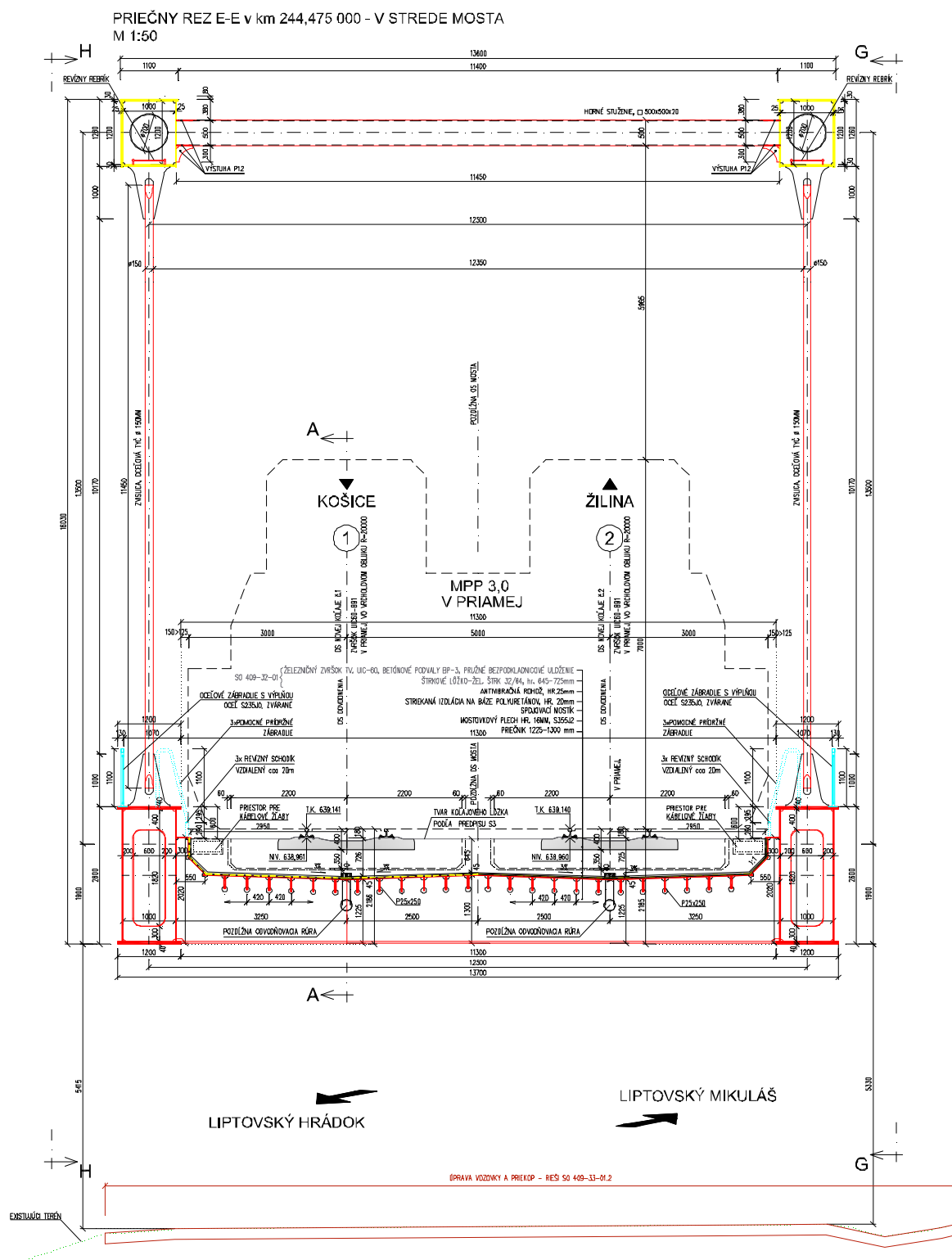
- [1] Dokumentácia pre stavebné povolenie spracovaná 10/2010,
- [2] Územné rozhodnutie, vydané dňa 31. 12. 2008 v Liptovskom Mikuláši,
- [3] Schvaľovacie rozhodnutie dokumentácie pre stavebné povolenie (č. 1847/2011 – SRP/55010),
- [4] Odborný posudok dokumentácie pre stavebné povolenie (č. 06850/2011/O420),
- [5] Inžiniersko-geologický prieskum (GEOFOS 11/2008, CADECO 10/2010),
- [6] Geodetické zameranie v súradnicovom systéme S-JTSK, výškovom systéme Balt p.v.,
- [7] Pozemné inžinierske siete uvedené podľa zákresu z evidencie jednotlivých správcov,
- [8] VL4 – mosty. Vzorové listy stavieb pozemných komunikácií.
- [9] Obhliadka a fotodokumentácia miesta stavby,
- [10] STN 28 0315 Priechodné prierezy celošt. dráh a vlečiek s rozchodom koľaje 1435 mm
- [11] STN 73 0037 Zemný tlak na stavebné konštrukcie
- [12] STN 73 1001 Zakladanie stavieb. Základová pôda pod plošnými základmi
- [13] STN 73 1002 Pilótové základy.
- [14] STN 73 3040 Geotextílie a geotextíliam podobné výrobky na stavebné účely. Základné ustanovenia a technické požiadavky
- [15] STN 73 3050 Zemné práce, všeobecné ustanovenia
- [16] STN 73 6133 Stavba ciest. Teleso pozemných komunikácií.
- [17] STN 73 6200 Mostné názvoslovie
- [18] STN 73 6201 Projektovanie a priestorové usporiadanie mostných objektov (+ zmena 1)
- [19] STN EN 1990 Zásady navrhovania konštrukcií + NA (národná príloha),

- [20] Eurokód 1 (EC1) Zaťaženie konštrukcií – súbor noriem a národných príloh, časti (1-1,1-4, 1-5, 1-6, 2)
- [21] Eurokód 2 (EC2) Navrhovanie betónových konštrukcií – súbor noriem a národných príloh, časti (1-1, 2)
- [22] Eurokód 3 (EC3) Navrhovanie oceľových konštrukcií – súbor noriem a národných príloh, časti (1-1, 1-5, 1-8, 1-9, 1-10, 2)
- [23] Eurokód 4 (EC4) Navrhovanie spriahnutých oceľobetónových konštrukcií – súbor noriem a národných príloh, časti (1-1, 2)
- [24] Eurokód 7 (EC7) Navrhovanie geotechnických konštrukcií – súbor noriem a národných príloh, časť(1-1)
- [25] STN EN 13670: Zhotovovanie betónových konštrukcií.
- [26] STN EN 1090-1: Zhotovovanie oceľových a hliníkových konštrukcií. Časť 1: Požiadavky na posudzovanie zhody konštrukčných dielcov
- [27] STN EN 206-1 Betón – Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda + NA+A1 a A2
- [28] STN EN 10025-2: Výrobky valcované za tepla z konštrukčných ocelí. Časť 2: Technické dodacie podmienky na nelegované konštrukčné ocele.
- [29] TNŽ 73 6212 Navrhovanie konštrukčných vrstiev podvalového podlažia
- [30] Ž11 Všeobecné zásady a technické požiadavky na modernizované trate ŽSR
- [31] VTPKS Všeobecné technické požiadavky kvality stavieb
- [32] Statické tabuľky 2010

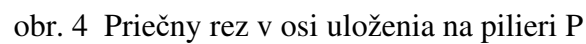
obr. 1 Pôdorys mosta



obr. 2 Pozdĺžny rez A-A v osi koľaje č.1



obr. 3 Priechny rez v strede mosta



4. Statický výpočet nosnej konštrukcie mosta

4.1 Charakteristiky materiálov

Konštrukčná oceľ

STN EN 10025-2:

S355J2

modul pružnosti

$E = 210 \text{ GPa}$

modul pružnosti v šmyku

$G = 81 \text{ GPa}$

medza klzu ($t \leq 40 \text{ mm}$)

$f_y = 355 \text{ MPa}$

objemová hmotnosť

$\rho = 7850 \text{ kg.m}^{-3}$

poissonov súčiniteľ

$\mu = 0,3$

koeficient lineárnej teplotnej rozťažnosti

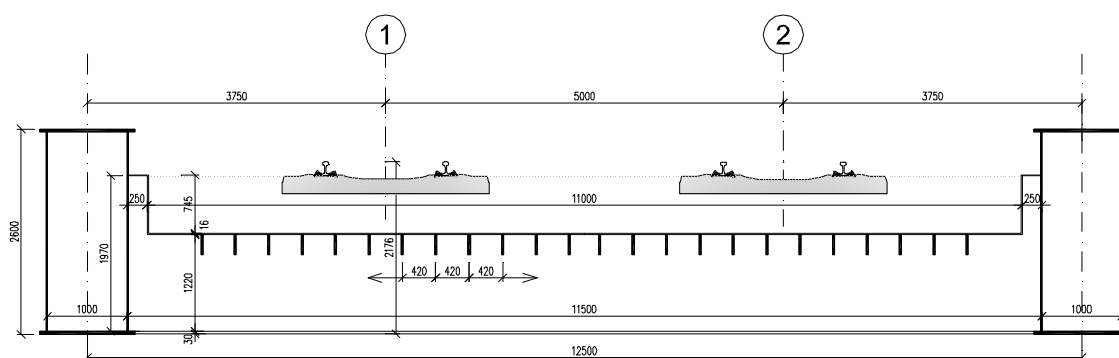
$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$

súčinitele spoľahlivosti materiálu

$\gamma_{M0} = 1,0, \gamma_{M1} = 1,1, \gamma_{M2} = 1,25$

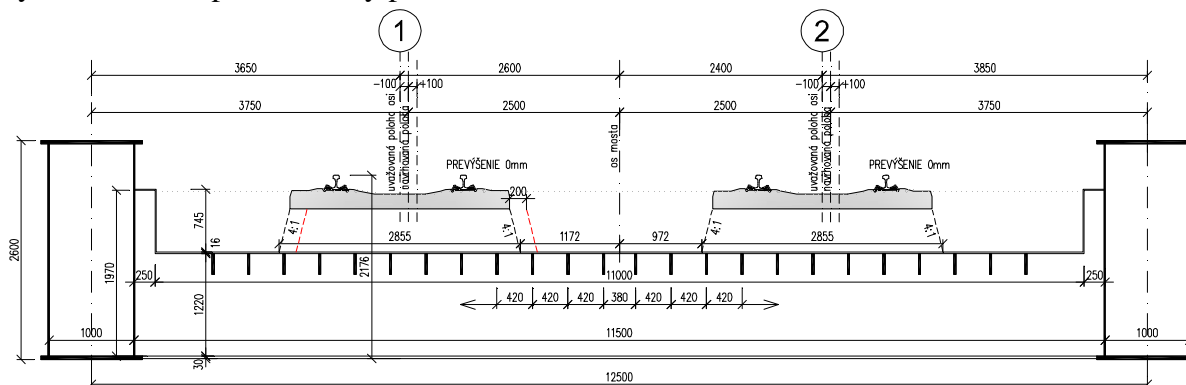
4.2 Geometrické parametre priečného rezu a koľaje.

Pre statický výpočet boli zavedené určité zjednodušenia a predpoklady. Zanedbávame priečny sklon dna vane mostovky, z čoho vyplýva že uvažujeme s konštantnou výškou steny priečnika 1220mm, resp. 1970 na okrajoch. Na okrajoch zanedbávame tiež sklon boku vane a uvažujeme, že po reálne skosenie bude stena priečnika výšky 1220mm.



Obr.5 Geometrické usporiadanie priečného rezu pre výpočtový model

Vo výpočte tiež uvažujeme s možnou zmenou polohy koľaje $\pm 100 \text{ mm}$ od navrhovanej polohy osi koľaje. To znamená, že jedna os koľaje je vzdialená od osi mosta 2600mm a druhá os 2400mm. V jednotlivých zaťažovacích stavoch uvažujeme najnepriaznivejšiu polohu koľaje pre účinky zaťaženia na posudzovaný prvok konštrukcie.



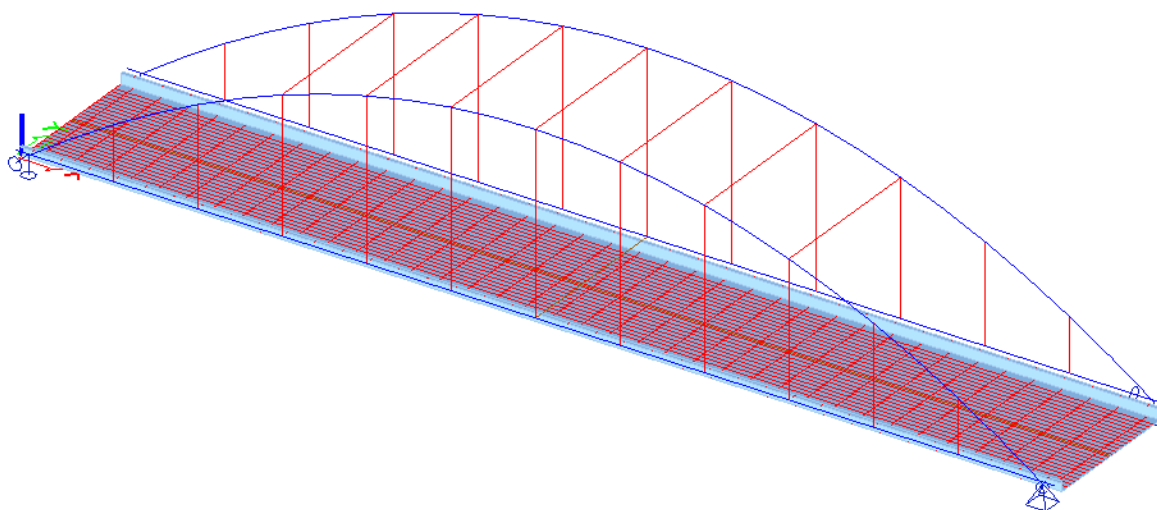
Obr.6 Uvažované polohy koľaje na moste

Teda napr. pre posúdenie hlavného nosníka môže byť rozhodujúca poloha osi vychýlených do polohy -100mm pre obe koľaje, ale napr. pre posúdenie priečnika môže zasa rozhodovať poloha koľají +100mm pre koľaj č.1 a -100mm pre koľaj č.2 (sústredenie zaťaženie do stredu rozpätia priečnika). Tieto možné polohy sú zadefinované v jednotlivých zaťažovacích stavoch. Oblúk je uvažovaný ako parabolický 2° s excentrickým pripojením 600mm na ťažisko trámu.

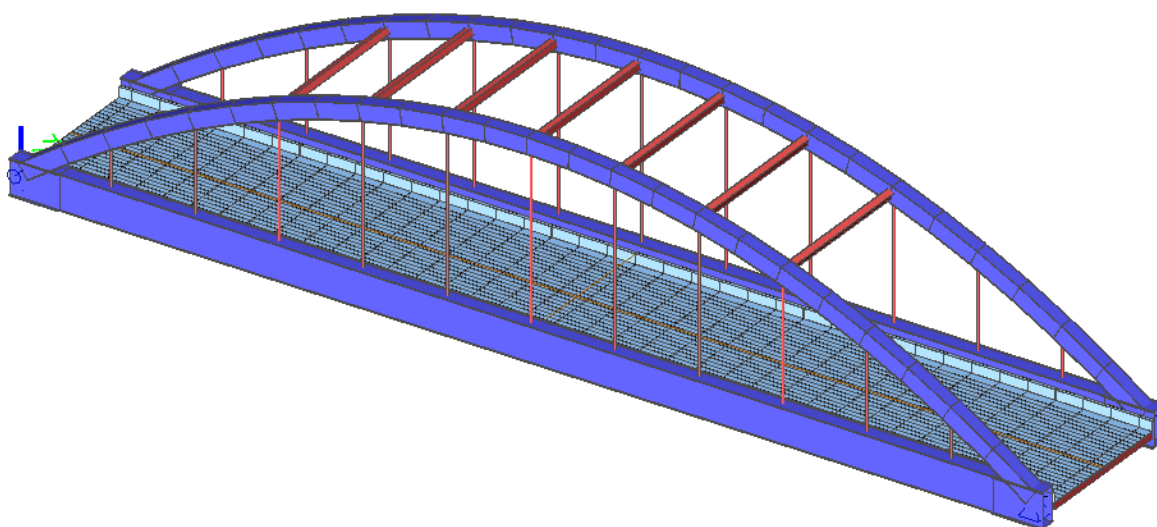
Ďalším zjednodušením je určenie priemernej plochy štrkového lôžka pre geometriu priečneho rezu výpočtového modelu. Plocha lôžka v navrhovanom priečnom reze dosahuje cca $7,610\text{m}^2/\text{bm}$, v modeli je uvažovaná na šírke 11,0m, z čoho vyplýva priemerná hrúbka 692mm. Pre zaťaženie je uvažované s možným rozptylom $\pm 30\%$ podľa STN EN 1990. Podrobnejšie sa zaťažením zaoberá jedná z nasledujúcich častí výpočtu.

4.3 Výpočtový model

Pre výpočet bol vytvorený 3D výpočtový model nosnej konštrukcie mosta namodelovaný v programovom prostredí CAD systému SCIA Engineer ako priestorový doskostenový systém kombinovaný s prútovými prvkami.



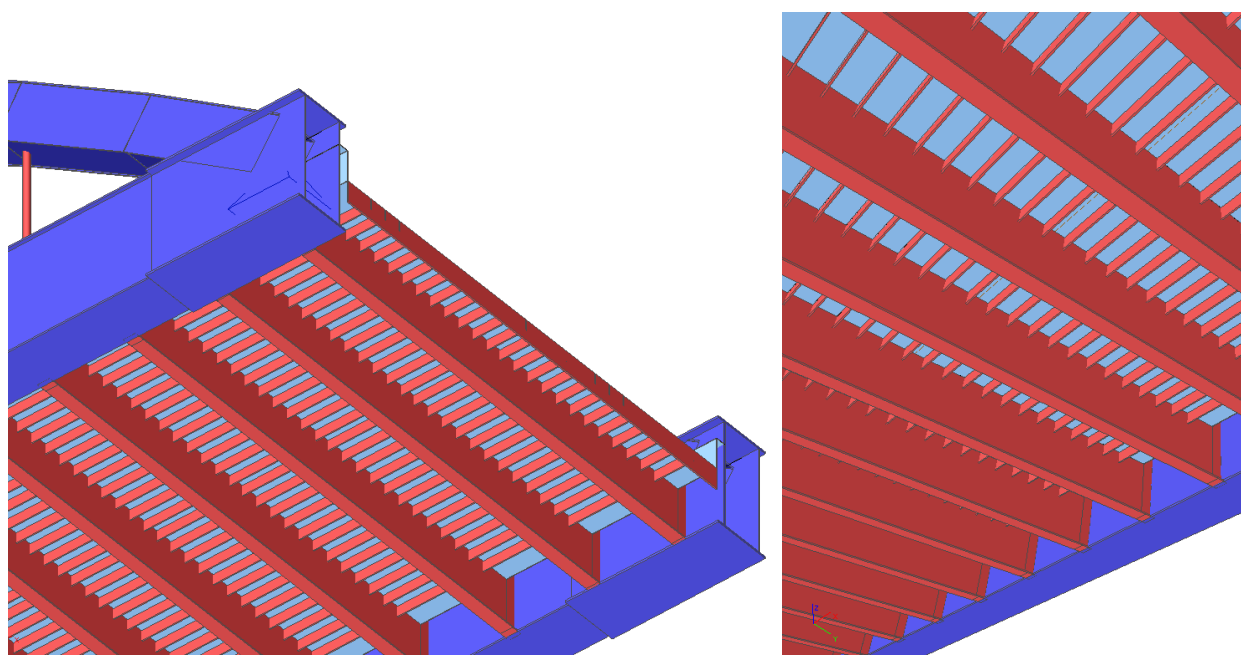
Obr.7 Priestorový 3D model



Obr.8 Priestorový 3D model - rendering

4.3.1 Opis výpočtového modelu

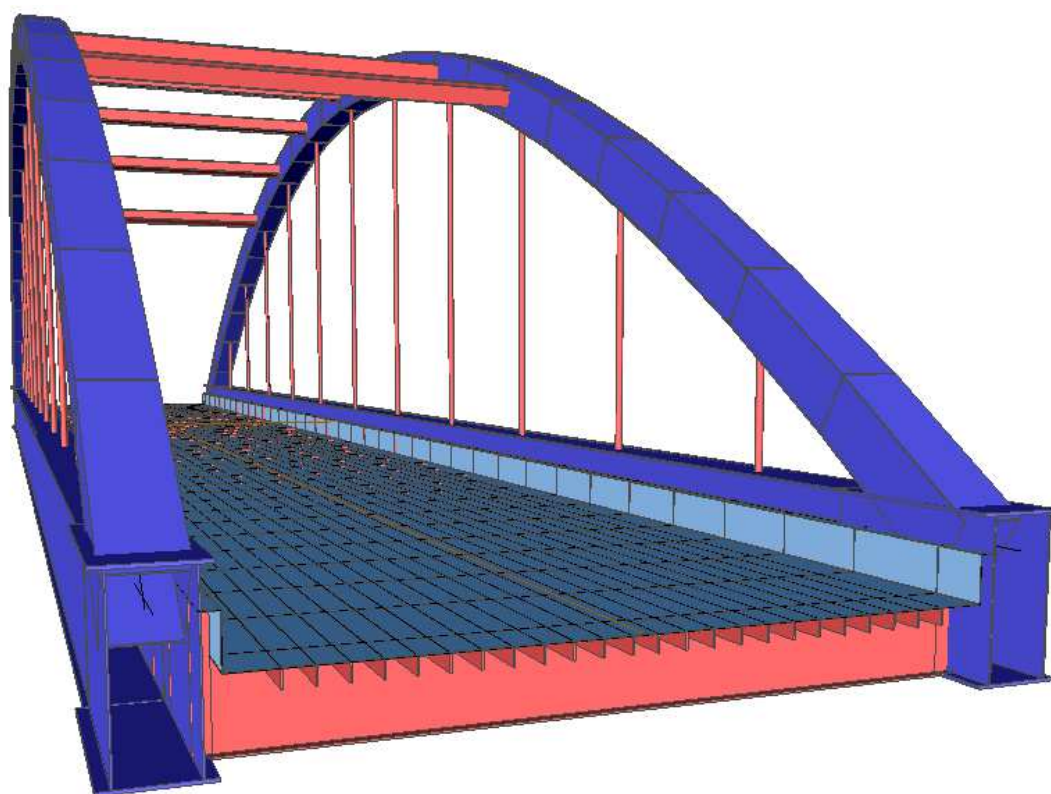
Namodelovaná konštrukcia zohľadňuje všetky dôležité geometrické a materiálové charakteristiky mosta. Na základe vytvoreného modelu je spracovaná globálna analýza nosnej konštrukcie. Pre zjednodušenie je v modeli zanedbaný pozdĺžny sklon konštrukcie a tiež priečne sklony plechu vane. Plechy vane mostovky hr.16mm sú namodelované ako plošné prvky. Pozdĺžne výstuhy sú v modeli uvažované ako prútové rebrá prierezu 25x250mm v osových vzdialenostiach 420mm zarovnané na spodnú plochu dna vane. Kolmo na ne sú vo vzdialenostiach 2,1m namodelované priečne výstuhy tvaru obráteného T s pásnicou 30x300 a s konštantnou výškou steny 1220mm dĺžky 11m symetricky na os mosta a na okrajoch s konštantnou výškou steny 1970mm dĺžky 250mm na obe strany. Priečniky sú modelované ako rebra dosky so zarovnaním na spodnú plochu dosky dna vane.



Obr.9 Ortotropná mostovka v 3D-modeli

Hlavné nosníky, oblúk, zvislice a horné stuženie boli v modeli zadané ako prútové prvky. Komorový hlavný nosník konštantného prierezu výšky 2600mm a svetlosti komory 1000mm je po celej dĺžke spojitاً pozdĺžne pripojený k rohu plechu mostovky na excentricite -713mm. Pričom horná plocha pásnic hlavných nosníkov a priečnikov sú v jednej úrovni. V nadpodperovej oblasti je uvažované s odstupňovaným prierezom. Priečniky sú tuhými väzbami popripájané k hlavnému nosníku. Hlavné trámy sú modelované s presahom 950mm za os uloženia konštrukcie čo v súčte s rozpätím predstavuje dĺžku 77,5m. Po koniec nosníkov je modelovaná aj samotná ortotropná mostovka. Tá je na okraji doplnená priečnou výstuhou na zvýšenie tuhosti okraja mostovky. V modeli je vytvorené podoprenie hlavných nosníkov v reálnych polohách s umožnením pohybu podľa uvažovaného rozmiestenia ložísk.

Oblúk je na trám pripojený pomocou tuhých väzieb pri zohľadnení excentricity. Prípoje sú uvažované ako tuhé. Je modelovaný ako parabolický oblúk 2° s konštantným komorovým prierezom svetlej šírky 1000mm a svetlej výšky 1200mm. Zvislice sú modelované ako prútové prvky prierezu tyče $\phi=150\text{mm}$. K oblúku a k trámu sú pripojené pomocou kĺbov vo vzdialenostiach 6,3m v celkovom počte 11ks na každom nosníku. Horné stuženia sú namodelované ako prútové prvky konštantnej výšky komorového prierezu 500x500x20mm pripojené tuho k oblúku. Celkovo je namodelovaných 7ks horného stuženia v priesečníkoch osi zvislíc č.3-9 a osi oblúka.



Obr.10 Perspektívny vyrenderovaný pohľad na 3D-model

4.3.2 Materiály v modeli

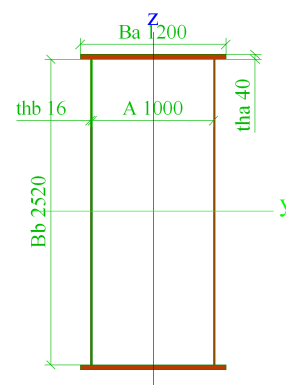
Konštrukcia je v 3D-modeli namodelovaná z materiálu oceľ S355, ktorá je pre jednotlivé nosné prvky mosta uvažovaná v troch rôznych merných hmotnostiach. Tieto alternatívne merné hmotnosti aproximujú v modeli absenciu výstuh, diafragiem a zvarov, ktoré nie sú v modeli zadávané. Ich tiaž je potom zohľadnená v materiálových charakteristikách jednotlivých prierezoch zadávaných v 3D-modeli.

Názov	Merná hmotnosť [kg/m ³]	E modul [MPa]	Poisson - nu	G modul [MPa]	Poznámka	Fy (rozsah) [MPa]	Fu (rozsah) [MPa]
S 355	7850,0	2,1000e+05	0,3	8,0769e+04	Plech mostovky	355,0 335,0	490,0 470,0
S 355 - výstuhy	8007,0	2,1000e+05	0,3	8,0769e+04	Pozdžne a priečne výtuhy, stuženie	355,0 335,0	490,0 470,0
S 355 - hlavný nosník	8321,0	2,1000e+05	0,3	8,0769e+04	Hlavný nosník, Oblúk	355,0 335,0	490,0 470,0

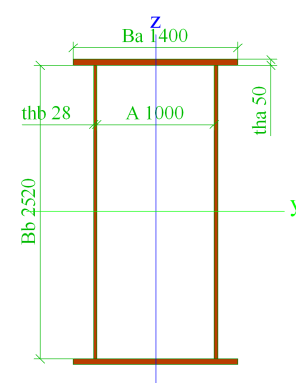
4.3.3 Prierezy v modeli

Most je namodelovaný podľa časti 4.3.1 s materiálom podľa časti 4.3.2 a je vytvorený pre účely výpočtu a globálnej analýzy v modeli s nasledujúcich prierezov. Plechy mostovky sú namodelované hr.16mm. Prierezy prútov, ktorými sú hlavné nosníky, oblúk, zvislice, stuženia, pozdĺžne a priečne výstuhy sú uvedené v nasledujúcich tabuľkách.

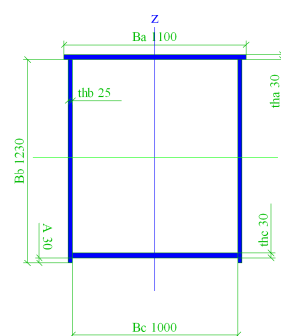
Názov	hlavný nosník - stred	
Typ	Pásnica komory	
Detailný	1200; 40; 2520; 16; 1000	
Materiálová položka	S 355 - hlavný nosník	
Výroba	zvarovaný	
Vzper y-y, z-z	b	b
A [m ²]	1,7664e-01	
A y, z [m ²]	8,1280e-02	8,1920e-02
I y, z [m ⁴]	1,9997e-01	3,2332e-02
I w [m ⁶], t [m ⁴]	2,3001e-02	7,2977e-02
Wel y, z [m ³]	1,5383e-01	5,3887e-02
Wpl y, z [m ³]	1,7368e-01	6,9765e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLSS, ZLSS [mm]	600	-1260
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,5104e+01	



Názov	hlavný nosník - uloženie	
Typ	Pásnica komory	
Detailný	1400; 50; 2520; 28; 1000	
Materiálová položka	S 355 - hlavný nosník	
Výroba	zvarovaný	
Vzper y-y, z-z	b	b
A [m ²]	2,8112e-01	
A y, z [m ²]	1,0280e-01	1,4392e-01
I y, z [m ⁴]	3,0588e-01	6,0159e-02
I w [m ⁶], t [m ⁴]	3,5877e-02	1,2426e-01
Wel y, z [m ³]	2,3350e-01	8,5942e-02
Wpl y, z [m ³]	2,6881e-01	1,2154e-01
d y, z [mm]	0	0
c YLSS, ZLSS [mm]	700	-1260
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,5992e+01	

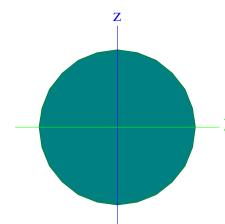


Názov	oblúk	
Typ	Stena komory	
Detailný	1100; 30; 1230; 25; 1000; 30; 30	
Materiálová položka	S 355 - hlavný nosník	
Výroba	zvarovaný	
Vzper y-y, z-z	b	b
A [m ²]	1,2450e-01	
A y, z [m ²]	6,1500e-02	6,0000e-02
I y, z [m ⁴]	3,0494e-02	2,1984e-02
I w [m ⁶], t [m ⁴]	3,8295e-03	3,6825e-02
Wel y, z [m ³]	4,7304e-02	3,9971e-02
Wpl y, z [m ³]	5,6756e-02	4,8094e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLSS, ZLSS [mm]	550	-585
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	9,3400e+00	



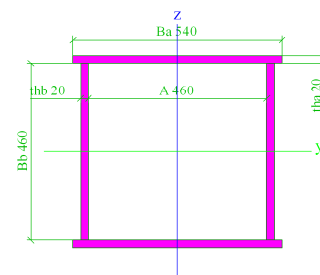
Názov	zvislica	
Typ	RD150	
Popis zdroja	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1	
Materiálová položka	S 355 - výstuhy	
Výroba	valcovaný	
Vzper y-y, z-z	c	c
Výpočet MKP	x	

A [m ²]	1,7662e-02	
A y, z [m ²]	1,5013e-02	1,5013e-02
I y, z [m ⁴]	2,4330e-05	2,4330e-05
I w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	4,8659e-05
Wel y, z [m ³]	3,2440e-04	3,2440e-04
Wpl y, z [m ³]	5,5363e-04	5,5363e-04
d y, z [mm]	0	0
c YLSS, ZLSS [mm]	0	0
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	4,7121e-01	

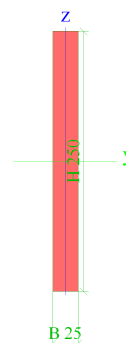


Názov	horné stuženie	
Typ	Pásnica komory	
Detailný	540; 20; 460; 20; 460	
Materiálová položka	S 355 - výstuhy	
Výroba	zvarovaný	
Vzper y-y, z-z	b	b

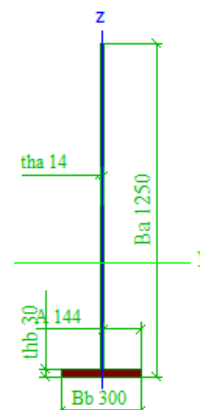
A [m ₂]	4,0000e-02	
A _y , z [m ₂]	1,9200e-02	1,9200e-02
I _y , z [m ₄]	1,5693e-03	1,5853e-03
I _w [m ₆], t [m ₄]	4,2467e-05	2,2118e-03
W _{el} y, z [m ₃]	6,2773e-03	5,8716e-03
W _{pl} y, z [m ₃]	7,3000e-03	7,3320e-03
d _y , z [mm]	0	0
c _{YLSS} , ZLSS [mm]	270	-230
alfa [deg]	0,00	
AL [m ₂ /m]	4,1600e+00	



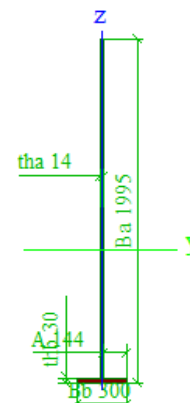
Názov	pozdĺžna výstuha	
Typ	Obdĺžnik	
Detailný	250; 25	
Materiálová položka	S 355 - výstuhy	
Výroba	valcovaný	
Vzper y-y, z-z	b	b
Výpočet MKP	x	
A [m ₂]	6,2500e-03	
A _y , z [m ₂]	5,2083e-03	5,2083e-03
I _y , z [m ₄]	3,2552e-05	3,2552e-07
I _w [m ₆], t [m ₄]	0,0000e+00	1,2199e-06
W _{el} y, z [m ₃]	2,6042e-04	2,6042e-05
W _{pl} y, z [m ₃]	3,9063e-04	3,9062e-05
d _y , z [mm]	0	0
c _{YLSS} , ZLSS [mm]	13	125
alfa [deg]	0,00	
AL [m ₂ /m]	5,5000e-01	



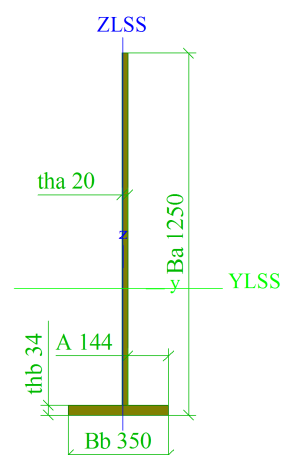
Názov	priečna výstuha -v poli- stred	
Typ	Lw	
Detailný	1250; 14; 300; 30; 144	
Materiálová položka	S 355 - výstuhy	
Výroba	zvarovaný	
Vzper y-y, z-z	c	c
A [m ₂]	2,6080e-02	
A _y , z [m ₂]	7,9128e-03	1,5042e-02
I _y , z [m ₄]	4,4216e-03	6,7785e-05
I _w [m ₆], t [m ₄]	1,2065e-34	3,8296e-06
W _{el} y, z [m ₃]	5,3551e-03	4,4993e-04
W _{pl} y, z [m ₃]	9,3699e-03	7,3987e-04
d _y , z [mm]	-1	-406
c _{YLSS} , ZLSS [mm]	-7	394
alfa [deg]	0,00	
AL [m ₂ /m]	3,1280e+00	



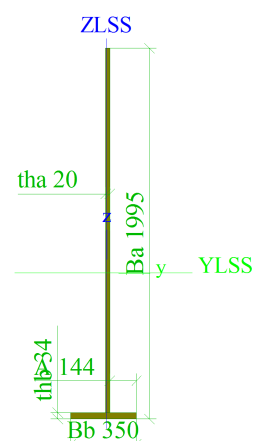
Názov	priečna výstuha - v poli - okraje	
Typ	Lw	
Detailný	1995; 14; 300; 30; 144	
Materiálová položka	S 355 - výstuhy	
Výroba	zvarovaný	
Vzper y-y, z-z	c	c
A [m ₂]	3,6510e-02	
A _y , z [m ₂]	9,4702e-03	2,4469e-02
I _y , z [m ₄]	1,5600e-02	6,7956e-05
I _w [m ₆], t [m ₄]	1,7266e-33	4,5110e-06
W _{el} y, z [m ₃]	1,2700e-02	4,5078e-04
W _{pl} y, z [m ₃]	2,1034e-02	7,7159e-04
d _y , z [mm]	-1	-747
c _{YLSS} , ZLSS [mm]	-7	737
alfa [deg]	0,00	
AL [m ₂ /m]	4,6180e+00	



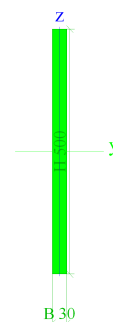
Názov	pričná výstuha - krajná - stred	
Typ	Lw	
Detailný	1250; 20; 350; 34; 144	
Materiálová položka	S 355 - výstuhy	
Výroba	zvarovaný	
Vzper y-y, z-z	c	
A [m ²]	3,6220e-02	
A _{y, z} [m ²]	9,9840e-03	2,1377e-02
I _{y, z} [m ⁴]	6,1209e-03	1,2398e-04
I _{YLSS, ZLSS} [m ⁴]	6,1191e-03	1,2581e-04
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,9348e-35	7,8735e-06
W _{el y, z} [m ³]	7,5234e-03	6,6533e-04
W _{pl y, z} [m ³]	1,3080e-02	4,9945e-03
d _{y, z} [mm]	14	-416
c _{YLSS, ZLSS} [mm]	-17	403
alfa [deg]	-1,00	
I _{YZLSS} [m ⁴]	1,0487e-04	
AL [m ² /m]	3,2400e+00	



Názov	pričná výstuha - krajná - okraje	
Typ	Lw	
Detailný	1995; 20; 350; 34; 144	
Materiálová položka	S 355 - výstuhy	
Výroba	zvarovaný	
Vzper y-y, z-z	c	
A [m ²]	5,1120e-02	
A _{y, z} [m ²]	1,0212e-02	3,4859e-02
I _{y, z} [m ⁴]	2,1656e-02	1,2511e-04
I _{YLSS, ZLSS} [m ⁴]	2,1654e-02	1,2681e-04
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	1,8044e-36	9,8601e-06
W _{el y, z} [m ³]	1,7856e-02	6,6355e-04
W _{pl y, z} [m ³]	2,9326e-02	1,0460e-02
d _{y, z} [mm]	11	-760
c _{YLSS, ZLSS} [mm]	-15	748
alfa [deg]	-0,51	
I _{YZLSS} [m ⁴]	1,9125e-04	
AL [m ² /m]	4,7300e+00	



Názov	pričná výstuha - okraj vane	
Typ	Obdĺžnik	
Detailný	500; 30	
Materiálová položka	S 355 - výstuhy	
Výroba	valcovaný	
Vzper y-y, z-z	b	
Výpočet MKP	x	
A [m ²]	1,5000e-02	
A _{y, z} [m ²]	1,2500e-02	1,2500e-02
I _{y, z} [m ⁴]	3,1250e-04	1,1250e-06
I _w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	4,2180e-06
W _{el y, z} [m ³]	1,2500e-03	7,5000e-05
W _{pl y, z} [m ³]	1,8750e-03	1,1250e-04
d _{y, z} [mm]	0	0
c _{YLSS, ZLSS} [mm]	15	250
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,0600e+00	



4.4 Výpočet zaťaženia na nosnú konštrukciu

4.4.1 Zaťaženie stálie

➤ *Vlastná tiaž*

Tiaž oceľovej konštrukcie je vygenerovaná výpočtovým programom na základe zadaných rozmerov a materiálových charakteristík. Jednotlivé prvky boli modelované z mernou hmotnosťou podľa tab. v časti 4.3.2.

➤ *Doplňok k vlastnej tiaži*

Je uvažované s tiažou zábradlia na okraji hlavných nosníkov s hodnotou= **1,00 kN.m⁻¹**

➤ *Tiaž izolácia*

Tiaž striekanej izolácie hr. 20mm je namodelovaná na dne a bokoch plechu vane ako plošné zaťaženie vo zvislom smere o intenzite:

- pre medzné stavy únavy a použiteľnosti:
 $0,02.22,5 = \dots\dots\dots = \mathbf{0,45 \text{ kN.m}^{-2}}$
- pre medzné stavy únosnosti berieme charakteristickú hodnotu o 20% väčšiu alebo menšiu, v súlade s odporúčaniami STN EN 1990, teda:
 $1,2.0,45 = \dots\dots\dots = \mathbf{0,54 \text{ kN.m}^{-2}}$
 $0,8.0,45 = \dots\dots\dots = \mathbf{0,36 \text{ kN.m}^{-2}}$

➤ *Tiaž štrkového lôžka*

Plocha lôžka v navrhovanom priečnom reze dosahuje cca 7,610m²/bm, v modeli je uvažovaná na šírke 11,0m, z čoho vyplýva priemerná hrúbka 692mm. Prípadné káblové žľaby nezohľadňujeme, pretože tiaž odobratej časti štrkového lôžka a podbetónávky s káblovým žľabom je približne rovnaká.

- pre medzné stavy únavy a použiteľnosti:
 $(7,610\text{m}^2/11\text{m}) \cdot 20 = \dots\dots\dots = \mathbf{13,84 \text{ kN.m}^{-2}}$
- pre medzné stavy únosnosti berieme charakteristickú hodnotu o 30% väčšiu alebo menšiu, v súlade s odporúčaniami STN EN 1990, teda:
 $1,3.13,84 = \dots\dots\dots = \mathbf{18,00 \text{ kN.m}^{-2}}$
 $0,7.13,84 = \dots\dots\dots = \mathbf{9,68 \text{ kN.m}^{-2}}$

➤ *Tiaž zvršku*

Podvaly, koľajnice a upevňovadlá – odhadom 4,8kN/m/koľaj – sa roznesú cez štrkové lôžko v sklone 4:1 na šírku 2855mm a umiestnené bude v najnepriaznivejšej polohe. (viď obr.6)

$$4,8/2,855 = \dots\dots\dots = \mathbf{1,68 \text{ kNm}^{-2}}$$

➤ *Účinky nerovnomerného sadnutia podpery*

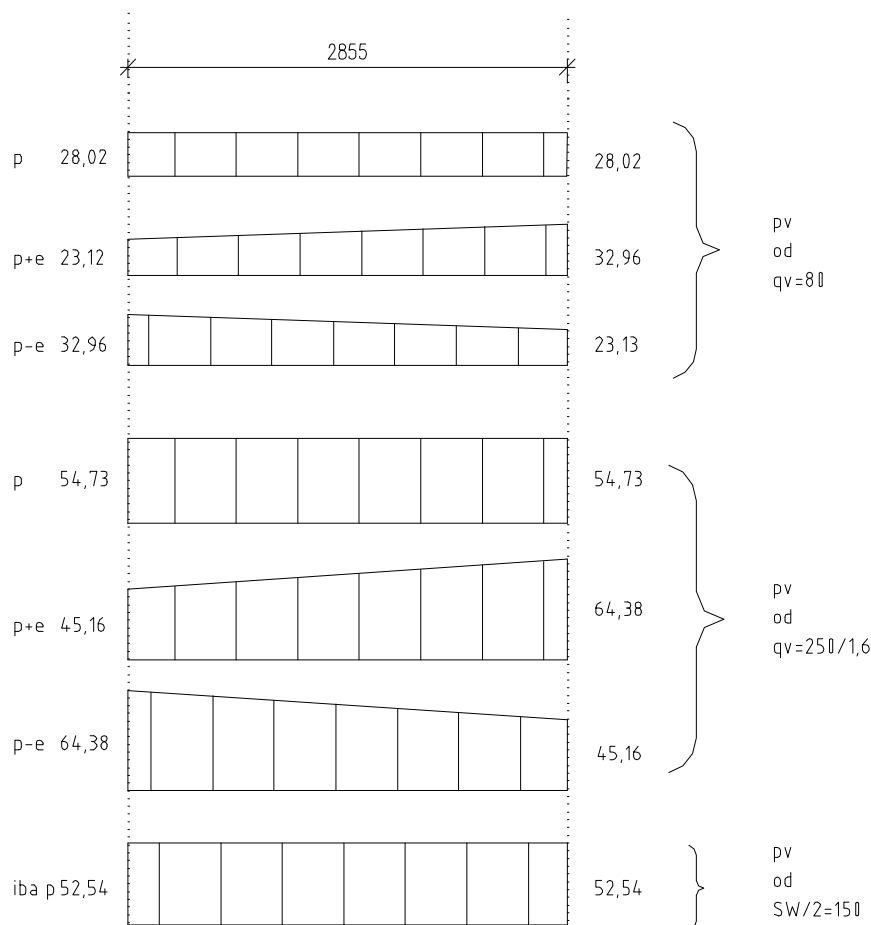
Pretože sa jedná o statický neurčitú konštrukciu, uvažujeme so zaťažením konštrukcie účinkami od možného nerovnomerného sadnutia jednej podpory. Pre výpočet uvažujeme zo sadnutím žilinskej opory s rozdielom oproti košickej o 5mm. Sadnutie je zadané do výpočtového modelu zadaním posunu podpory (na jednej strane) vo zvislom smere „z“ o 5mm. Uvažujeme s posunom jednej a v druhom zaťažovacom stave s posunom dvoch podpier na jednej strane mosta. Táto deformácia vyvolá v nosnej konštrukcii stav napätosti a získame vnútorné sily.

Hodnota plošného rovnomerného zaťaženia pod podvalmi je potom daná vzťahom:

$$p_v = \frac{q_{vk}}{b} \cdot \left(1 \pm 6 \cdot \frac{h_v - e}{b} \right)$$

Pre koľaj s prevýšením $p=0\text{mm}$ ($h_v=0\text{mm}$) a možnú excentricitu $e=83,3\text{mm}$ dostávame hodnoty uvedené na obr.14.

Hodnoty je ešte potrebné prenásobiť v relevantných prípadoch súčiniteľom klasifikovaného zvislého zaťaženia, ktorý má hodnotu zaťaženia $\alpha=1,21$. Prenásobenie je vykonané až pri tvorbe jednotlivých kombinácií zaťaženia, nakoľko v niektorých prípadoch (overenie deformácií, únavovej odolnosti, ...) sa vychádza z charakteristických hodnôt zvislého zaťaženia, teda bez súčiniteľa α .



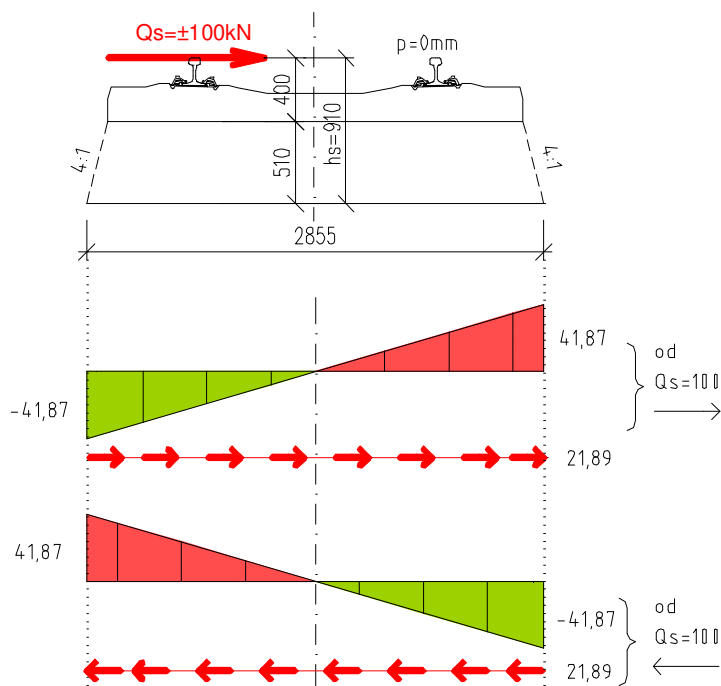
Obr.14 Hodnoty plošných zaťažení p_v [kN/m²] pod podvalmi

4.4.2.2 Bočné nárazy

Uvažujeme silu $Q_{sk}=100\text{kN}$. Uvažujeme s jej roznosom v priečnom smere v sklone 4:1 na šírku $b=2,855\text{m}$ (ako zvislé zaťaženie) a v pozdĺžnom smere mosta na dĺžku 1,6m (čo odpovedá rovnomernému roznosu na 3 podvaly so zanedbaním sklonu 4:1 v pozdĺžnom smere). Teda hodnoty plošných zaťažení uvažovaných na povrchu nosnej konštrukcie na ploche $2,855 \times 1,6\text{m}$ určíme zo vzťahov:

$$p_{s,z} = \pm \frac{Q_{sk} \cdot h_s \cdot 6}{b^2 \cdot 1,6} \quad \text{pre „motýlikový“ priebeh plošného zvislého zaťaženia (odľahčenia)}$$

$$p_{s,y} = \frac{Q_{sk}}{b \cdot 1,6} \quad \text{pre horizontálne plošné zaťaženie pôsobiace naprieč mosta}$$

Obr.15 Hodnoty plošných zaťažení $p_{s,z}$ a $p_{s,y}$ [kN/m²] pod podvalmi na šírke 2,855m a dĺžke 1,6m

Zaťaženie sa uvažuje v najnepriaznivejšej polohe. Hodnoty je ešte potrebné prenásobiť v relevantných prípadoch súčiniteľom klasifikovaného zvislého zaťaženia $\alpha=1,21$. Prenásobenie je vykonané až pri tvorbe jednotlivých kombinácií zaťažení.

4.4.2.3 Brzdne a rozjazdové sily

4.4.2.3.1 Rozjazdové sily pre LM71 a SW/2

Uvažujeme hodnotou $Q_{la}=33\text{kN}$. $L_{ab} \leq 1000\text{kN}$. Roznos uvažujeme na šírku $b=2,855\text{m}$. Modelované je ako excentrické zaťaženie na dno vane s excentricitou $e=0,91\text{m}$. Hodnota plošného zaťaženia je:

$$p_{la,x} = 33/b = 33/2,855 = 11,56\text{kN/m}^2 \quad \text{s excentricitou } e_z=0,91\text{m}$$

S maximálnou dĺžkou zaťaženia: $L_{ab,max}=1000/33 = 30,3\text{m}$. Zaťaženie uvažujeme na takej dĺžke aká je uvažovaná pre priťažujúce účinky zvislého zaťaženia, avšak v maximálnej dĺžke 30,3m.

4.4.2.3.2 Brzdne sily pre LM71

Má sa uvažovať hodnotou $Q_{lb}=20\text{kN}$. $L_{ab} \leq 6000\text{kN}$. Roznos uvažujeme na šírku $b=2,855\text{m}$. modelované je ako excentrické zaťaženie na dno vane s excentricitou $e=0,91\text{m}$. Hodnota plošného zaťaženia je:

$$p_{lb,x} = 20/b = 20/2,855 = 7,01\text{kN/m}^2 \quad \text{s excentricitou } e_z=0,91\text{m}$$

S maximálnou dĺžkou zaťaženia: $L_{ab,max}=6000/20 = 300\text{m}$. Zaťaženie uvažujeme na takej dĺžke aká je uvažovaná pre priťažujúce účinky zvislého zaťaženia.

4.4.2.3.3 Brzdne sily pre SW/2

Má sa uvažovať hodnotou $Q_{lb}=35\text{kN}$. $L_{ab} \leq 6000\text{kN}$. Roznos uvažujeme na šírku $b=2,855\text{m}$. modelované je ako excentrické zaťaženie na dno vane s excentricitou $e=0,91\text{m}$. Hodnota plošného zaťaženia je:

$$p_{lb,x} = 35/b = 35/2,855 = 12,26\text{kN/m}^2 \quad \text{s excentricitou } e_z=0,91\text{m}$$

Zaťaženie uvažujeme na takej dĺžke aká je uvažovaná pre priťažujúce účinky zvislého zaťaženia, teda s maximálnou dĺžkou zaťaženia 2x25m.

Pri porovnaní s hodnotou Q_{1a} je zrejmé, že brzdné sily majú pre SW/2 väčší účinok ako rozjazdové. Hodnoty zaťaženia od brzdných a rozjazdových síl je ešte potrebné prenásobiť v relevantných prípadoch súčiniteľom klasifikovaného zvislého zaťaženia $\alpha=1,21$. Prenásobenie je vykonané až pri tvorbe jednotlivých kombinácií zaťažení.

4.4.2.4 Dynamické účinky

Dynamické účinky zohľadňujeme dynamickým súčiniteľom ϕ_3 , podľa STN EN 1991-2+NA.

Pre posúdenie medzného stavu únavy je možné použiť aj súčiniteľ ϕ_2 .

$$\phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,73; \phi_3 \leq 2,0 \wedge \phi_3 \geq 1,15$$

$$\phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,82; \phi_2 \leq 1,67 \wedge \phi_2 \geq 1,00$$

Časť mosta	Náhradná dĺžka L_ϕ	Dynamický súčiniteľ ϕ_2	Dynamický súčiniteľ ϕ_3
Hlavný nosník	$L/2=75,6/2=37,8\text{m}$	1,06	1,15
Oblúk	$L/2=75,6/2=37,8\text{m}$	1,06	1,15
Závesy	$4 \times 3x_a = 4 \times 3 \times 2,1=25,2\text{m}$	1,12	1,18
Priečniky	medziláhle $2 \times b_{pr.}=2 \times 11,5=23,0\text{m}$	1,13	1,20
	koncové 3,6m	1,67	2,00
Pozdĺžne výstuhy	$3 \times a=3 \times 2,1=6,3$	1,44	1,67
Horné stuženie	$L/2=75,6/2=37,8\text{m}$	1,06	1,15
Ložiská	$L/2=75,6/2=37,8\text{m}$	1,06	1,15

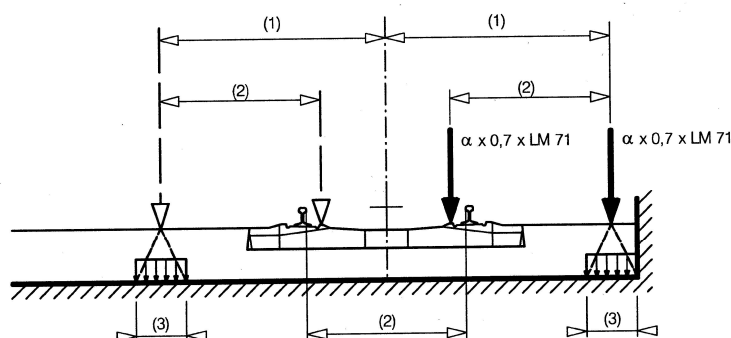
4.4.2.5 Ďalšie zaťaženie od dopravy

Kombinovanú odozvu konštrukcie a koľaje na premenné zaťaženie ako aj účinky od pozdĺžnych zmien napätí v koľajniciach nie je potrebné podľa STN EN 1991-2 analyzovať, nakoľko má byť pred mostom umiestnené dilatačné zariadenie koľaje, ktoré zachytí pozdĺžny pohyb koľaje.

Aerodynamické účinky od prechádzajúcich vlakov nemajú na nosnú konštrukciu zásadný vplyv, preto ich vo výpočte neuvažujeme.

Zaťaženie vykoľajenými vozidlami je mimoriadne zaťaženie a zohľadňujú sa dve návrhové situácie.

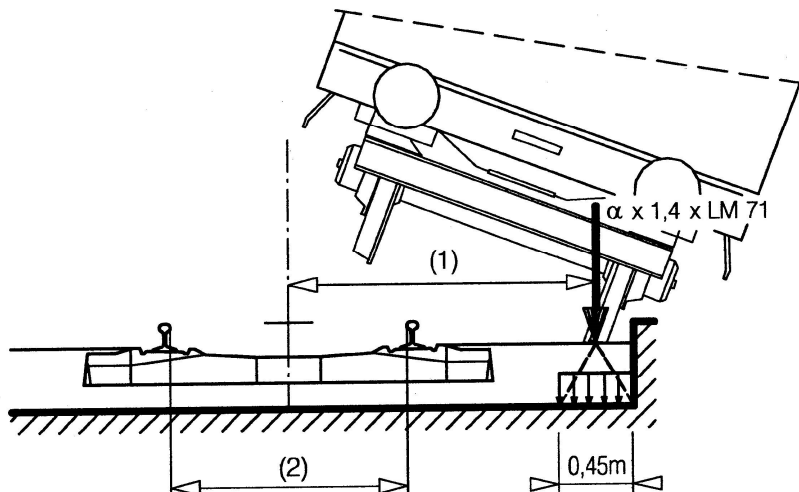
I. situácia: vykoľajenie vlakových vozidiel s vykoľajenými vozidlami, ktoré zostali v oblasti koľaje na mostovke a boli zachytené druhou koľajou alebo pevnou stenou. Musí byť zabránené zrúteniu podstatnejšej časti nosnej konštrukcie. Sú prípustné lokálne poškodenia.



Obr.16 Návrhová situácia I. – náhradne zaťaženie Q_{A1d} a q_{A1d}

- (1) max 1,5s alebo menej, ak je oproti stene
- (2) rozchod koľaje $s=1500\text{mm}$
- (3) roznos sily na štvorec $450\times 450\text{mm}$ na hornej ploche mostovky

II. situácia: pri tejto situácii sa most nemá preklopiť alebo zrútiť. Pri overení celkovej stability proti preklopeniu sa náhradné zaťaženie musí uvážiť ako líniové rovnomerné zvislé zaťaženie veľkosti $q_{A2d}=\alpha \times 1,4 \times \text{LM71}$ pôsobiace na maximálnej celkovej dĺžke 20m na okraji uvažovanej konštrukcie.



Obr.17 Návrhová situácia II. – náhradne zaťaženie q_{A2d}

- (1) zaťaženie pôsobiace na okraji konštrukcie
- (2) rozchod koľaje $s=1500\text{mm}$

Tieto zaťaženia sú uvažované v mimoriadnej kombinácii so súčiniteľmi $\gamma_f=1,0$, na druhej koľaji sa uvažuje so zvislým zaťažením a.) $\psi_1 \times \gamma_f \times \text{LM71} = 0,7 \times 1,0 \times \text{LM71}$

b.) $\psi_1 \times \gamma_f \times \text{SW2} = 1,0 \times 1,0 \times \text{SW2}$,

ostatné stále zaťaženia sú v kombinácii so súčiniteľom $\gamma_f=1,0$.

4.4.3 Zaťaženie vetrom

4.4.3.1 Úvod

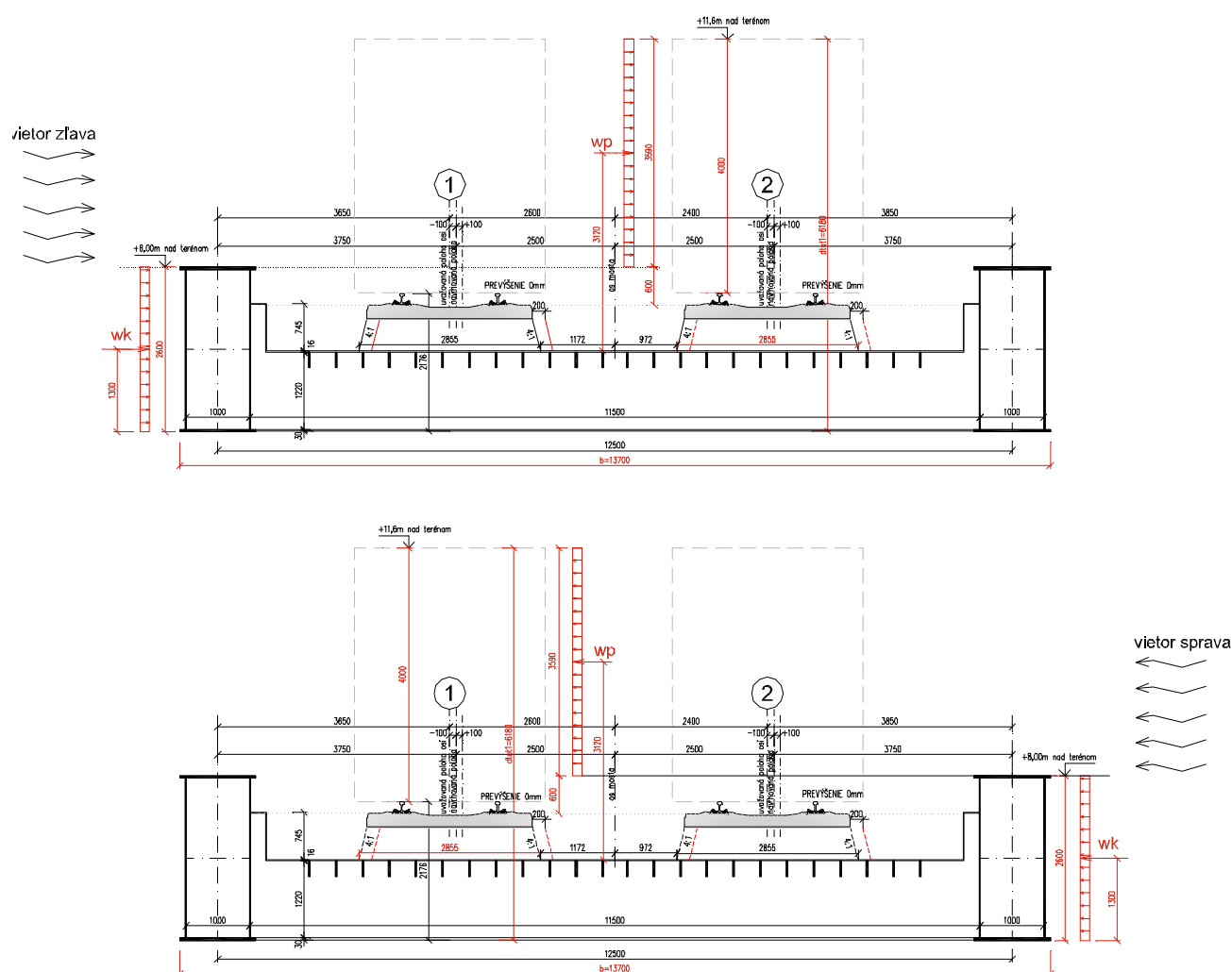
Uvažovali sme len zaťaženie naprieč mostom. Pozdĺžny vietor nie je uvažovaný. Uvažujeme zaťaženie podľa STN EN 1991-1-4. Mostný objekt sa nachádza v oblasti s fundamentálnou hodnotou základnej rýchlosti vetra $v_{b,0} = 26\text{m/s}$. Ide o most nad komunikáciou a rovinatým územím, preto uvažujeme kategóriu terénu II.

Z tabuľky NB3 v STN EN 1991-1-4/NA dostávame tieto hodnoty špičkového tlaku vetra:

Mostovka:	$q_p(8,00) = 0,922 \text{ kN/m}^2$	pre priemernú výšku mostovky nad terénom cca 8,00m
Oblúk a zvislice:	$q_p(21,5) = 1,205 \text{ kN/m}^2$	pre max. výšku oblúka nad terénom cca 21,5m
Vlak:	$q_p(11,6) = 1,025 \text{ kN/m}^2$	pre výšku 11,60m nad terénom. Pás pohyblivého zaťaženia výšky 4m nad temenom koľajnice.

4.4.3.2 Vietor na mostovku a pás pohyblivého zaťaženia

Uvažujeme vietor na mostovku a pás pohyblivého zaťaženia podľa obr.18 a to z pravej strany alebo z ľavej strany.



Obr.18 Uvažované zaťaženie vetrom

Zaťaženie mostovky:

$$b/d_{\text{tot}} = 13,7/6,18 = 2,217 \rightarrow c_{f,x} = 1,8$$

$$p_{w,K} = c_{f,x} \cdot q_p(8,00) = 1,8 \cdot 0,922 = 1,66 \text{ kN/m}^2$$

zaťaženie pre vietor v ťažisku bočného zaťaženia „vietor sprava“

$$w_{k,\text{nosník},P} = p_{w,K} \cdot h_{w,K} = 1,66 \cdot 2,60 = 4,316 \text{ kN/m, zadaný na hl. nosník ako priamkové zaťaženie}$$

zaťaženie pre vietor v ťažisku bočného zaťaženia „vietor zľava“

$$w_{k,\text{nosník},L} = p_{w,K} \cdot h_{w,K} = 1,66 \cdot 2,60 = 4,316 \text{ kN/m, zadaný na hl. nosník ako priamkové zaťaženie}$$

zvislé pritlačenie od priečneho vetra

zaťaženie pôsobí na celú mostovku – plošne na celý pôdorys mosta, jeho intenzita je:

$$p_{z,\text{mast}, \text{pritaz}} = C_{f,z} \cdot q_p(8,00) = 0,9 \cdot 0,922 = 0,823 \text{ kN/m}^2$$

Zaťaženie pásu pohyblivého zaťaženia (na jednej koľaji):

$$b/d_{\text{tot}} = 13,5/6,18 = 2,217 \rightarrow c_{f,x} = 1,8$$

$$P_{w,\text{vlak}} = c_{f,x} \cdot q_p(11,6) = 1,8 \cdot 1,025 = 1,845 \text{ kN/m}^2$$

Vietor je modelovaný plošným zaťažením na mostovku. Podobne ako účinky vlaku, využijeme roznos zaťaženia cez podvaly a štrkové lôžko na šírku $b=2,855\text{m}$.

„vietor sprava“

$$p_{w,z} = \pm \frac{p_{w,vlak} \cdot h_{w,vlak} \cdot e_{w,vlak} \cdot 6}{b^2} = \pm \frac{1,845.3,59.3,12.6}{2,855^2} = \pm 15,21 \text{ kN/m}^2 \text{ pre „motýlikový“ priebeh}$$

plošného zvislého zaťaženia (odľahčenia)

$$p_{w,y} = \frac{p_{w,vlak} \cdot h_{w,vlak}}{b} = \frac{1,845.3,59}{2,855} = 2,32 \text{ kN/m}^2 \text{ pre horizontálne plošné zaťaženie pôsobiace naprieč}$$

mosta

„vietor zľava“

$$p_{w,z} = \pm \frac{p_{w,vlak} \cdot h_{w,vlak} \cdot e_{w,vlak} \cdot 6}{b^2} = \pm \frac{1,845.3,59.3,12.6}{2,855^2} = \pm 15,21 \text{ kN/m}^2 \text{ pre „motýlikový“ priebeh}$$

plošného zvislého zaťaženia (odľahčenia)

$$p_{w,y} = \frac{p_{w,vlak} \cdot h_{w,vlak}}{b} = \frac{1,845.3,59}{2,855} = 2,32 \text{ kN/m}^2 \text{ pre horizontálne plošné zaťaženie pôsobiace naprieč}$$

mosta

4.4.3.3 Vietor na oblúk a zvislice**Zaťaženie na oblúk**

rozмеры prierezu oblúka $d \times b = 1,1 \text{ m} \times 1,26 \text{ m}$ (b - výška, d - šírka)

$d/b = 1,1/1,26 = 0,873 \rightarrow c_{f,0} = 2,2$ (podľa obr.7.23 STN EN 1991-1-4)

$$\psi_r = 1,0$$

$$\psi_\lambda = 0,99$$

$$C_f = c_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda = 2,2 \cdot 1,0 \cdot 0,99 = 2,18$$

$w_{k,oblúk} = C_f \cdot q_p(21,50) \cdot b = 2,18 \cdot 1,205 \cdot 1,26 = 3,31 \text{ kN/m}$, zadané na oblúk ako priamkové zaťaženie

Zaťaženie na zvislice (závesy)

zvislice sú tyče priemeru 150mm. $b = 0,15 \text{ m}$

$$R_e = \frac{b \cdot v(z_e)}{v} = \frac{b \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot q_p(z)}{\rho}}}{v} = \frac{0,15 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1183}{1,25}}}{15 \cdot 10^{-6}} = 435100$$

$k = 0,02$ (odhad ekvivalentnej drsnosti – striekaný náter),

$k/b = 0,02/0,15 = 0,13 \rightarrow c_{f,0} = 1,23$ (podľa obr. 7.28 STN EN 1991-1-4)

$\psi_\lambda = 1,0$ (súčiniteľ účinku voľných koncov)

$$C_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 1,23 \cdot 1,0 = 1,23$$

$w_{k,záves} = C_f \cdot q_p(21,50) \cdot b = 1,23 \cdot 1,205 \cdot 0,15 = 0,22 \text{ kN/m}$, zadané na závesy ako priamkové zaťaženie

4.5 Výpočet vnútorných síl

Výpočet vnútorných síl bol realizovaný na výpočtovom 3D-priestorovom modeli pomocou programu SCIA Engineer.

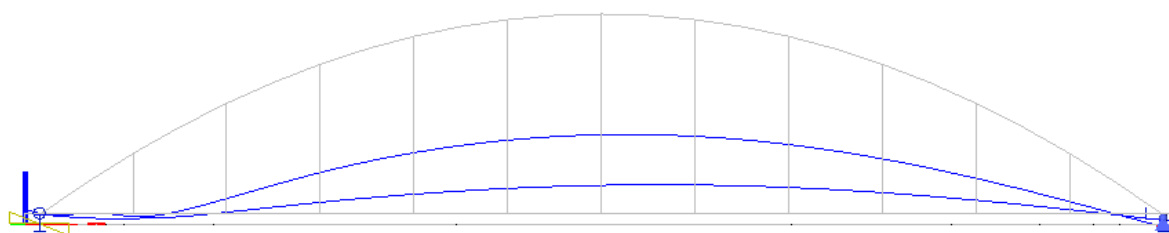
4.5.1 Poloha premenného zaťaženia v modeli

Na základe vplyvových plôch (čiar) boli pre jednotlivé vyšetrované veličiny na 3D modeli zadané relevantné zaťaženia. Tieto zaťaženia sú namodelované v samotných zaťažovacích stavoch. Poloha zaťaženia je určená vždy zvlášť pre získanie maximálnych (minimálnych) účinkov od ich pôsobenia pre získanie požadovanej veličiny na vybranom prvku v modeli. Z tohto dôvodu bolo vytvorených

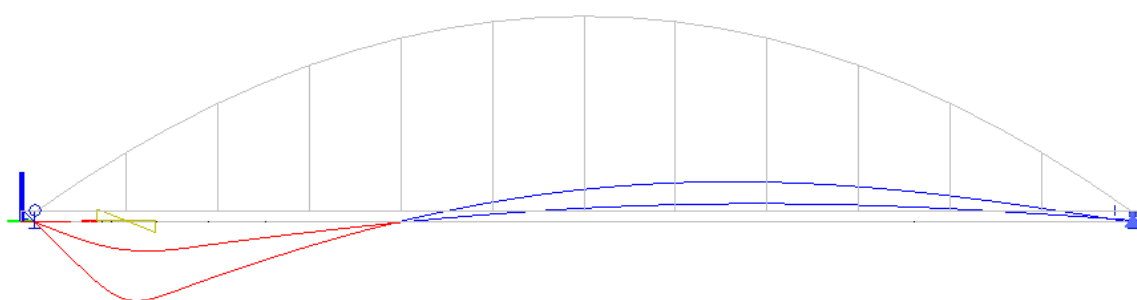
niekoľko vplyvových plôch (čiar) a pohyblivé zaťaženie bolo potom zadané do polohy vyvolávajúcej najnepriaznivejšie účinky. Vytvorené boli vplyvové čiary pre:

- M_y v tráme
 - nad podperou
 - v $1/12$ rozpätia
 - v $1/4$ rozpätia
 - v $1/2$ rozpätia
- V_z v tráme
 - nad podperou
- A- reakcia v podpere
- N v oblúku
- N vo zvislici
 - stredná zvislica (6.)
 - portálová zvislica (3.)
- δ_z - prieťah v tráme
 - v $1/4$ rozpätia
 - v $1/2$ rozpätia
- f_y – pootočenie trámu
 - nad podperou

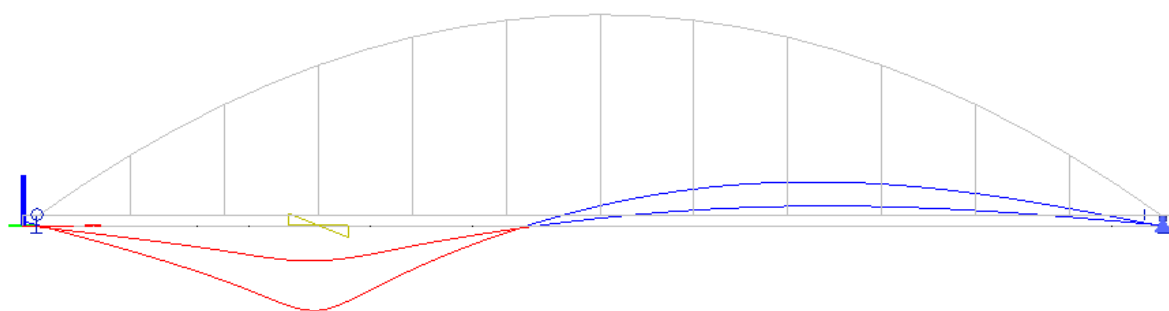
Na nasledujúcich obrázkoch sú znázornené vplyvové plochy statických veličín vyšetovaných na hlavnom nosníku, resp. rezy v miestach koľají č.1 a č.2 vplyvovými plochami vytvorenými na dne vane ortotropnej mostovky, cez ktorú sa pohyblivé zaťaženie prenáša do priečnikov a následne do hlavných nosníkov. Pozn.: znázornené čiary z väčšími poradnicami patria koľaji bližšej k posudzovanému nosníku.



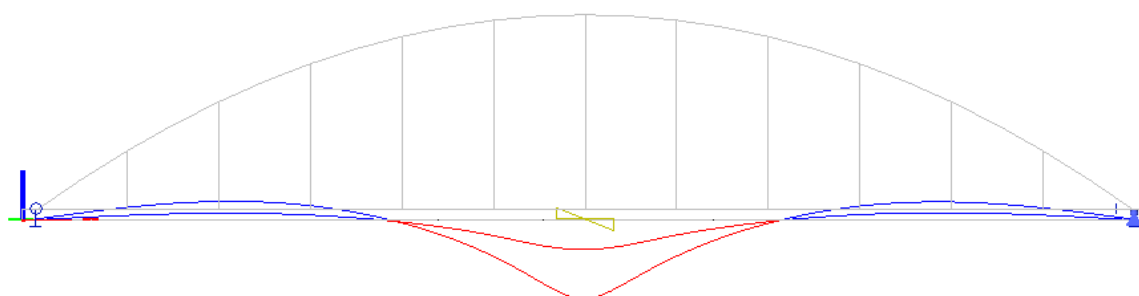
Obr.19 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - M_y – v tráme na podperou



Obr.20 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - M_y – v tráme v $1/12$ rozpätia



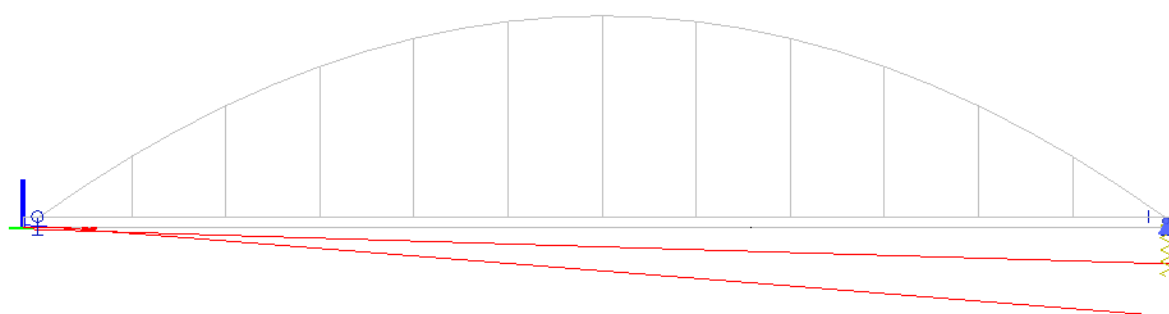
Obr.21 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - M_y – v tráme v 1/4 rozpätia



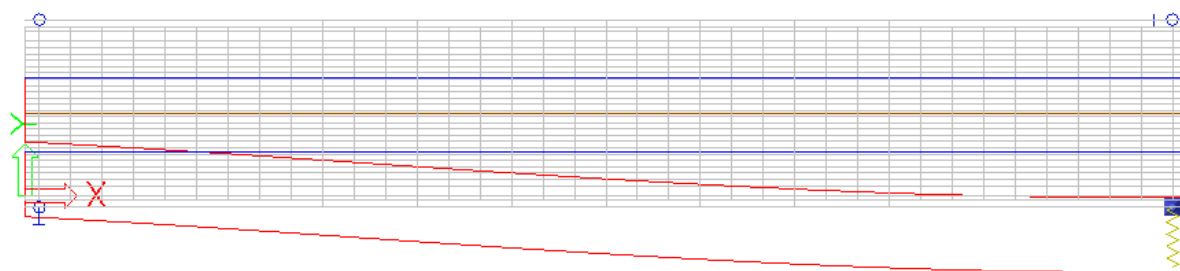
Obr.22 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - M_y – v tráme v 1/2 rozpätia



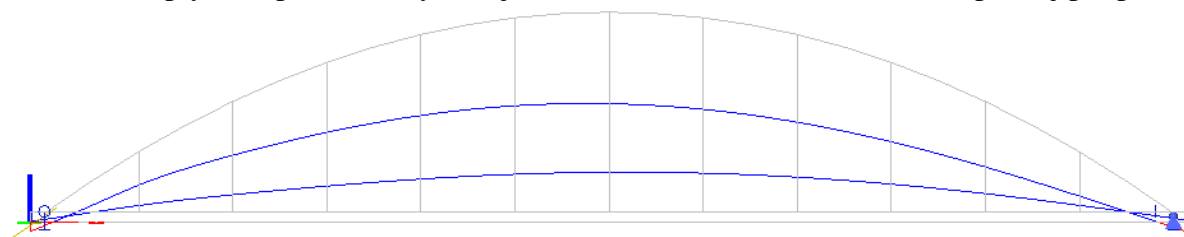
Obr.23 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - V_z – v tráme na podperou



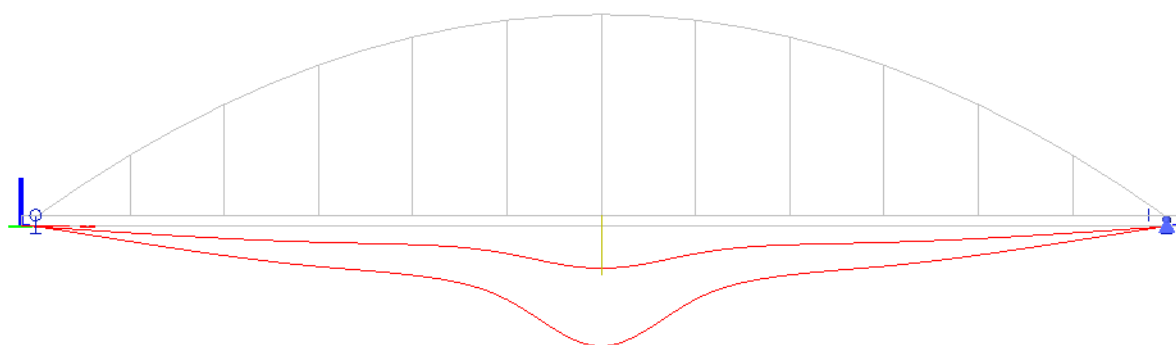
Obr.24 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - A – zvislá reakcia v pevnej podpere



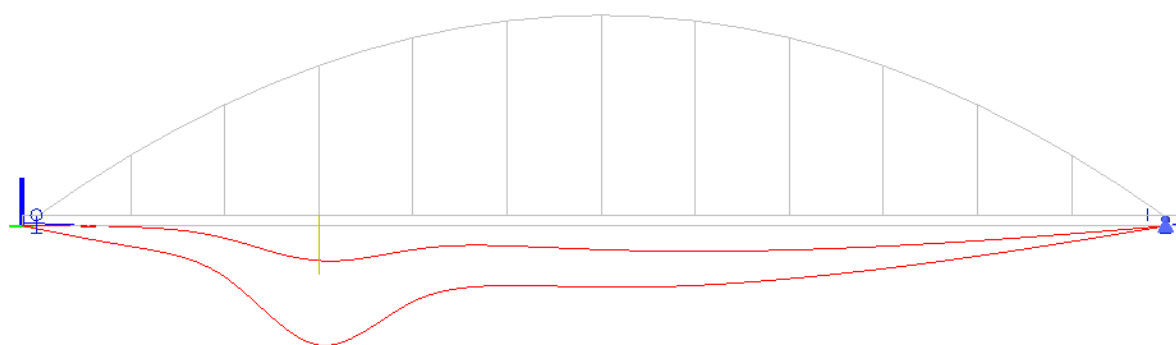
Obr.25 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - B – vodorovná reakcia v pevnej podpere



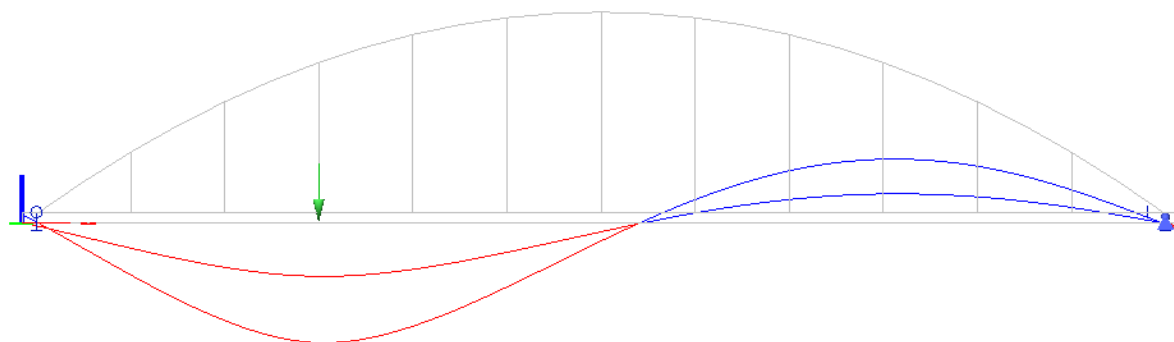
Obr.26 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - N – osová sila v oblúku (votknutie do trámu)



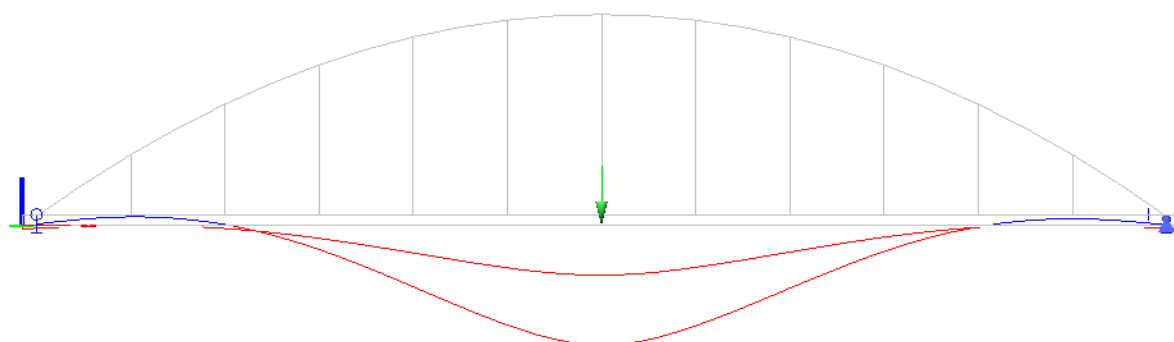
Obr.27 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - N – osová sila v strednej zvislici (č.6)



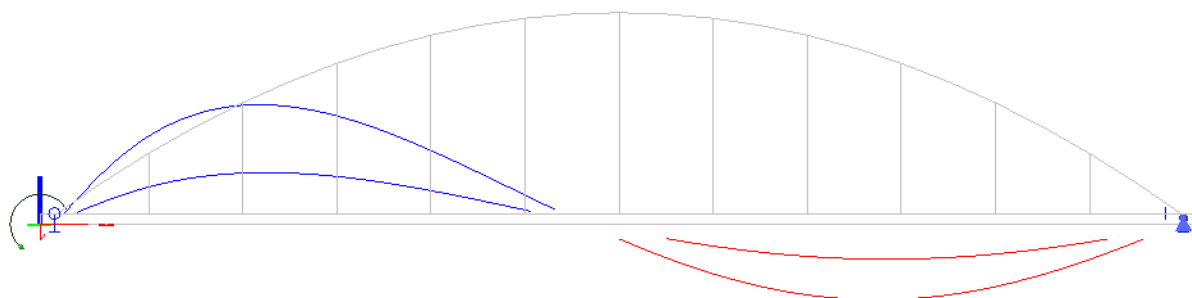
Obr.28 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - N – osová sila v portálovej zvislici (č.3)



Obr.29 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - δ_z – priehyb v $1/4L_t$



Obr.30 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - δ_z – priehyb v $1/2L_t$



Obr.31 Vplyvová plocha -rezy koľaj č.1 a č.2 - ϕ_y – pootočenie na konci nosníka

4.5.2 Zaťažovacie stavy

Boli vytvorené vo výpočtovom 3D – modeli pre najnepriaznivejšie polohy zaťažení pre určenie maximálnych (minimálnych) vnútorných síl na prvkoch.

.....

4.5.3 Kombinácie zaťažení

Kombinácie zaťažení rešpektujú požiadavky STN EN.

4.5.3.1 Kombinovanie stálych zaťažení „G“

Základné kombinačné pravidlo pre stále zaťaženia uvádza nasledovná tabuľka. Okrem súčiniteľov zaťaženia sú teda v prípade štrkového lôžka a izolácie uvádzané horné a dolné hranice pre určenie charakteristickej hodnoty.

tab. 1 kombinovanie stálych zaťažení

STÁLE „G“	koef. charakter. hodnoty		súčiniteľ zaťaženia		
	Max	Min	$\gamma_{F,ult,MAX}$	$\gamma_{F,ult,MIN}$	$\gamma_{F,serv}$
Vlastná tiaž		1,00	1,35	1,00	1,00
Doplňok k vlastnej tiaži		1,00	1,35	1,00	1,00
Izolácia	1,20	0,80	1,35	1,00	1,00
Štrkové lôžko	1,30	0,70	1,35	1,00	1,00
Zvršok		1,00	1,35	1,00	1,00
Nerovnomerné sadnutie opôr		1,0	1,20	1,00	1,00

4.5.3.2 Skupiny zaťažení od železničnej dopravy „Q“

tab. 2 Skupiny zaťaženie železničnou dopravou

Železničné zaťaženie		Súčinitele				Uvažované alternatívy skupín	
		α	ϕ_3	f	γ_F		
LM71	Q_v	1,21	1,45	-	1,40	1	1
	Q_t	1,21	-	0,930		0,5	1
	Q_s	1,21		-		0,5	1
	Q_{la}/Q_{lb}	1,21		-		1	0,5
SW/2	Q_v	1,00	1,45	-	1,2	1	1
	Q_t	1,21	-	1,0		0,5	1
	Q_s	1,21		-		0,5	1
	Q_{la}/Q_{lb}	1,21		-		1	0,5

f – redukčný súčiniteľ pre odstredivé sily (je započítaný už v zaťažení vid' kap. 5.4.2.2)

ϕ_3 – dynamický súčiniteľ

Pre medzné stavy použiteľnosti platia rovnaké pravidlá, len $\gamma_F=1,00$.

4.5.3.3 Kombinácie s ostatnými zaťažienami

Pri kombináciách s ostatnými zaťažienami platilo pravidlo, že dominantným zaťažením je zaťaženie železničnou dopravou. Teda platilo:

„G“ + „Q“ + $\psi_{0,vietor} \cdot \gamma_F \cdot VIETOR$

„G“ + „Q“ + 0,75 . 1,5 . VIETOR

Kde za „G“ a „Q“ je potrebné dosadiť jednu z alternatív uvedenú v tabuľkách tab. 1 a tab. 2.

4.5.4 Vnútorne sily a systém posúdenia

Posúdené boli všetky prvky. Z hľadiska posúdenia ohybovej a šmykovej odolnosti oceľobetónového prierezu v MS únosnosti aj použiteľnosti sa ako rozhodujúci ukázal nosník č. 1 z toho dôvodu uvádzame posúdenie len tohto nosníka.

4.6 Posúdenie pozdĺžnej výstuhy

4.6.1 Posúdenie tuhosti pozdĺžnej výstuhy

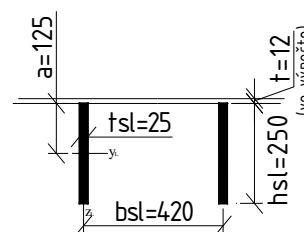
Aby sa zabránilo strate stability skrútením otvorených výstuh je potrebné overiť nasledujúce podmienky (STN EN 1993-1-5, 9.2.2(1)):

$$\text{A.) } \frac{I_t}{I_p} \geq 5,3 \cdot \frac{f_y}{E} = \frac{13,02 \cdot 10^{-7}}{13,05 \cdot 10^{-5}} \geq 5,3 \cdot \frac{355}{210 \cdot 10^3} \Rightarrow 0,00998 > 0,00896 \quad \text{..... vyhovuje}$$

$$\text{B.) } \frac{I_t}{I_p} \geq 11,0 \cdot \left(\frac{t}{b_{sl}} \right)^2 = \frac{13,02 \cdot 10^{-7}}{13,05 \cdot 10^{-5}} \geq 11,0 \cdot \left(\frac{0,012}{0,420} \right)^2 \Rightarrow 0,00998 > 0,00897 \quad \text{.....vyhovuje}$$

kde:

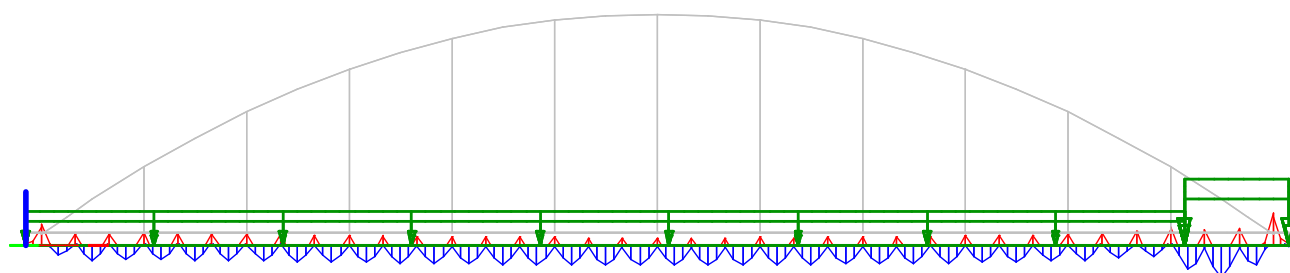
$$I_t = \frac{1}{3} \cdot h_{sl} \cdot t_{sl}^3 = \frac{1}{3} \cdot 0,25 \cdot 0,025^3 = 13,02 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$



$$I_p = I_y + I_z + A \cdot a^2 = I_p = \frac{1}{12} \cdot 0,025 \cdot 0,25^3 + \frac{1}{12} \cdot 0,025^3 \cdot 0,25 + 0,25 \cdot 0,025 \cdot 0,125^2 = 13,05 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

4.6.2 Posúdenie pevnosti pozdĺžnej výstuhy v krajnom poli

Rozhodujúca je kombinácia stáleho a krátkodobého zaťaženia kde v rámci zaťaženia dopravou rozhodovala schéma zaťaženia LM71+LM71 v najnepriaznivejších polohách – poloha zaťaženia reprezentujúca lokomotívu, resp. vagóny je podľa nasledujúceho obr..



4.6.2.1 Materiálové charakteristiky

	Oceľ	t [mm]	f_y [Mpa]	f_u [Mpa]
Plech mostovky	S355	16,0	355	510
Výstuha	S355	22,0	355	510

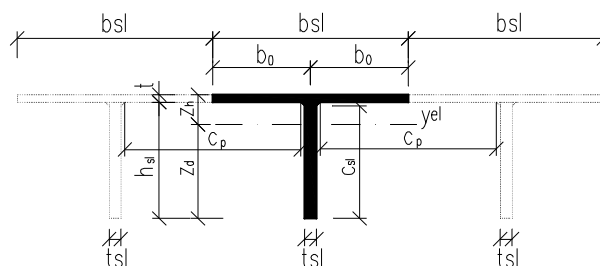
$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M1} = 1,00$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

4.6.2.2 Prierezové charakteristiky

a) Geometria prierezu



$t_{sl} =$	25 mm				
$h_{sl} =$	250 mm				
$b_{sl} =$	420 mm				
$t =$	16 mm	(reálna)			
$t =$	12 mm	(pre posúdenie)	$z_{h,el.} =$	-78,5 mm	
$a_w =$	5 mm	(výška zvaru)	$z_{d,el.} =$	183,5 mm	
$c_p =$	381 mm		$z_{h,pl.} =$	-15,4 mm	
$c_{sl} =$	243 mm		$z_{d,pl.} =$	250,6 mm	
$h =$	266 mm	(reálna)	$A =$	11290,0 mm ²	
$h =$	262 mm	(pre posúdenie)	$I_y =$	80493121 mm ⁴	

Účinná šírka plechu so zohľadnením ochabnutia šmykom

Miesto overenia	L [mm]	L _e [mm]	b ₀ [mm]	t [mm]	α ₀	κ	β	β ^κ	b _{sl,eff} [mm]
+ My v krajnom poli	2100	1785	210	12	1,00	0,1176	0,9186	0,9901	415,8
									385,8
- My nad krajn. priečnikom	2100	525	230	12	1,00	0,4381	0,5577	0,7743	356,2
									256,5
- My nad 1.priečnikom	2100	1050	230	12	1,00	0,219	0,4202	0,8270	380,4
									193,3

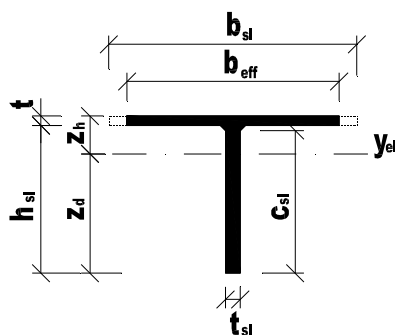
* - efektívna šírka v MS použiteľnosti a únavy

e) Prierezové charakteristiky účinného prierezu**Prierezové charakteristiky v MS únosnosti**

Miesto overenia	A _{eff} [mm ²]	z _h [mm]	z _d [mm]	I _{y,eff} [mm ⁴]	W _{y,h,eff} [mm ³]	W _{y,d,eff} [mm ³]	S _{y,eff} [mm ³]
+ My v krajnom poli	11239,9	-78,8	183,2	80227992,5	1017566,2	438028,6	419331,0
- My nad krajn. priečnikom	10523,9	-83,8	178,2	76161757,4	908863,3	427392,2	396945,3
- My nad 1.priečnikom	10815,1	-81,7	180,3	77879975,2	953189,6	431957,6	406330,4

S_{y,eff} - statický moment plochy efektívneho prierezu**Prierezové charakteristiky v MS použiteľnosti a únavy**

Miesto overenia	A _{eff} [mm ²]	z _h [mm]	z _d [mm]	I _{y,eff} [mm ⁴]	W _{y,h,eff} [mm ³]	W _{y,d,eff} [mm ³]	S _{y,eff} [mm ³]
+ My v krajnom poli	10879,9	-81,3	180,7	78250012,9	963034,5	432927,1	408365,8
- My nad krajn. priečnikom	9328,3	-93,8	168,2	67983279,8	724997,4	404110,0	353765,1
- My nad 1.priečnikom	8569,2	-101,5	160,5	61608417,7	606708,5	383961,5	321821,2

**4.6.2.3 Posúdenie na max. kladný moment + osovú silu**

Po vyhodnotení vnútorných síl je z hľadiska namáhania krajnej pozdĺžnej výstuhy na max. kladný moment rozhodujúca 4. výstuha od stredu vane (pod koľajou č.1).

a) Vnútorné sily

Separáciu globálnych a lokálnych dynamických účinkov od dopravy zohľadníme:

- pre ohybové momenty sa hodnoty z modelu prenášobia dyn. súčiniteľom pre lokálne účinky,
- pre normálové sily sa hodnoty z modelu prenášobia dyn. súčiniteľom pre globálne účinky,

- pre priečne šmykové sily sa hodnoty z modelu prenasobia dyn. súčiniteľom pre globálne účinky.

Hodnoty výsledných rozhodujúcich vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Pozdĺžna výstuha - krajne pole

Max. kladné momenty + prisluchajúce osovú silu

4. výstuha od stredu vane (pod koľ.č.1), v mieste x=75,5m (stred krajného poľa)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu		súčinitele				návrhové hodnoty		charakter. hodnoty		
		My	N		γ_F	$\Phi_{B, glob.}$	$\Phi_{B, lok.}$	α	Myd	Nd	Myk	Nk
		[kNm]	[kN]	koef.	[-]	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	-0,33	3,55	1	1,00	-	-	-	-0,33	3,55	-0,33	3,55
	doplnok k tiaži (zábradlie)	-0,01	0,12	1	1,00	-	-	-	-0,01	0,12	-0,01	0,12
	tiaž izolácie	0,05	0,14	1,20	1,35	-	-	-	0,08	0,23	0,06	0,17
	tiaž štrkového lôžka	1,63	3,54	1,30	1,35	-	-	-	2,86	6,21	2,12	4,60
	tiaž železničný zvršok	0,19	0,23	1	1,35	-	-	-	0,26	0,31	0,19	0,23
	účinok trakčných závesov	0,00	0,01	1	1,00	-	-	-	0,00	0,01	0,00	0,01
	účinok nerovnomerného sadnutia opôr	0,00	0,00	1	1,00	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
suma G _{sup} + G _{inf}		1,53	7,59						2,86	10,43	2,03	8,68
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	7,21	5,15	1	1,40	1,15	1,67	1,21	20,40	10,03	14,57	7,17
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	0,96	2,76	1	1,40	1,15	1,67	1,21	2,72	5,38	1,94	3,84
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	5,87	2,56	1	1,20	1,15	1,67	1,00	11,76	3,53	9,80	2,94
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	0,30	3,77	1	1,20	1,15	1,67	1,00	0,60	5,20	0,50	4,34
	rozjazdové sily- koľ.1 (+)(-)	0,12	1,99	1	1,40	-	-	1,21	0,20	3,37	0,15	2,41
	rozjazdové sily- koľ.2 (+)(-)	-0,10	0,79	0	0,00	-	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
	brzdné sily - koľ.1 (+)(-)	-0,23	2,59	0	0,00	-	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
	brzdné sily - koľ.2 (+)(-)	0,16	-1,33	1	1,40	-	-	1,21	0,27	-2,25	0,19	-1,61
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	0,20	-2,02	1	1,40	-	-	1,21	0,34	-3,42	0,24	-2,44
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (P)	0,28	0,26	1	1,40	-	-	1,21	0,47	0,44	0,34	0,31
	Q _{vmax} - max.zvislé (len priťažujúce účinky)		8,17	7,91						23,11	15,41	16,51
Q _{lmax} - max.pozdĺžne (len priťažujúce účinky)		0,28	0,66						0,47	1,12	0,34	0,80
Q _{Smax} - max.priečne (len priťažujúce účinky)		0,48	-1,76						0,81	-2,98	0,58	-2,13
W	viator zľava na konštrukciu	0,18	0,25	1	1,50			-	0,27	0,38	0,18	0,25
	viator zprava na konštrukciu	0,04	-0,06	1	1,50			-	0,06	-0,09	0,04	-0,06
	viator zľava na vlak	0,18	0,20	1	1,50			-	0,27	0,30	0,18	0,20
	suma W _{max} (len priťažujúce účinky)		0,36	0,45						0,54	0,68	0,36

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	My _E	N _E		My _{Ed}	N _{Ed}	My _{Ek}	N _{Ek}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
C01: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +Q _{la/lb} +0,5.Q _S +ψ ₀ .W _{max} .	10,49	15,62		27,26	25,97	19,44	19,76
C02: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +0,5.Q _{la/lb} +Q _S +ψ ₀ .W _{max} .	10,59	14,41		27,43	23,92	19,56	18,29
C03: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +Q _{la/lb} +0,5.Q _S	10,22	15,28		26,85	25,47	19,17	19,42
C04: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +0,5.Q _{la/lb} +Q _S	10,32	14,07		27,02	23,42	19,29	17,96
C05: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +0,5.Q _{la/lb} +0,5.Q _S	10,08	14,95		26,61	24,91	19,00	19,02
C06: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax}	9,70	15,50		25,97	25,84	18,54	19,69
C07: G _{sup} +G _{inf} +W _{max} .	1,89	8,04		3,40	11,11	2,39	9,13
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	10,59	14,41		27,43	23,92	19,56	18,29
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	10,59	14,41		27,43	23,92	19,56	18,29

Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre max. My, N	Vz_{Ed}=	-12,79 kN
My, maximálny ohybový moment	My_{Ed}=	27,43 kN
Nx, osová sila	N_{Ed}=	23,92 kN

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -12,79 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{A_v \cdot f_{y,wd}} \leq 1,0$$

$$f_{y,wd} = f_{y,w} / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_3 = \frac{12,79 \cdot \sqrt{3}}{0,025 \cdot 0,25 \cdot 355} = 0,010$$

$$< 0,5 \quad \blacktriangleright$$

$$< 1,0 \quad \blacktriangleright$$

vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať!

vyhovuje

Overenie odolnosti od normálových napätí

posúdenie v mieste max. (+)My

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$M_{y,Ed} = 27,43 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 23,92 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

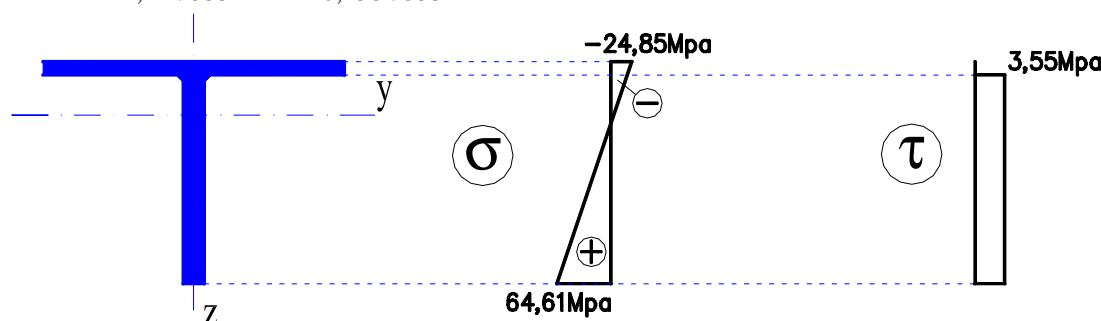
$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{1h} = \frac{23,92}{11,24 \cdot 355} - \frac{27,43}{1,018 \cdot 355} = 0,006 - 0,08 = -0,070 < 1,0 \quad \blacktriangleright$$

vyhovuje

$$\eta_{1d} = \frac{23,92}{11,24 \cdot 355} + \frac{27,43}{0,438 \cdot 355} = 0,006 + 0,18 = 0,182 < 1,0 \quad \blacktriangleright$$

vyhovuje



Pozdĺžna výstuha pre posúdenie v mieste max.(+)My..... vyhovuje.

d) Posúdenie krčných zvarov

Pripojenie pozdĺžnej výstuhy a plechu mostovky je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{max.}=25\text{mm}$ ► navrhujeme účinnú výšku zvaru $a_w=5\text{mm}$.

Dané:

účinná výška zvaru:

$$a_w = 5,00 \text{ mm}$$

medza pevnosti materiálu

$$f_u = 510,00 \text{ Mpa}$$

korelačný faktor pre kútové zvary:

$$\beta_w = 0,90$$

parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

statický moment plochy prierezu:

$$S_y = 4,193 \text{E}+05 \text{ mm}^3$$

moment zotrvačnosti prierezu:

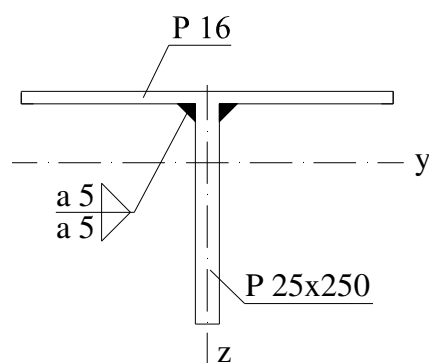
$$I_{y,eff} = 8,023 \text{E}+07 \text{ mm}^4$$

max.šmyková sila v posudzovanom mieste:

$$V_{z,Ed} = -12,79 \text{ kN}$$

kolmé normálové (šmykové) napätie:

$$\sigma \perp = \tau \perp = 4,50 \text{ Mpa}$$



Výpočet:

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{12,79 \cdot 419,33}{80,23 \cdot 2 \cdot 5} = \mathbf{6,69 \text{ Mpa}}$$

Posúdenie:

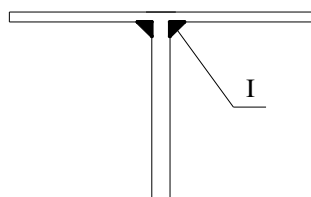
$$\begin{aligned} \text{A.) } [\sigma_T^2 + 3 \cdot (\tau_T^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} &\leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \\ [4,5^2 + 3 \cdot (4,5^2 + 6,69^2)]^{0,5} &\leq 510 / (0,9 \cdot 1,25) \\ \mathbf{14,67 < 453,3 \text{ Mpa}} &\text{..... vyhovuje} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B.) } \sigma_T &\leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} \\ 4,50 &\leq 0,9 \cdot 510 / 1,25 \\ \mathbf{4,50 < 367,2 \text{ Mpa}} &\text{..... vyhovuje} \end{aligned} \quad \text{návrh zvaru vyhovuje}$$

e) Overenie únavovej odolnosti

Posúdenie únavovej odolnosti výstuhy sa vykoná na základe maximálnych rozkmitov napätí $\Delta\sigma$ od dopravy reprezentovanej modelom LM71 (bez súčiniteľov). Dynamické účinky sú zohľadnené zvlášť pre lokálne účinky ($\phi_{2lok.}$) a zvlášť pre globálne účinky ($\phi_{2glob.}$). Dynamické súčinitele sú uvedené v kap. 4.4.2.4. Maximálne rozkmity normálových napätí pre riešenú kategóriu detailu vrátane dynamickým súčiniteľom od lokálnych účinkov aj od globálnych sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Riešený detail:



**Styk steny pozdĺžnej výstuhy s plechom mostovky – I
kútový zvar**

/kategória detailu - 112, tab.8.2 STN EN 1993-1-9/

Normálové napätia od Q (LM71) [Mpa]							
horné vlákna		dolné vlákna		miesto zvaru		napätie "N"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$		$\sigma_{d,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,glob.}$	
max.	1,28	min.	-3,99	max.	0,84	-0,35	
min.	-11,86	max.	30,07	min.	-8,34	1,14	
Rozkmit napätí [Mpa]				$\Delta\sigma_p$		$\Delta\sigma_p^{\phi_{2glob.}}$	1,50
						$\Delta\sigma_p^{\phi_{2lok.}}$	10,68

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = \mathbf{1,00}$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = \mathbf{1,15}$$

Referenčný rozkmit normálového napätia(s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_p^{\phi_{2glob.}} = \mathbf{1,50 \text{ Mpa}}$$

$$\Delta\sigma_p^{\phi_{2lok.}} = \mathbf{10,68 \text{ Mpa}}$$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$$\lambda_{1,G} = 0,614 \quad L=75,6\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix/ - Globálne účinky}$$

$$\lambda_{1,L} = 1,444 \quad L=2,10\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix/ - Lokálne účinky}$$

$$\lambda_2 = 1,04 \quad \text{objem dopravy } 30 \cdot 10^6 \text{ t / koľaj / ročne}$$

$$\lambda_3 = 1,0 \quad \text{životnosť mosta uvažujem 100 rokov}$$

$$\lambda_{4,G} = 0,84 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste - Globálne účinky}$$

$\lambda_{4,L} = 1,0$ závislosť stret. sa vlakov na moste - Lokálne účinky
Globálny: $\lambda_G = \lambda_{1,G} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,G} = 0,618 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,84 = 0,540 < 1,4$ ► $\lambda_G = 0,54$ Lokálny: $\lambda_L = \lambda_{1,L} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,L} = 1,444 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,502 < 1,4$ ► $\lambda_L = 1,40$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_{p, glo.} \cdot \lambda_G + \Delta\sigma_{p, lok.} \cdot \lambda_L = 1,50 \cdot 0,54 + 10,68 \cdot 1,40$$

 $\Delta\sigma_{E2} = 15,76 \text{ Mpa}$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

 $\Delta\sigma_C = 112,00 \text{ Mpa}$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} \quad 1,0 \cdot 15,76 \leq \frac{112,0}{1,15}$$

$$15,76 \text{ MPa} \leq 97,39 \text{ MPa}$$

..... vyhovuje

4.6.2.4 Posúdenie na max. záporný moment + osovú silu

Po vyhodnotení vnútorných síl je z hľadiska namáhania krajnej pozdĺžnej výstuhy na max. záporný moment rozhodujúca 4. výstuha od stredu vane (pod koľajou č.1) v mieste nadpodperového priečnika pri žilinskej opore.

a) Vnútné sily

Separáciu globálnych a lokálnych dynamických účinkov od dopravy zohľadníme:

- pre ohybové momenty sa hodnoty z modelu prenasobia dyn. súčiniteľom pre lokálne účinky,
- pre normálové sily sa hodnoty z modelu prenasobia dyn. súčiniteľom pre globálne účinky,
- pre priečne šmykové sily sa hodnoty z modelu prenasobia dyn. súčiniteľom pre globálne účinky.

Hodnoty výsledných rozhodujúcich vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Pozdĺžna výstuha - krajne pole

Max. záporné momenty + osovú silu

4. výstuha od stredu vane (pod koľ.č.1), v mieste x=76,55m (nad nadpodperovým priečnikom)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu		súčinitele					návrhové hodnoty		charakter. hodnoty	
		My	N		γ_F	$\Phi_{B, glob.}$	$\Phi_{B, lok.}$	α	Myd	Nd	Myk	Nk
		[kNm]	[kN]	koef.	[-]	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	-1,17	2,08	1	1,35	-	-	-	-1,58	2,81	-1,17	2,08
	doplnok k tiaži (zábradlie)	-0,01	0,04	1	1,35	-	-	-	-0,01	0,05	-0,01	0,04
	tiaž izolácie	-0,10	0,15	1,20	1,35	-	-	-	-0,16	0,24	-0,12	0,18
	tiaž štrkového lôžka	-2,95	4,45	1,30	1,35	-	-	-	-5,18	7,81	-3,84	5,79
	tiaž železničný zvršok	-0,32	0,29	1	1,35	-	-	-	-0,43	0,39	-0,32	0,29
	účinnok trakčných závesov	0,00	0,00	1	1,00	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
	účinnok nerovnomerného sadnutia opôr	0,00	0,05	1	1,00	-	-	-	0,00	0,05	0,00	0,05
	suma G_{sup} + G_{inf}	-4,55	7,06						-7,36	11,36	-5,46	8,43
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	-10,43	5,92	1	1,40	1,15	1,67	1,21	-29,51	11,53	-21,08	8,24
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	-0,74	2,84	1	1,40	1,15	1,67	1,21	-2,09	5,53	-1,50	3,95
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	-9,09	5,16	1	1,20	1,15	1,67	1,00	-18,22	7,12	-15,18	5,93
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	-0,82	3,51	1	1,20	1,15	1,67	1,00	-1,64	4,84	-1,37	4,04
	rozjazdové sily- koľ.1 (+)(-)	-0,11	1,45	1	1,40	-	-	1,21	-0,19	2,46	-0,13	1,75
	rozjazdové sily- koľ.2 (+)(-)	0,04	-0,43	0	0,00	-	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
	brzdové sily - koľ.1 (+)(-)	-0,17	1,48	1	1,40	-	-	1,21	-0,29	2,51	-0,21	1,79
	brzdové sily - koľ.2 (+)(-)	-0,01	0,35	1	1,40	-	-	1,21	-0,02	0,59	-0,01	0,42
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	-1,58	0,20	1	1,40	-	-	1,21	-2,68	0,34	-1,91	0,24
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (L)	-0,24	0,20	1	1,40	-	-	1,21	-0,41	0,34	-0,29	0,24
	Q_{vmax} - max.zvislé (len priťažujúce účinky)	-11,25	9,43						-31,60	17,07	-22,57	12,19
	Q_{lmax} - max.pozdĺžne (len priťažujúce účinky)	-0,17	1,48						-0,29	2,51	-0,21	1,79
	Q_{smax} - max.priečne (len priťažujúce účinky)	-1,82	0,40						-3,08	0,68	-2,20	0,48
W	viator zľava na konštrukciu	-0,29	1,01	1	1,50			-	-0,44	1,52	-0,29	1,01
	viator zprava na konštrukciu	-0,08	-0,48	1	1,50			-	-0,12	-0,72	-0,08	-0,48
	viator zľava na vlak	-0,03	0,15	1	1,50			-	-0,05	0,23	-0,03	0,15
	suma W_{max} (len priťažujúce účinky)	-0,32	1,16						-0,48	1,74	-0,32	1,16

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	$M_{y,E}$	N_E		$M_{y,Ed}$	N_{Ed}	$M_{y,Ek}$	N_{Ek}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
C01: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+Q_{la/lb}+0,5\cdot Q_S+\psi_0\cdot W_{max.}$	-17,12	19,04		-41,15	32,57	-29,57	23,52
C02: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+0,5\cdot Q_{la/lb}+Q_S+\psi_0\cdot W_{max.}$	-17,95	18,50		-42,55	31,66	-30,57	22,86
C03: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+Q_{la/lb}+0,5\cdot Q_S$	-16,88	18,17		-40,79	31,27	-29,33	22,65
C04: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+0,5\cdot Q_{la/lb}+Q_S$	-17,71	17,63		-42,19	30,35	-30,33	21,99
C05: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+0,5\cdot Q_{la/lb}+0,5Q_S$	-16,80	17,43		-40,65	30,01	-29,23	21,75
C06: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}$	-15,80	16,49		-38,96	28,42	-28,03	20,61
C07: $G_{sup}+G_{inf}+W_{max.}$	-4,87	8,22		-7,84	13,10	-5,78	9,59
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	-17,95	18,50		-42,55	31,66	-30,57	22,86
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	-17,95	18,45		-42,55	31,61	-30,57	22,81

Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre min. My, N	Vz,Ed= -118,22 kN
My, minimálny ohybový moment	My,Ed= -42,55 kN
Nx, osová sila	N,Ed= 31,66 kN

c) Overenie odolnosti prierezu**Overenie odolnosti od šmykových napätí**

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -118,22 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{A_v \cdot f_{y,wd}} \leq 1,0$$

$$f_{y,wd} = f_{y,w} / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_3 = \frac{118,22 \cdot \sqrt{3}}{0,025 \cdot 0,25 \cdot 355} = 0,092$$

< 0,5 ► vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať!

< 1,0 ►

vyhovuje

Overenie odolnosti od normálových napätí

posúdenie v mieste max. (-)My nad nadpodperovým priečnikom

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$M_{y,Ed} = -42,55 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 31,66 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

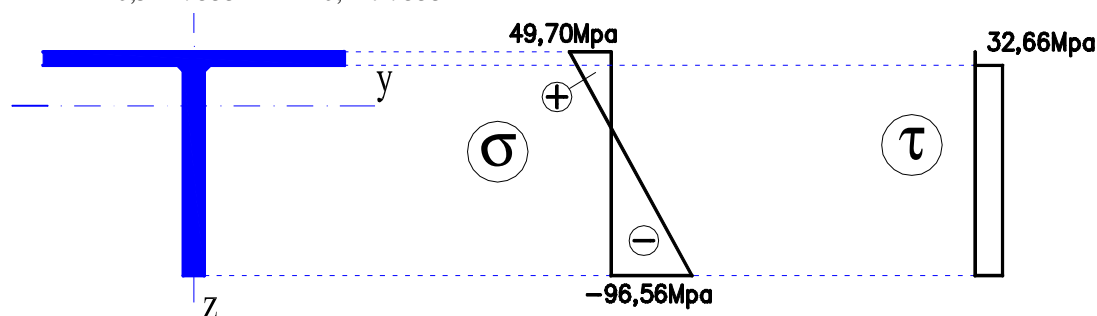
$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{1h} = \frac{31,66}{10,524 \cdot 355} - \frac{-42,55}{0,909 \cdot 355} = 0,008$$

$$-0,13 = 0,140 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = \frac{31,66}{10,524 \cdot 355} + \frac{-42,55}{0,427 \cdot 355} = 0,008$$

$$-0,28 = -0,272 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}$$



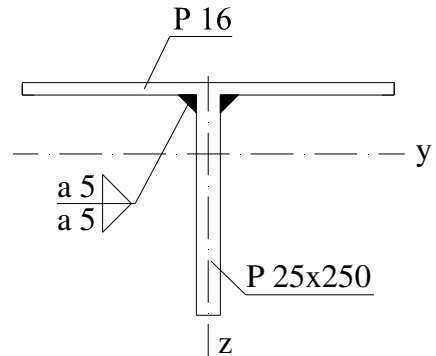
Pozdĺžna výstuha pre posúdenie v mieste max.(-)My vyhovuje.

d) Posúdenie krčných zvarov

Pripojenie pozdĺžnej výstuhy a plechu mostovky je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max.}=25\text{mm}$ ► navrhujeme účinnú výšku zvaru $a_w=5\text{mm}$.

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	5,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_y=$	3,969E+05 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,eff}=$	7,616E+07 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,Ed}=$	-118,22 kN
kolmé normálové (šmykové) napätie:	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	4,50 Mpa

**Výpočet:**

šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru :

$$\tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{118,22 \cdot 396,95}{76,16 \cdot 2 \cdot 5} = 61,61 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

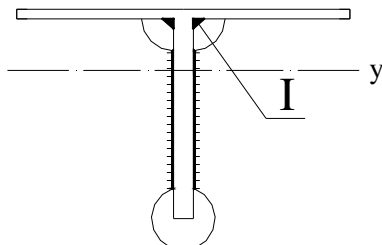
A.) $[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$
 $[4,5^2 + 3 \cdot (4,5^2 + 61,61^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$
107,10 < 453,3 Mpa vyhovuje

B.) $\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
 $4,50 \leq 0,9 \cdot 510 / 1,25$
4,50 < 367,2 Mpa vyhovuje **návrh zvaru vyhovuje**

e) Overenie únavovej odolnosti

Posúdenie únavovej odolnosti výstuhy sa vykoná na základe maximálnych rozkmitov napätí $\Delta\sigma$ od dopravy reprezentovanej modelom LM71 (bez súčiniteľov). Dynamické účinky sú zohľadnené zvlášť pre lokálne účinky ($\phi_{2lok.}$) a zvlášť pre globálne účinky ($\phi_{2glob.}$). Dynamické súčinitele sú uvedené v kap. 4.4.2.4. Maximálne rozkmity normálových napätí pre vyšetrovanú kategóriu detailu vrátane dynamickým súčiniteľov od lokálnych účinkov aj od globálnych sú uvedené v tab..

Riešený detail I:



**Styk steny pozdĺžnej výstuhy s plechom mostovky – I
kútový zvar**

/kategória detailu - 112, tab.8.2 STN EN 1993-1-9/

Normálové napätia od Q (LM71) [Mpa]							
horné vlákna		dolné vlákna		kraj výrezu		napätie "N"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$		$\sigma_{d,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,glob.}$	
min.	-0,81	max.	0,99	min.	-0,66	-0,17	
max.	25,86	min.	-43,06	max.	20,07	1,19	
Rozkmit napätí [Mpa]				$\Delta\sigma_p$		$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{glob.}$	1,36
						$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{lok.}$	19,37

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

Referenčný rozkmit normálového napätia(s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{glob.} = 1,36 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{lok.} = 19,37 \text{ Mpa}$$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$$\lambda_{1,G} = 0,614 \quad L=75,6\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix/ - Globálne účinky}$$

$$\lambda_{1,L} = 1,444 \quad L=2,10\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix/ - Lokálne účinky}$$

$$\lambda_2 = 1,04 \quad \text{objem dopravy } 30 \cdot 10^6 \text{ t / koľaj / ročne}$$

$$\lambda_3 = 1,0 \quad \text{životnosť mosta uvažujem 100 rokov}$$

$$\lambda_{4,G} = 0,84 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste - Globálne účinky}$$

$$\lambda_{4,L} = 1,0 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste - Lokálne účinky}$$

$$\text{Globálny: } \lambda_G = \lambda_{1,G} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,G} = 0,618 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,84 = 0,540 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_G = 0,54$$

$$\text{Lokálny: } \lambda_L = \lambda_{1,L} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,L} = 1,444 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,502 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_L = 1,40$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_{p,glob.} \cdot \lambda_G + \Delta\sigma_{p,lok.} \cdot \lambda_L = 1,36 \cdot 0,54 + 19,37 \cdot 1,40$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 27,85 \text{ Mpa}$$

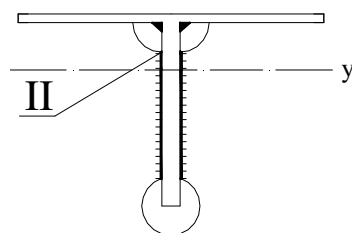
Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_C = 112,00 \text{ Mpa}$$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} \quad 1,0 \cdot 27,85 \leq \frac{112,0}{1,15} \quad 27,85 \text{ MPa} \leq 97,39 \text{ MPa} \quad \text{..... vyhovuje}$$

Riešený detail II:



**Styk steny pozdĺžnej výstuhy so stenou priečnej výstuhy – II
obvodový kútový zvar**

/kategória detailu - 71, tab.8.9 STN EN 1993-1-9/

Normálové napätia od Q (LM71) [Mpa]							
horné vlákna		dolné vlákna		kraj výrezu		napätie "N"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$		$\sigma_{d,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,glob.}$	
min.	-0,81	max.	0,99	min.	-0,49	-0,17	
max.	25,86	min.	-43,06	max.	13,50	1,19	
Rozkmit napätí [Mpa]				$\Delta\sigma_p$		$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{glob.}$	1,36
						$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{lok.}$	12,63

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_{p, \phi^2_{glo.}} = 1,36 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_{p, \phi^2_{lok.}} = 12,63 \text{ Mpa}$$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$$\text{Globálny: } \lambda_G = \lambda_{1,G} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,G} = 0,618 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,84 = 0,540 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_G = 0,54$$

$$\text{Lokálny: } \lambda_L = \lambda_{1,L} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,L} = 1,444 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,502 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_L = 1,40$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_{p, glo.} \cdot \lambda_G + \Delta\sigma_{p, lok.} \cdot \lambda_L = 1,36 \cdot 0,54 + 12,63 \cdot 1,40$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 18,42 \text{ Mpa}$$

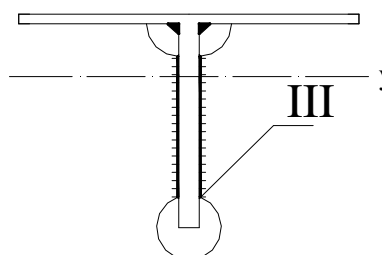
Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_C = 71,00 \text{ Mpa}$$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} \quad 1,0 \cdot 18,42 \leq \frac{71,0}{1,15} \quad 18,42 \text{ MPa} \leq 61,74 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{vyhovuje}$$

Riešený detail III:



**Styk steny pozdĺžnej výstuhy so stenou priečnej výstuhy – III
obvodový kútový zvar**

/kategória detailu - 71, tab.8.9 STN EN 1993-1-9/

Normálové napätia od Q (LM71) [Mpa]					
horné vlákna	dolné vlákna	kraj výrezu		napätie "N"	napätie "My"
$\sigma_{h,Q,LM71}$	$\sigma_{d,Q,LM71}$	$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,glob.}$	$\sigma_{p,Q,lok.}$
min. -0,81	max. 0,99	max.	0,82	-0,17	0,99
max. 25,86	min. -43,06	min.	-36,49	1,19	-37,68
Rozkmit napätí [Mpa]		$\Delta\sigma_p$		$\Delta\sigma_{p, \phi^2_{glo.}}$	$\Delta\sigma_{p, \phi^2_{lok.}}$
				1,36	38,67

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_{p, \phi^2_{glo.}} = 1,36 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_{p, \phi^2_{lok.}} = 38,67 \text{ Mpa}$$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$$\text{Globálny: } \lambda_G = \lambda_{1,G} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,G} = 0,618 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,84 = 0,540 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_G = 0,54$$

$$\text{Lokálny: } \lambda_L = \lambda_{1,L} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,L} = 1,444 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,502 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_L = 1,40$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_{p, glo.} \cdot \lambda_G + \Delta\sigma_{p, lok.} \cdot \lambda_L = 1,36 \cdot 0,54 + 38,67 \cdot 1,40$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 54,87 \text{ Mpa}$$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_C = 71,00 \text{ Mpa}$$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} \quad 1,0 \cdot 54,87 \leq \frac{71,0}{1,15} \quad 54,87 \text{ MPa} \leq 61,74 \text{ MPa} \quad \dots\dots \text{vyhovuje}$$

4.6.2.5 Posúdenie na max. osovú silu + ohybový moment

Po vyhodnotení vnútorných síl je z hľadiska namáhania krajnej pozdĺžnej výstuhy na max. osovú silu rozhodujúca 1.výstuha od kraja vane (pod koľajou č.2) v mieste priečnika.

a) Vnútorné sily

Separáciu globálnych a lokálnych dynamických účinkov od dopravy zohľadníme:

- pre ohybové momenty sa hodnoty z modelu prenášobia dyn. súčiniteľom pre lokálne účinky,
- pre normálové sily sa hodnoty z modelu prenášobia dyn. súčiniteľom pre globálne účinky,
- pre priečne šmykové sily sa hodnoty z modelu prenášobia dyn. súčiniteľom pre globálne účinky.

Hodnoty výsledných rozhodujúcich vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl

Pozdĺžna výstuha - krajne pole

Max. osová sila (tlaková) + prisluchajúce momenty

1. výstuha od kraja vane (pod koľ.č.2), v mieste x=74,45m (nad priečnikom)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu		súčinitele					návrhové hodnoty		charakter. hodnoty	
		N	My		γ_F	$\phi_{8,lok.}$	$\phi_{8,glob.}$	α	Nd	Myd	Nk	Myk
		[kNm]	[kN]	koef.	[-]	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	5,27	-1,65	1	1,00	-	-	-	5,27	-1,65	5,27	-1,65
	doplňok k tiaži (zábradlie)	0,87	-0,03	1	1,00	-	-	-	0,87	-0,03	0,87	-0,03
	tiaž izolácie	-0,92	-0,14	1,20	1,35	-	-	-	-1,49	-0,23	-1,10	-0,17
	tiaž štrkového lôžka	-25,04	-4,08	1,30	1,35	-	-	-	-43,95	-7,16	-32,55	-5,30
	tiaž železničný zvršok	-1,45	-0,07	1	1,35	-	-	-	-1,96	-0,09	-1,45	-0,07
	účinkov trakčných závesov	0,03	0,00	1	1,00	-	-	-	0,03	0,00	0,03	0,00
	účinkov nerovnomerného sadnutia opôr	-0,17	-0,02	1	1,35	-	-	-	-0,23	-0,03	-0,17	-0,02
	suma G_{sup} + G_{inf}	-21,41	-5,99						-41,45	-9,19	-29,11	-7,24
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	-13,34	-0,03	1	1,40	1,67	1,15	1,21	-25,99	-0,08	-18,56	-0,06
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	-15,50	-2,41	1	1,40	1,67	1,15	1,21	-30,20	-6,82	-21,57	-4,87
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	-15,58	-0,04	1	1,20	1,67	1,15	1,00	-21,50	-0,08	-17,92	-0,07
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	-17,74	-3,75	1	1,20	1,67	1,15	1,00	-24,48	-7,52	-20,40	-6,26
	rozjazdové sily- koľ.1 (+)(-)	-3,58	-0,12	1	1,40	-	-	1,21	-6,06	-0,20	-4,33	-0,15
	rozjazdové sily- koľ.2 (+)(-)	1,64	-0,49	0	0,00	-	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
	brzdne sily - koľ.1 (+)(-)	4,80	-0,18	0	0,00	-	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
	brzdne sily - koľ.2 (+)(-)	-9,99	0,77	1	1,40	-	-	1,21	-16,92	1,30	-12,09	0,93
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	-6,14	-1,28	1	1,40	-	-	1,21	-10,40	-2,17	-7,43	-1,55
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (L)	-7,40	-1,22	1	1,40	-	-	1,21	-12,54	-2,07	-8,95	-1,48
	Q_{vmax} - max.zvislé (len priťažujúce účinky)	-31,08	-3,78						-56,18	-6,90	-40,13	-4,93
W	Q_{lmax} - max.pozdĺžne (len priťažujúce účinky)	-13,57	0,65						-22,99	1,10	-16,42	0,79
	Q_{smax} - max.priečne (len priťažujúce účinky)	-13,54	-2,50						-22,94	-4,24	-16,38	-3,03
	viator zľava na konštrukciu	-45,52	-5,57	1	1,50			-	-68,28	-8,36	-45,52	-5,57
	viator zprava na konštrukciu	40,60	3,82	0	0,00			-	0,00	0,00	0,00	0,00
	viator zľava na vlak	-25,45	-4,58	1	1,50			-	-38,18	-6,87	-25,45	-4,58
	suma W_{max} (len priťažujúce účinky)	-70,97	-10,15						-106,46	-15,23	-70,97	-10,15

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	N_E	My_E		N_{Ed}	My_{Ed}	N_{Ek}	My_{Ek}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
C01: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+Q_{la/lb}+0,5.Q_S+\psi_0.W_{max.}$	-126,06	-17,98		-211,93	-28,53	-147,08	-20,51
C02: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax.}+0,5.Q_{la/lb}+Q_S+\psi_0.W_{max.}$	-126,04	-19,56		-211,91	-31,19	-147,06	-22,42
C03: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax.}+Q_{la/lb}+0,5.Q_S$	-72,83	-10,37		-132,09	-17,11	-93,85	-12,90
C04: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+0,5.Q_{la/lb}+Q_S$	-72,82	-11,95		-132,07	-19,78	-93,83	-14,80
C05: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+0,5.Q_{la/lb}+0,5.Q_S$	-66,05	-10,70		-120,60	-17,66	-85,64	-13,29
C06: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}$	-52,49	-9,77		-97,64	-16,09	-69,24	-12,17
C07: $G_{sup}+G_{inf}+W_{max.}$	-92,38	-16,14		-147,91	-24,41	-100,08	-17,39
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	-126,06	-17,98		-211,93	-28,53	-147,08	-20,51
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	-125,89	-17,96		-211,70	-28,50	-146,91	-20,49

Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre max.(-)N, My	Vz_{Ed}= -65,97 kN
Nx, maximálna tlaková osová sila	N_{Ed}= -211,93 kN
My, ohybový moment	My_{Ed}= -28,53 kN

c) Overenie odolnosti prierezu

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -65,97 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{A_v \cdot f_{y,wd}} \leq 1,0$$

$$f_{y,wd} = f_{y,w} / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_3 = \frac{65,97 \cdot \sqrt{3}}{0,025 \cdot 0,25 \cdot 355} = 0,051$$

< 0,5 ► vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať!
< 1,0 ► **vyhovuje**

Overenie odolnosti od normálových napätí (tlak)

posúdenie v mieste max. N - krajné pole (1.priečnik)

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$M_{y,Ed} = -28,53 \text{ kNm} \quad f_y = 355 \text{ Mpa}$$

$$N_{Ed} = -211,93 \text{ kN}$$

pružné kritické napätie:

$$\sigma_{cr,c} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{sl,1}}{A_{sl,1} \cdot a^2} = \frac{3,1416^2 \cdot 210 \cdot 80,49}{11,29 \cdot 2,1^2} = 3350,79 \text{ Mpa}$$

$$e = \max(e_1, e_2) = 73,9 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0,49$$

pomerná štihlosť:

$$\lambda_c = \left(\frac{\beta_{A,c} \cdot f_y}{\sigma_{cr,c}} \right)^{0,5} = \left(\frac{0,958 \cdot 355}{3350,791} \right)^{0,5} = 0,319$$

$$\beta_{A,c} = \frac{A_{sl,1,eff}}{A_{sl,1}} = \frac{10 \, 815,06}{11 \, 290,00} = 0,958$$

$$i = \left(\frac{I_{sl,1}}{A_{sl,1}} \right)^{0,5} = \left(\frac{80 \, 493 \, 121,35}{11 \, 290,00} \right)^{0,5} = 84,437 \text{ mm}$$

$$\alpha_e = \alpha + \frac{0,09}{i/e} = 0,49 + \frac{0,09}{84,437/73,9} = 0,569$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_c - 0,2) + \lambda_c^2] \quad \Phi = 0,584$$

súčiniteľ vzperu:

$$\chi_c = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_c^2}} \quad \chi_c = 0,931$$

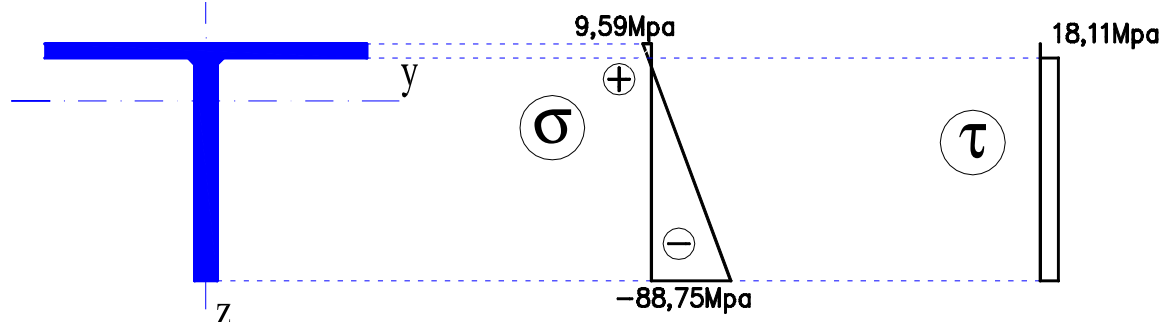
Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot X_c \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed} + e_N \cdot N_{Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{yd}}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{1h} = \frac{-211,93}{10,815 \cdot 0,93 \cdot 355} - \frac{-28,53 + 0,0034 \cdot (-211,93)}{0,953 \cdot 355} = -0,059 - 0,086 = \mathbf{0,027} < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = \frac{-211,93}{10,815 \cdot 0,93 \cdot 355} + \frac{-28,53 + 0,0034 \cdot (-211,93)}{0,432 \cdot 355} = -0,059 + 0,191 = \mathbf{-0,250} < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$

Pozdĺžna výstuha pre posúdenie v mieste **max. N** **vyhovuje.****d) Posúdenie krčných zvarov**

Pripojenie pozdĺžnej výstuhy a plechu mostovky je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{max.}=25\text{mm}$ \blacktriangleright navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=5\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:

$$a_w = 5,00 \text{ mm}$$

medza pevnosti materiálu

$$f_u = 510,00 \text{ Mpa}$$

korelačný faktor pre kútové zvary:

$$\beta_w = 0,90$$

parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

statický moment plochy prierezu:

$$S_y = 4,063 \text{E}+05 \text{ mm}^3$$

moment zotrvačnosti prierezu:

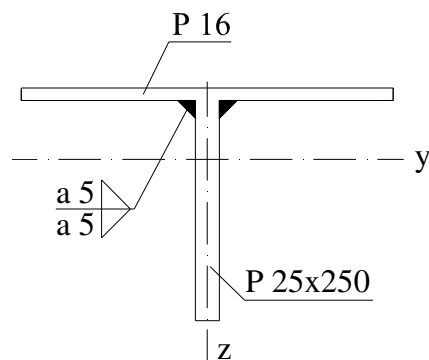
$$I_{y,eff} = 7,788 \text{E}+07 \text{ mm}^4$$

max.šmyková sila v posudzovanom mieste:

$$V_{z,Ed} = -65,97 \text{ kN}$$

kolmé normálové (šmykové) napätie:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 4,50 \text{ Mpa}$$

**Výpočet:**

šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru :

$$\tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{65,97 \cdot 406,33}{77,88 \cdot 2 \cdot 5} = \mathbf{34,42 \text{ Mpa}}$$

Posúdenie:

$$\text{A.)} \quad [\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[4,5^2 + 3 \cdot (4,5^2 + 34,42^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$\mathbf{60,29} < \mathbf{453,3 \text{ Mpa}} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

B.)

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$$

$$4,50 \leq 0,9 \cdot 510 / 1,25$$

$$\mathbf{4,50} < \mathbf{367,2 \text{ Mpa}} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

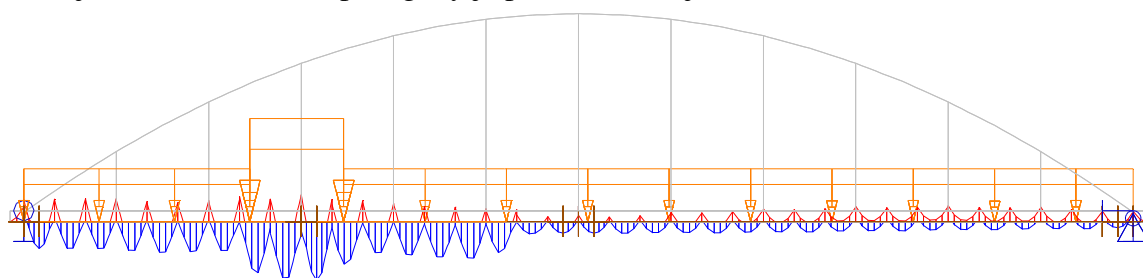
návrh zvaru vyhovuje

e) Overenie únavovej odolnosti

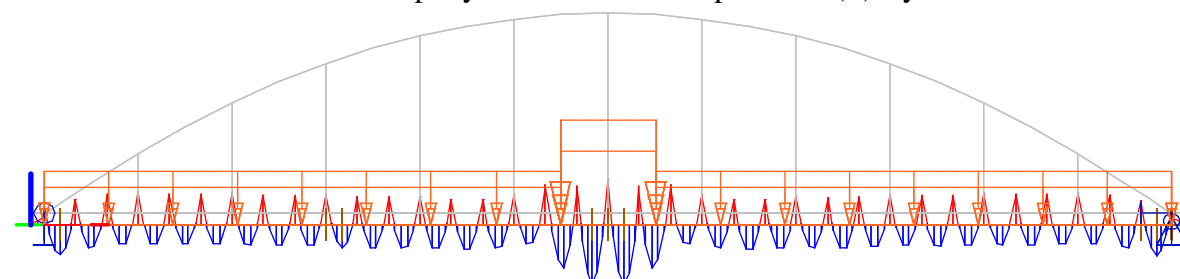
Overenie únavovej odolnosti pre toto miesto nie je potrebné nakoľko rozkmity normálových napätí nedosahujú také hodnoty ako pri posúdení na max (-)My na priečniku.

4.6.3 Posúdenie pevnosti pozdĺžnej výstuhy vo vnútorných poliach

Rozhodujúca je kombinácia stáleho a krátkodobého zaťaženia kde v rámci zaťaženia dopravou rozhodovala schéma zaťaženia LM71+LM71 v najnepriaznivejších polohách – polohy zaťaženia reprezentujúce lokomotívu, resp. vagóny je podľa nasledujúcich obrázkov.



Obr. Poloha pohyblivého zaťaženie pre max. (+)My



Obr. Poloha pohyblivého zaťaženie pre max. (-)My, max N

4.6.3.1 Materiálové charakteristiky

	Oceľ	t [mm]	f_y [Mpa]	f_u [Mpa]
Plech mostovky	S355	16,0	355	510
Výstuha	S355	22,0	355	510

$\gamma_{M0} = 1,00$

$\gamma_{M1} = 1,00$

$\gamma_{M2} = 1,25$

4.6.3.2 Prierezové charakteristiky**a) Geometria prierezu**

$$t_{sl} = 25 \text{ mm}$$

$$h_{sl} = 250 \text{ mm}$$

$$b_{sl} = 420 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm} \quad (\text{reálna})$$

$$t = 12 \text{ mm} \quad (\text{pre posúdenie})$$

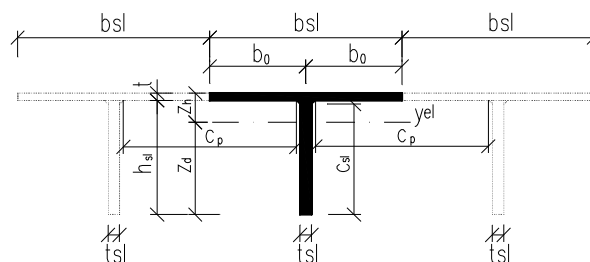
$$a_w = 5 \text{ mm} \quad (\text{výška zvaru})$$

$$c_p = 381 \text{ mm}$$

$$c_{sl} = 243 \text{ mm}$$

$$h = 266 \text{ mm} \quad (\text{reálna})$$

$$h = 262 \text{ mm} \quad (\text{pre posúdenie})$$



$$z_{h,el} = -78,5 \text{ mm}$$

$$z_{d,el} = 183,5 \text{ mm}$$

$$z_{h,pl} = -15,4 \text{ mm}$$

$$z_{d,pl} = 250,6 \text{ mm}$$

$$A = 11290,0 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 80493121 \text{ mm}^4$$

b) Zatriedenie prierezu

Horná pásnica tlačaná časť prierezu (kladný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814$$

$$\beta_p = c_p / t = 380,9/16 = \mathbf{23,804} \quad \text{ak } \beta_p < \begin{matrix} 33 \cdot \varepsilon_m = 33 \cdot 0,81 = \mathbf{26,85} \\ 38 \cdot \varepsilon_m = 38 \cdot 0,81 = \mathbf{30,92} \rightarrow \text{trieda 1} \\ 42 \cdot \varepsilon_m = 42 \cdot 0,81 = \mathbf{34,17} \end{matrix}$$

Výstuha ťahaná a ohýbaná časť prierezu (záporný moment ► voľný okraj výstuhy -tlak)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814$$

$$\alpha = z_{d,pl} / c_{sl} = 250,6/243 = 1,031$$

$$\psi = (z_{d,el} - c_{sl}) / z_{d,el} = (183,5 - 243) / 183,5 = -0,324$$

$$\kappa_\sigma = \text{z STN EN 1993-1-5, tab.4.2} = 0,661$$

$$\beta_{sl} = c_{sl} / t_{sl} = 243/25 = \mathbf{9,717} \quad \text{ak } \beta_{sl} > \begin{matrix} 9 \cdot \varepsilon_m / \alpha = 9 \cdot 0,81 / 1,03 = \mathbf{7,10} \\ 10 \cdot \varepsilon_m / \alpha = 10 \cdot 0,81 / 1,03 = \mathbf{7,89} \rightarrow \text{trieda 3} \\ 21 \cdot \varepsilon_m / \sqrt{\kappa_\sigma} = 21 \cdot 0,81 / \sqrt{0,66} = \mathbf{21,02} \end{matrix}$$

c) Vydúvanie plechu medzi výstuhami

Podľa kapitoly 4 STN EN 1993-1-5

$$\kappa_\sigma = \text{z STN EN 1993-1-5, tab.4.2} = 4,000$$

$$\bar{\lambda}_p = c_p / (t \cdot 28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\kappa_\sigma}) = 0,515$$

$$\rho = 1,00 \quad \text{► plech nevydúva}$$

$$b_{c,eff} = bc$$

d) Vplyv ochabnutia šmykom

Podľa kapitoly 3 STN EN 1993-1-5

+ My v poli (medziľahlé)	pretože $b_0 > Le/50$	ochabnutie šmykom sa nezanedbáva
- My nad priečnikom	pretože $b_0 > Le/50$	ochabnutie šmykom sa nezanedbáva

$$\text{MS únosnosti:} \quad b_{sl,eff} = \beta^k \cdot b_{sl}$$

$$\text{Ms používateľnosti a únavy:} \quad b_{sl,eff} = \beta \cdot b_{sl}$$

Účinná šírka plechu so zohľadnením ochabnutia šmykom

Miesto overenia	L [mm]	L _e [mm]	b ₀ [mm]	t [mm]	α ₀	κ	β	β ^κ	b _{sl,eff} [mm]
+ My v poli (medziľahlé)	2100	1470	210	12	1,00	0,1429	0,8845	0,9826	412,7
									371,5
- My nad priečnikom	2100	1050	230	12	1,00	0,219	0,4202	0,8270	380,4
									193,3

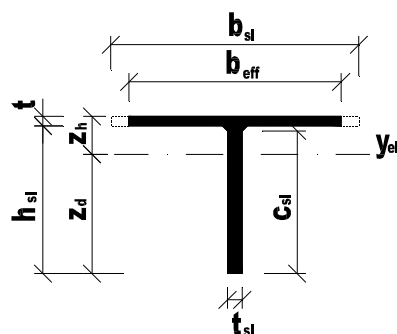
* - efektívna šírka v MS použiteľnosti a únavy

e) Prierezové charakteristiky účinného prierezu**Prierezové charakteristiky v MS únosnosti**

Miesto overenia	A _{eff} [mm ²]	z _h [mm]	z _d [mm]	I _{y,eff} [mm ⁴]	W _{y,h,eff} [mm ³]	W _{y,d,eff} [mm ³]	S _{y,eff} [mm ³]
+ My v poli (medziľahlé)	11202,4	-79,1	182,9	80027680,4	1011892,7	437518,0	418214,0
- My nad priečnikom	10815,1	-81,7	180,3	77879975,2	953189,6	431957,6	406330,4

S_{y,eff} - statický moment plochy efektívneho prierezu**Prierezové charakteristiky v MS použiteľnosti a únavy**

Miesto overenia	A _{eff} [mm ²]	z _h [mm]	z _d [mm]	I _{y,eff} [mm ⁴]	W _{y,h,eff} [mm ³]	W _{y,d,eff} [mm ³]	S _{y,eff} [mm ³]
+ My v poli (medziľahlé)	10707,8	-82,5	179,5	77257560,7	936872,9	430316,1	402918,2
- My nad priečnikom	8569,2	-101,5	160,5	61608417,7	606708,5	383961,5	321821,2

**4.6.3.3 Posúdenie na max. kladný moment + osovú silu**

Po vyhodnotení vnútorných síl je z hľadiska namáhania vnútornej pozdĺžnej výstuhy na max. kladný moment rozhodujúca 4. výstuha od stredu vane (pod koľajou č.1) cca v 1/4Lt mosta.

a) Vnútročné sily

Separáciu globálnych a lokálnych dynamických účinkov od dopravy zohľadníme:

- pre ohybové momenty sa hodnoty z modelu prenášobia dyn. súčiniteľom pre lokálne účinky,
- pre normálové sily sa hodnoty z modelu prenášobia dyn. súčiniteľom pre globálne účinky,
- pre priečne šmykové sily sa hodnoty z modelu prenášobia dyn. súčiniteľom pre globálne účinky.

Hodnoty výsledných rozhodujúcich vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Pozdĺžna výstuha - vnútorne pole

Max. kladné momenty + osovú silu

4. výstuha od stredu vane, v mieste $x=20,9\text{m}$ (stred 10.poľa /cca 1/4Lt/)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu		súčinitele					návrhové hodnoty		charakter. hodnoty	
		My	N	koef.	γ_F	$\phi_{b, glob.}$	$\phi_{b, lok.}$	α	Myd	Nd	Myk	Nk
		[kNm]	[kN]		[-]	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	0,74	68,19	1	1,35	-	-	-	1,00	92,06	0,74	68,19
	doplňok k tiaži (zábradlie)	0,00	1,39	1	1,00	-	-	-	0,00	1,39	0,00	1,39
	tiaž izolácie	0,10	3,63	1,20	1,35	-	-	-	0,16	5,88	0,12	4,36
	tiaž štrkového lôžka	2,90	96,78	1,30	1,35	-	-	-	5,09	169,85	3,77	125,81
	tiaž železničný zvršok	0,27	5,95	1	1,35	-	-	-	0,36	8,03	0,27	5,95
	účinkov trakčných závesov	0,00	0,12	1	1,00	-	-	-	0,00	0,12	0,00	0,12
	účinkov nerovnomerného sadnutia opôr	0,00	0,05	1	1,00	-	-	-	0,00	0,05	0,00	0,05
	suma Gsup + Ginf	4,01	176,11						6,62	277,38	4,90	205,67
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	11,73	58,87	1	1,40	1,15	1,67	1,21	33,18	114,68	23,70	81,92
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	4,25	51,18	1	1,40	1,15	1,67	1,21	12,02	99,70	8,59	71,22
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	10,39	85,00	1	1,20	1,15	1,67	1,00	20,82	117,30	17,35	97,75
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	0,05	73,43	1	1,20	1,15	1,67	1,00	0,10	101,33	0,08	84,44
	rozjazdové sily- koľ.1 (+)(-)	0,05	19,47	1	1,40	-	-	1,21	0,08	32,98	0,06	23,56
	rozjazdové sily- koľ.2 (+)(-)	0,05	12,25	1	1,40	-	-	1,21	0,08	20,75	0,06	14,82
	brzdové sily - koľ.1 (+)(-)	0,11	20,61	1	1,40	-	-	1,21	0,19	34,91	0,13	24,94
	brzdové sily - koľ.2 (+)(-)	-0,07	1,20	0	0,00	-	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	0,27	3,34	1	1,40	-	-	1,21	0,46	5,66	0,33	4,04
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (P)	0,22	4,09	1	1,40	-	-	1,21	0,37	6,93	0,27	4,95
	Qv_{max} - max.zvislé (len priťažujúce účinky)	15,98	110,05						45,21	214,39	32,29	153,13
W	Ql_{max} - max.pozdĺžne (len priťažujúce účinky)	0,16	32,86						0,27	55,66	0,19	39,76
	Qs_{max} - max.priečne (len priťažujúce účinky)	0,49	7,43						0,83	12,59	0,59	8,99
	vetor zľava na konštrukciu	0,25	-13,99	1	1,50			-	0,38	-20,99	0,25	-13,99
	vetor zprava na konštrukciu	0,15	21,95	1	1,50			-	0,23	32,93	0,15	21,95
	vetor zľava na vlak	0,07	-12,94	1	1,50			-	0,11	-19,41	0,07	-12,94
	suma W_{max} (len priťažujúce účinky)	0,32	-26,93						0,48	-40,40	0,32	-26,93

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	My _E	N _E		My _{Ed}	N _{Ed}	My _{Ek}	N _{Ek}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
C01: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	20,64	302,54		52,87	523,43	37,92	383,06
C02: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	20,80	289,82		53,15	501,89	38,12	367,68
C03: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S$	20,40	322,74		52,51	553,72	37,68	403,26
C04: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S$	20,56	310,02		52,79	532,19	37,88	387,88
C05: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S$	20,32	306,31		52,37	525,89	37,58	383,38
C06: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax}$	19,99	286,16		51,82	491,77	37,19	359,00
C07: $G_{sup} + G_{inf} + W_{max}$	4,33	149,18		7,10	236,98	5,22	178,94
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	20,80	289,82		53,15	501,89	38,12	367,68
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	20,80	289,77		53,15	501,84	38,12	367,63

Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre max. My, N	Vz _{Ed} =	-4,86 kN
My, maximálny ohybový moment	My _{Ed} =	53,15 kN
Nx, osová sila	N _{Ed} =	501,89 kN

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -4,86 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{A_v \cdot f_{y,wd}} \leq 1,0$$

$$f_{y,wd} = f_{y,w} / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_3 = \frac{4,86 \cdot \sqrt{3}}{0,025 \cdot 0,25 \cdot 355} = 0,004$$

< 0,5 ► vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať!
 < 1,0 ► **vyhovuje**

Overenie odolnosti od normálových napätí**posúdenie v mieste max.(+)My**

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$M_{y,Ed} = 53,15 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 501,89 \text{ kN}$$

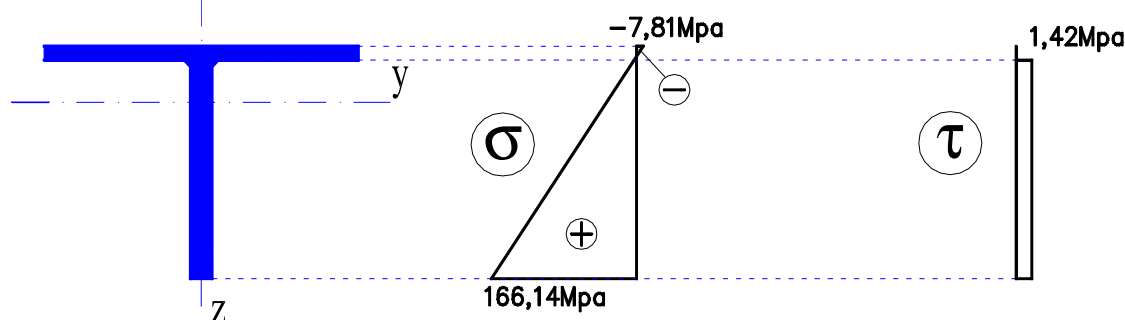
Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{1h} = \frac{501,89}{11,202 \cdot 355} - \frac{53,15}{1,012 \cdot 355} = 0,126 - 0,148 = -0,022 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = \frac{501,89}{11,202 \cdot 355} + \frac{53,15}{0,438 \cdot 355} = 0,126 + 0,342 = 0,468 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}$$



Pozdĺžna výstuha pre posúdenie v mieste max.(+)My..... **vyhovuje.**

d) Posúdenie krčných zvarov

Pripojenie pozdĺžnej výstuhy a plechu mostovky je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{max.}=25\text{mm}$ ► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=5\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:

$$a_w = 5,00 \text{ mm}$$

medza pevnosti materiálu

$$f_u = 510,00 \text{ Mpa}$$

korelačný faktor pre kútové zvary:

$$\beta_w = 0,90$$

parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

statický moment plochy prierezu:

$$S_y = 4,182 \text{E}+05 \text{ mm}^3$$

moment zotrvačnosti prierezu:

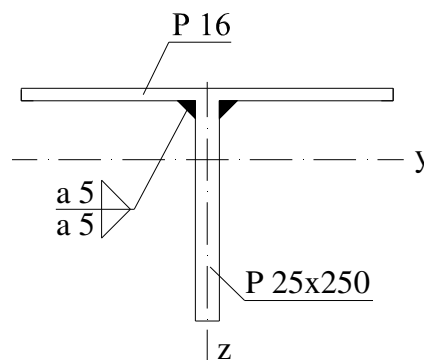
$$I_{y,eff} = 8,003 \text{E}+07 \text{ mm}^4$$

max.šmyková sila v posudzovanom mieste:

$$V_{z,Ed} = -4,86 \text{ kN}$$

kolmé normálové (šmykové) napätie:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 4,50 \text{ Mpa}$$



Výpočet:

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{4,86 \cdot 418,21}{80,03 \cdot 2 \cdot 5} = \mathbf{2,54 \text{ Mpa}}$$

Posúdenie:

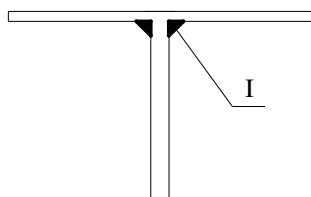
$$\begin{aligned} \text{A.) } [\sigma_T^2 + 3 \cdot (\tau_T^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} &\leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) \\ [4,5^2 + 3 \cdot (4,5^2 + 2,54^2)]^{0,5} &\leq 510 / (0,9 \cdot 1,25) \\ \mathbf{10,02 < 453,3 \text{ Mpa}} &\text{..... vyhovuje} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B.) } \sigma_T &\leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} \\ 4,50 &\leq 0,9 \cdot 510 / 1,25 \\ \mathbf{4,50 < 367,2 \text{ Mpa}} &\text{..... vyhovuje} \end{aligned} \quad \mathbf{\text{návrh zvaru vyhovuje}}$$

e) Overenie únavovej odolnosti

Posúdenie únavovej odolnosti výstuhy sa vykoná na základe maximálnych rozkmitov napätí $\Delta\sigma$ od dopravy reprezentovanej modelom LM71 (bez súčiniteľov). Dynamické účinky sú zohľadnené zvlášť pre lokálne účinky ($\phi_{2lok.}$) a zvlášť pre globálne účinky ($\phi_{2glob.}$). Dynamické súčinitele sú uvedené v kap. 4.4.2.4. Maximálne rozkmit normálových napätí pre riešenú kategóriu detailu vrátane dynamickým súčiniteľom od lokálnych účinkov aj od globálnych sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Riešený detail:



**Styk steny pozdĺžnej výstuhy s plechom mostovky – I
kútový zvar**

/kategória detailu - 112, tab.8.2 STN EN 1993-1-9/

Normálové napätia od Q (LM71) [Mpa]					
horné vlákna	dolné vlákna	miesto zvaru		napätie "N"	napätie "My"
$\sigma_{h,Q,LM71}$	$\sigma_{d,Q,LM71}$	$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,glob.}$	$\sigma_{p,Q,lok.}$
max. 4,67	min. -12,72	max. 3,21		-0,80	4,01
min. -10,60	max. 69,64	min. -3,86		14,66	-18,52
Rozkmit napätí [Mpa]		$\Delta\sigma_p$		$\Delta\sigma_p^{\phi_{2glob.}}$ 15,46	$\Delta\sigma_p^{\phi_{2lok.}}$ 22,53

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = \mathbf{1,00}$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = \mathbf{1,15}$$

Referenčný rozkmit normálového napätia(s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_p^{\phi_{2glob.}} = \mathbf{15,46 \text{ Mpa}}$$

$$\Delta\sigma_p^{\phi_{2lok.}} = \mathbf{22,53 \text{ Mpa}}$$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$$\lambda_{1,G} = 0,614 \quad L=75,6\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix/ - Globálne účinky}$$

$$\lambda_{1,L} = 1,444 \quad L=2,10\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix/ - Lokálne účinky}$$

$$\lambda_2 = 1,04 \quad \text{objem dopravy } 30 \cdot 10^6 \text{ t / koľaj / ročne}$$

$$\lambda_3 = 1,0 \quad \text{životnosť mosta uvažujem 100 rokov}$$

$$\lambda_{4,G} = 0,84 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste - Globálne účinky}$$

$\lambda_{4,L} = 1,0$ závislosť stret. sa vlakov na moste - Lokálne účinky
Globálny: $\lambda_G = \lambda_{1,G} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,G} = 0,618 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,84 = 0,540 < 1,4$ ► $\lambda_G = 0,54$ Lokálny: $\lambda_L = \lambda_{1,L} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,L} = 1,444 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,502 < 1,4$ ► $\lambda_L = 1,40$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

 $\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_{p, glo.} \cdot \lambda_G + \Delta\sigma_{p, lok.} \cdot \lambda_L = 15,46 \cdot 0,54 + 22,53 \cdot 1,40$ $\Delta\sigma_{E2} = 39,89 \text{ Mpa}$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

 $\Delta\sigma_C = 112,00 \text{ Mpa}$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} \quad 1,0 \cdot 39,89 \leq \frac{112,0}{1,15} \quad 39,89 \text{ Mpa} \leq 97,39 \text{ Mpa} \quad \text{..... vyhovuje}$$

4.6.3.4 Posúdenie na max. záporný moment + osovú silu

Po vyhodnotení vnútorných síl je z hľadiska namáhania vnútornej pozdĺžnej výstuhy na max. záporný moment rozhodujúca 4. výstuha od kraja vane (pod koľajou č.2) cca v 1/2Lt mosta.

a) Vnútorne sily

Separáciu globálnych a lokálnych dynamických účinkov od dopravy zohľadníme:

- pre ohybové momenty sa hodnoty z modelu prenasobia dyn. súčiniteľom pre lokálne účinky,
- pre normálové sily sa hodnoty z modelu prenasobia dyn. súčiniteľom pre globálne účinky,
- pre priečne šmykové sily sa hodnoty z modelu prenasobia dyn. súčiniteľom pre globálne účinky.

Hodnoty výsledných rozhodujúcich vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Pozdĺžna výstuha - vnútorne pole

Max. záporné momenty + osovú silu

4. výstuha od kraja vane (pod koľ.č.2), v mieste $x=38,75\text{m}$ (nad 19.priečnikom / 1/2Lt)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu		súčinitele				návrhové hodnoty		charakter. hodnoty			
		My	N		γ_F	$\phi_{g, glob.}$	$\phi_{g, lok.}$	α	Myd	Nd	Myk	Nk	
		[kNm]	[kN]	koef.	[-]	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	0,25	96,75	1	1,00	-	-	-	0,25	96,75	0,25	96,75	
	doplnok k tiaži (zábradlie)	0,01	1,59	1	1,00	-	-	-	0,01	1,59	0,01	1,59	
	tiaž izolácie	-0,02	5,85	1,20	1,35	-	-	-	-0,03	9,48	-0,02	7,02	
	tiaž štrkového lôžka	-0,69	158,00	1,30	1,35	-	-	-	-1,21	277,29	-0,90	205,40	
	tiaž železničný zvršok	-0,17	9,96	1	1,35	-	-	-	-0,23	13,45	-0,17	9,96	
	účinnok trakčných závesov	0,00	0,16	1	1,00	-	-	-	0,00	0,16	0,00	0,16	
	účinnok nerovnomerného sadnutia opôr	0,00	0,16	1	1,00	-	-	-	0,00	0,16	0,00	0,16	
suma Gsup + Gin		-0,62	272,47						-1,21	398,87	-0,83	321,04	
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	-0,48	71,59	1	1,40	1,15	1,67	1,21	-1,36	139,46	-0,97	99,62	
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	-6,38	128,66	1	1,40	1,15	1,67	1,21	-18,05	250,64	-12,89	179,03	
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	-1,86	86,83	1	1,20	1,15	1,67	1,00	-3,73	119,83	-3,11	99,85	
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	-5,94	148,57	1	1,20	1,15	1,67	1,00	-11,90	205,03	-9,92	170,86	
	rozjazdové sily- koľ.1 (+)(-)	-0,03	13,12	1	1,40	-	-	1,21	-0,05	22,23	-0,04	15,88	
	rozjazdové sily- koľ.2 (+)(-)	-0,01	28,92	1	1,40	-	-	1,21	-0,02	48,99	-0,01	34,99	
	brzdné sily - koľ.1 (+)(-)	0,00	11,68	0	0,00	-	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	
	brzdné sily - koľ.2 (+)(-)	-0,08	8,86	1	1,40	-	-	1,21	-0,14	15,01	-0,10	10,72	
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	-0,24	8,03	1	1,40	-	-	1,21	-0,41	13,60	-0,29	9,72	
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (P)	-1,75	8,00	1	1,40	-	-	1,21	-2,96	13,55	-2,12	9,68	
	Qv _{max} - max.zvislé (len priťažujúce účinky)		-8,24	215,49						-21,78	370,47	-16,00	278,88
	Ql _{max} - max.pozdĺžne (len priťažujúce účinky)		-0,11	21,98						-0,19	37,23	-0,13	26,60
Qs _{max} - max.priečne (len priťažujúce účinky)		-1,99	16,03						-3,37	27,15	-2,41	19,40	
W	viator zľava na konštrukciu	-0,04	2,22	1	1,50			-	-0,06	3,33	-0,04	2,22	
	viator zprava na konštrukciu	0,02	14,31	0	0,00			-	0,00	0,00	0,00	0,00	
	viator zľava na vlak	-1,66	1,47	1	1,50			-	-2,49	2,21	-1,66	1,47	
	suma W _{max} (len priťažujúce účinky)		-1,70	3,69						-2,55	5,54	-1,70	3,69

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	$M_{y,E}$	N_E		$M_{y,Ed}$	N_{Ed}	$M_{y,Ek}$	N_{Ek}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
C01: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+Q_{la/lb}+0,5\cdot Q_S+\psi_0\cdot W_{max.}$	-11,24	520,72		-26,77	824,30	-19,44	638,99
C02: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax.}+0,5\cdot Q_{la/lb}+Q_S+\psi_0\cdot W_{max.}$	-12,18	517,75		-28,37	819,26	-20,58	635,39
C03: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax.}+Q_{la/lb}+0,5\cdot Q_S$	-9,97	517,96		-24,86	820,15	-18,17	636,22
C04: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+0,5\cdot Q_{la/lb}+Q_S$	-10,91	514,98		-26,45	815,11	-19,30	632,62
C05: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+0,5\cdot Q_{la/lb}+0,5Q_S$	-9,91	506,97		-24,77	801,54	-18,10	622,92
C06: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}$	-8,86	487,96		-22,99	769,34	-16,83	599,92
C07: $G_{sup}+G_{inf}+W_{max.}$	-2,32	276,16		-3,76	404,41	-2,53	324,73
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	-12,18	517,75		-28,37	819,26	-20,58	635,39
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	-12,18	517,59		-28,37	819,10	-20,58	635,23

Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre min. My, N	Vz,Ed= -115,21 kN
My, minimálny ohybový moment	My,Ed= -28,37 kN
Nx, osová sila	N,Ed= 819,26 kN

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -115,21 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{A_v \cdot f_{y,wd}} \leq 1,0$$

$$f_{y,wd} = f_{y,w} / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_3 = \frac{115,21 \cdot \sqrt{3}}{0,025 \cdot 0,25 \cdot 355} = 0,090$$

< 0,5 ► vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať!
< 1,0 ► vyhovuje

Overenie odolnosti od normálových napätí

posúdenie v mieste max.(-)My

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$M_{y,Ed} = -28,37 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 819,26 \text{ kN}$$

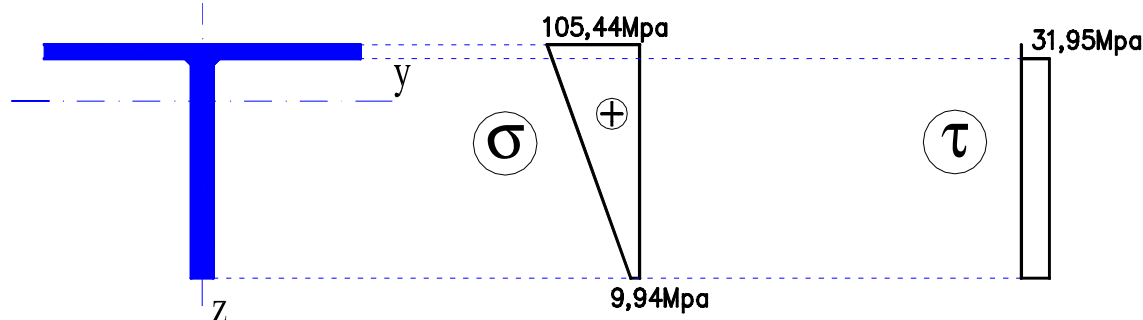
Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{1b} = \frac{819,26}{10,815 \cdot 355} - \frac{-28,37}{0,953 \cdot 355} = 0,213 - (-0,084) = 0,297 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = \frac{819,26}{10,815 \cdot 355} + \frac{-28,37}{0,432 \cdot 355} = 0,213 + (-0,185) = 0,028 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}$$



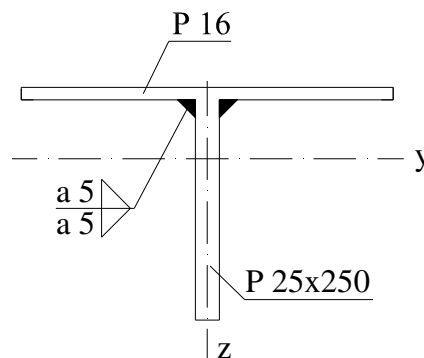
Pozdĺžna výstuha pre posúdenie v mieste max.(-)My (vnútorné pole) vyhovuje.

d) Posúdenie krčných zvarov

Pripojenie pozdĺžnej výstuhy a plechu mostovky je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max.}=25\text{mm}$ ► navrhujeme účinnú výšku zvaru $a_w=5\text{mm}$.

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	5,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_y=$	4,063E+05 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	7,788E+07 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	-115,21 kN
kolmé normálové (šmykové) napätie:	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	4,50 Mpa



Výpočet:

šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru :

$$\tau_{II} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_y}{I_{y,\text{eff}} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{115,21 \cdot 406,33}{77,88 \cdot 2 \cdot 5} = 60,11 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

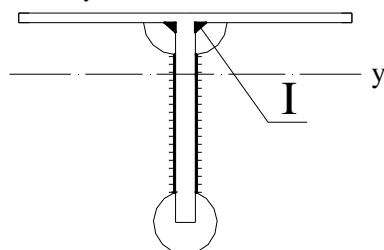
A.) $[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$
 $[4,5^2 + 3 \cdot (4,5^2 + 60,11^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$
104,50 < 453,3 Mpa vyhovuje

B.) $\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
 $4,50 \leq 0,9 \cdot 510 / 1,25$
4,50 < 367,2 Mpa vyhovuje **návrh zvaru vyhovuje**

e) Overenie únavovej odolnosti

Maximálne rozkmity normálových napätí pre riešenie kategóriu detailu vrátane dynamickým súčiniteľom od lokálnych účinkov aj od globálnych sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Riešený detail I:



Styk steny pozdĺžnej výstuhy s plechom mostovky – I
kútový zvar
 /kategória detailu - 112, tab.8.2 STN EN 1993-1-9/

Normálové napätia od Q (LM71) [Mpa]						
horné vlákna	dolné vlákna	kraj výrezu		napätie "N"		napätie "My"
$\sigma_{h,Q,LM71}$	$\sigma_{d,Q,LM71}$	$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,glob.}$		$\sigma_{p,Q,lok.}$
min.	-10,51	max.	11,67	min.	-8,65	-1,91
max.	45,13	max.	1,63	min.	-41,20	28,27
Rozkmit napätí [Mpa]				$\Delta\sigma_p$	$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{glob.}$	30,18
				$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{lok.}$		19,94

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{glo.} = 30,18 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{lok.} = 19,94 \text{ Mpa}$$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$$\lambda_{1,G} = 0,614 \quad L = 75,6 \text{ m} + \text{štandardný vlak /EC Mix/ - Globálne účinky}$$

$$\lambda_{1,L} = 1,444 \quad L = 2,10 \text{ m} + \text{štandardný vlak /EC Mix/ - Lokálne účinky}$$

$$\lambda_2 = 1,04 \quad \text{objem dopravy } 30 \cdot 10^6 \text{ t / koľaj / ročne}$$

$$\lambda_3 = 1,0 \quad \text{životnosť mosta uvažujem 100 rokov}$$

$$\lambda_{4,G} = 0,84 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste - Globálne účinky}$$

$$\lambda_{4,L} = 1,0 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste - Lokálne účinky}$$

$$\text{Globálny: } \lambda_G = \lambda_{1,G} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,G} = 0,618 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,84 = 0,540 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_G = 0,54$$

$$\text{Lokálny: } \lambda_L = \lambda_{1,L} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,L} = 1,444 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,502 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_L = 1,40$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_{p,glo.} \cdot \lambda_G + \Delta\sigma_{p,lok.} \cdot \lambda_L = 30,18 \cdot 0,54 + 19,94 \cdot 1,40$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 44,21 \text{ Mpa}$$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_C = 112,00 \text{ Mpa}$$

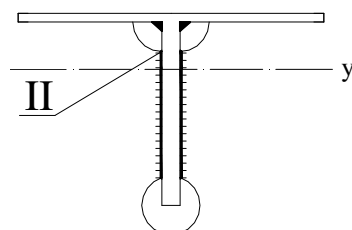
Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} \quad 1,0 \cdot 44,21 \leq \frac{112,0}{1,15}$$

$$44,21 \text{ Mpa} \leq 97,39 \text{ Mpa}$$

..... vyhovuje

Riešený detail II:



**Styk steny pozdĺžnej výstuhy so stenou priečnej výstuhy – II
obvodový kútový zvar**

/kategória detailu - 71, tab.8.9 STN EN 1993-1-9/

Normálové napätia od Q (LM71) [Mpa]					
horné vlákna	dolné vlákna	kraj výrezu		napätie "N"	napätie "My"
$\sigma_{h,Q,LM71}$	$\sigma_{d,Q,LM71}$	$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,glob.}$	$\sigma_{p,Q,lok.}$
min. -10,51	max. 11,67	min. -6,11		-1,91	-4,19
max. 45,13	max. 1,63	min. -35,85		28,27	8,23
Rozkmit napätí [Mpa]		$\Delta\sigma_p$		$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{glo.}$	$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{lok.}$
				30,18	12,42

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{glo.} = 30,18 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{lok.} = 12,42 \text{ Mpa}$$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$$\text{Globálny: } \lambda_G = \lambda_{1,G} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,G} = 0,618 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,84 = 0,540 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_G = 0,54$$

$$\text{Lokálny: } \lambda_L = \lambda_{1,L} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,L} = 1,444 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,502 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_L = 1,40$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_{p, glo.} \cdot \lambda_G + \Delta\sigma_{p, lok.} \cdot \lambda_L = 30,18 \cdot 0,54 + 12,42 \cdot 1,40$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 33,68 \text{ Mpa}$$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_C = 71,00 \text{ Mpa}$$

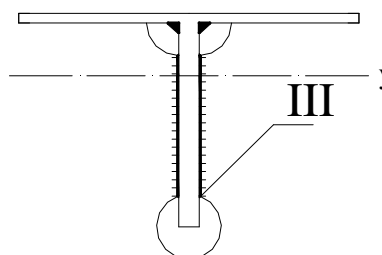
Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} \quad 1,033,68 \leq \frac{71,0}{1,15}$$

$$33,68 \text{ Mpa} \leq 61,74 \text{ Mpa}$$

..... **vyhovuje**

Riešený detail III:



**Styk steny pozdĺžnej výstuhy so stenou priečnej výstuhy – III
obvodový kútový zvar**

/kategória detailu - 71, tab.8.9 STN EN 1993-1-9/

Normálové napätia od Q (LM71) [Mpa]								
horné vlákna		dolné vlákna		kraj výrezu		napätie "N"		napätie "My"
$\sigma_{h,Q,LM71}$		$\sigma_{d,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,glob.}$		$\sigma_{p,Q,lok.}$
min.	-10,51	max.	11,67	max.	8,71	-1,91		10,62
max.	45,13	max.	1,63	min.	-4,61	28,27		-20,83
Rozkmit napätí [Mpa]				$\Delta\sigma_p$		$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{glo.}$	30,18	$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{lok.}$ 31,45

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

Referenčný rozkmit normálového napätia(s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{glo.} = 30,18 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2}_{lok.} = 31,45 \text{ Mpa}$$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$$\text{Globálny: } \lambda_G = \lambda_{1,G} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,G} = 0,618 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,84 = 0,540 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_G = 0,54$$

$$\text{Lokálny: } \lambda_L = \lambda_{1,L} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,L} = 1,444 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,502 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_L = 1,40$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_{p, glo.} \cdot \lambda_G + \Delta\sigma_{p, lok.} \cdot \lambda_L = 30,18 \cdot 0,54 + 31,45 \cdot 1,40$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 60,33 \text{ Mpa}$$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_C = 71,00 \text{ Mpa}$$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} \quad 1,060,33 \leq \frac{71,0}{1,15}$$

$$60,33 \text{ Mpa} \leq 61,74 \text{ Mpa}$$

..... **vyhovuje**

4.6.3.5 Posúdenie na max. osovú silu + ohybový moment

Po vyhodnotení vnútorných síl je z hľadiska namáhania vnútornej pozdĺžnej výstuhy na max. osovú silu rozhodujúca 1. výstuha od kraja vane (pod koľajou č.2) cca v 1/2Lt mosta.

a) Vnútročné sily

Separáciu globálnych a lokálnych dynamických účinkov od dopravy zohľadníme:

- pre ohybové momenty sa hodnoty z modelu prenasobia dyn. súčiniteľom pre lokálne účinky,
- pre normálové sily sa hodnoty z modelu prenasobia dyn. súčiniteľom pre globálne účinky,
- pre priečne šmykové sily sa hodnoty z modelu prenasobia dyn. súčiniteľom pre globálne účinky.

Hodnoty výsledných rozhodujúcich vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Pozdĺžna výstuha - krajne pole

Max. osová sila (ťahová) + momenty

1. výstuha od kraja vane (pod koľ.č.2), v mieste $x=37,7\text{m}$ (stred 18.poľa /cca 1/2Lt/)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu		súčinitele					návrhové hodnoty		charakter. hodnoty	
		N	My		γ_F	$\Phi_{B,lok.}$	$\Phi_{B,glob.}$	α	Nd	Myd	Nk	Myk
		[kNm]	[kN]	koef.	[-]	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	100,76	0,65	1	1,35	-	-	-	136,03	0,88	100,76	0,65
	doplnok k tiaži (zábradlie)	1,59	0,00	1	1,35	-	-	-	2,15	0,00	1,59	0,00
	tiaž izolácie	6,26	0,09	1,20	1,35	-	-	-	10,14	0,15	7,51	0,11
	tiaž štrkového lôžka	170,03	2,68	1,30	1,35	-	-	-	298,40	4,70	221,04	3,48
	tiaž železničný zvršok	10,85	0,07	1	1,35	-	-	-	14,65	0,09	10,85	0,07
	účinok trakčných závesov	0,17	0,00	1	1,35	-	-	-	0,23	0,00	0,17	0,00
	účinok nerovnomerného sadnutia opôr	0,17	0,00	1	1,35	-	-	-	0,23	0,00	0,17	0,00
suma Gsup + Ginf		289,83	3,49						461,82	5,82	342,09	4,31
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	65,20	0,96	1	1,40	1,67	1,15	1,21	127,02	2,72	90,73	1,94
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	147,98	3,11	1	1,40	1,67	1,15	1,21	288,28	8,80	205,91	6,28
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	86,52	0,76	1	1,20	1,67	1,15	1,00	119,40	1,52	99,50	1,27
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	175,03	2,88	1	1,20	1,67	1,15	1,00	241,54	5,77	201,28	4,81
	rozjazdové sily- koľ.1 (+)(-)	10,91	0,01	1	1,40	-	-	1,21	18,48	0,02	13,20	0,01
	rozjazdové sily- koľ.2 (+)(-)	30,62	0,06	1	1,40	-	-	1,21	51,87	0,10	37,05	0,07
	brzdné sily - koľ.1 (+)(-)	9,86	0,01	1	1,40	-	-	1,21	16,70	0,02	11,93	0,01
	brzdné sily - koľ.2 (+)(-)	4,30	0,04	1	1,40	-	-	1,21	7,28	0,07	5,20	0,05
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	9,54	0,09	1	1,40	-	-	1,21	16,16	0,15	11,54	0,11
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (L)	9,51	0,08	1	1,40	-	-	1,21	16,11	0,14	11,51	0,10
Qvmax - max.zvislé (len priťažujúce účinky)		240,23	3,84						415,30	11,51	305,41	7,55
Qlmax - max.pozdĺžne (len priťažujúce účinky)		40,48	0,07						68,57	0,12	48,98	0,08
Qsmax - max.priečne (len priťažujúce účinky)		19,05	0,17						32,27	0,29	23,05	0,21
W	viator zľava na konštrukciu	9,87	-0,38	1	1,50			-	14,81	-0,57	9,87	-0,38
	viator zprava na konštrukciu	9,16	1,30	1	1,50			-	13,74	1,95	9,16	1,30
	viator zľava na vlak	4,00	0,03	1	1,50			-	6,00	0,05	4,00	0,03
	suma Wmax (len priťažujúce účinky)		13,87	-0,35						20,81	-0,53	13,87

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	N _E	My _E		N _{Ed}	My _{Ed}	N _{Ek}	My _{Ek}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
C01: G _{sup} +G _{inf} +Q _{v,max} +Q _{la/lb} +0,5.Q _S + ψ_0 .W _{max.}	590,47	7,22		977,43	17,20	718,41	11,79
C02: G _{sup} +G _{inf} +Q _{v,max} +0,5.Q _{la/lb} +Q _S + ψ_0 .W _{max.}	579,75	7,27		959,28	17,29	705,45	11,85
C03: G _{sup} +G _{inf} +Q _{v,max} +Q _{la/lb} +0,5.Q _S	580,07	7,49		961,83	17,60	708,01	12,05
C04: G _{sup} +G _{inf} +Q _{v,max} +0,5.Q _{la/lb} +Q _S	569,35	7,54		943,68	17,68	695,04	12,11
C05: G _{sup} +G _{inf} +Q _{v,max} +0,5.Q _{la/lb} +0,5.Q _S	559,83	7,45		927,54	17,54	683,52	12,01
C06: G _{sup} +G _{inf} +Q _{v,max}	530,06	7,33		877,12	17,34	647,50	11,87
C07: G _{sup} +G _{inf} +W _{max.}	303,70	3,14		482,63	5,30	355,96	3,96
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	590,47	7,22		977,43	17,20	718,41	11,79
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	590,30	7,22		977,20	17,20	718,24	11,79

Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre max.(+)N, My	Vz _{Ed} =	-5,12 kN
Nx, maximálny ťahová osová sila	N _{Ed} =	977,43 kN
My, ohybový moment	My _{Ed} =	17,20 kN

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Výpočet:

šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru :
$$\tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{5,12 \cdot 418,21}{80,03 \cdot 2 \cdot 5} = 2,68 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

A.)
$$[\sigma_T^2 + 3 \cdot (\tau_T^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[4,5^2 + 3 \cdot (4,5^2 + 2,68^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

10,12 < 453,3 Mpa vyhovuje

B.)
$$\sigma_T \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$$

$$4,50 \leq 0,9 \cdot 510 / 1,25$$

4,50 < 367,2 Mpa vyhovuje

návrh zvaru vyhovuje

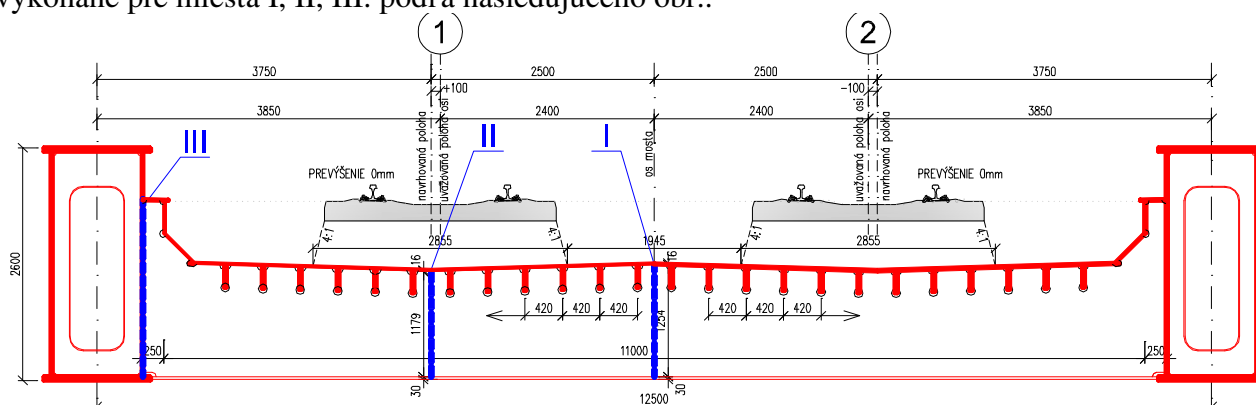
e) Overenie únavovej odolnosti

Overenie únavovej odolnosti pre toto miesto nie je potrebné nakoľko rozkmity normálových napätí nedosahujú také hodnoty ako pri posúdení na max (-)My na priečniku. Nad priečnikom sú aj citlivejšie kategórie detailov z hľadiska medzného stavu únavy, vid' 4.6.3.4 e.).

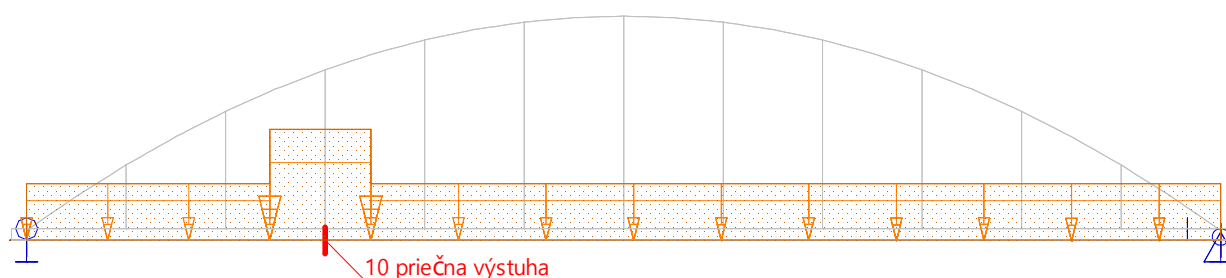
4.7 Posúdenie priečnej výstuhy

4.7.1 Posúdenie pevnosti vnútornej priečnej výstuhy

Pre podrobné posúdenie bola vybraná 10. priečna výstuha – t.j. v cca 1/4Lt. Posúdenie je vykonané pre miesta I, II, III. podľa nasledujúceho obr..



Rozhodujúca je kombinácia stáleho a krátkodobého zaťaženia kde v rámci zaťaženia dopravou rozhodovala schéma zaťaženia LM71+LM71 v najnepriaznivejších polohách – poloha zaťaženia reprezentujúca lokomotívu, resp. vagóny je podľa nasledujúceho obr.. V priečnom smere sa uvažuje možná poloha koľaje s posunom +100mm pre koľaj č.1 do stredu a -100mm pre koľaj č.2 taktiež smerom do stredu mosta. Takéto rozloženie zaťaženia vyvolá najväčšie vnútorné sily.



4.7.1.1 Materiálové charakteristiky

	Oceľ	t [mm]	f _y [Mpa]	f _t [Mpa]
Plech mostovky	S355	16,0	355	510
Stena	S355	14,0	355	510
Dolná pásnica	S355	30,0	355	510

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

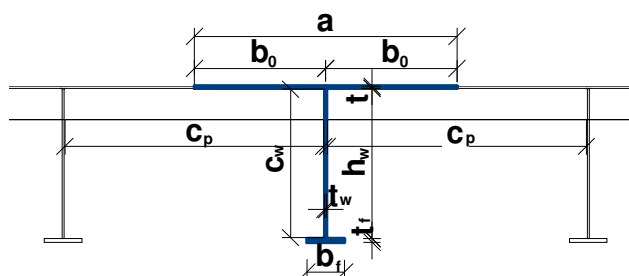
$$\gamma_{M1} = 1,00$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

4.7.1.2 Prierezové charakteristiky v mieste I

a) Geometria prierezu

t _f =	30	mm			
b _f =	300	mm			
t _w =	14	mm			
h _w =	1254	mm			
a=	2100	mm			
t=	16	mm	(reálna)		
t=	12	mm	(pre posúdenie)		
a _w =	6	mm	(výška zvaru)		
c _p =	2069	mm			
c _w =	1237	mm			
c _f =	135	mm			
h=	1300	mm	(reálna)		
h=	1296	mm	(pre posúdenie)		
				z _{h,el.} =	-384,4 mm
				z _{d,el.} =	915,6 mm
				z _{h,pl.} =	-14,3 mm
				z _{d,pl.} =	1285,7 mm
				A=	60156,0 mm ² (reálna)
				A=	51756,0 mm ² (pre posúdenie)
				I _y =	1,5536E+10 mm ⁴



b) Zatriedenie prierezu

Plech medzi výstuhami

tlačená časť prierezu

Ekvivalentnú hrúbku plechu t_e získame "rozmazaním" tuhosti pozdĺžnych výstuh v priečnom smere.

t _e =	(12.I _{y,sl} /b _{sl}) ^{1/3} =	=	132 mm		I _{y,sl} =	8,0493E+07 mm ⁴
ε _m =	√(235/f _y)=	√(235/355)=	0,814		b _{sl} =	420 mm
β _p =	c _p /t _e =	2069/132=	15,675	ak β _p <	33.ε _m =	33.0,81= 26,85
				<	38.ε _m =	38.0,81= 30,92 ► trieda 1
				<	42.ε _m =	42.0,81= 34,17

Stena

tlačená a ohýbaná časť prierezu

$\varepsilon_m =$	$\sqrt{(235/f_y)} =$	$\sqrt{(235/355)} =$	0,814	$z_w = a_w \cdot \sqrt{2} =$	8mm	
$\alpha =$	$z_{h,pl} / c_w =$	14,3/1237 =	0,012			
$\psi =$	$\frac{(z_{d,el} - t_f - z_w)}{(z_{h,el} + t + z_w)} =$	$\frac{(915,6 - 30 - 8)}{-384,4 + 16 + 8} =$	-2,44			
$\beta_w =$	$c_w / t_w =$	1237/14 =	88,359	ak $\beta_w >$	$72 \cdot \varepsilon_m =$	72 · 0,81 = 58,58
				$>$	$83 \cdot \varepsilon_m =$	83 · 0,81 = 67,53 ► trieda 3
				$<$	$62 \cdot \varepsilon_m (1 - \psi) \cdot \sqrt{(-\psi)} =$	= 270,69

Dolná pásnica tlačaná a ohýbaná časť prierezu (tlak-záporný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235)} = 0,814$$

$$\beta_f = c_f / t_f = 135/30 = 4,484 \quad \text{ak } \beta_f <$$

$$9.\varepsilon_m = 9.0,81 = 7,32$$

$$< 10.\varepsilon_m = 10.0,81 = 8,14 \quad \blacktriangleright \text{ trieda 1}$$

$$< 14.\varepsilon_m = 14.0,81 = 11,39$$

Prierez priečnej výstuhy pre posúdenie v mieste I **trieda 3****c) Vydúvanie plechu medzi výstuhami**

Podľa kapitoly 4 STN EN 1993-1-5

Pretože je plech medzi priečnikmi vystužený pozdĺžnymi výstuhami je plech z hľadiska vydúvania tuhší. Ekvivalentnú hrúbku plechu t_e získame "rozmazaním" tuhosti pozdĺžnych výstuh v priečnom smere.

$$\kappa_\sigma = \text{z STN EN 1993-1-5, tab.4.2} = 4,000$$

$$\bar{\lambda}_p = c_p / (t_e \cdot 28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\kappa_\sigma}) = 0,3392 < 0,673 \quad \blacktriangleright$$

$$\rho = 1,00 \quad \blacktriangleright \text{ plech nevydúva}$$

$$b_{c,eff} = a$$

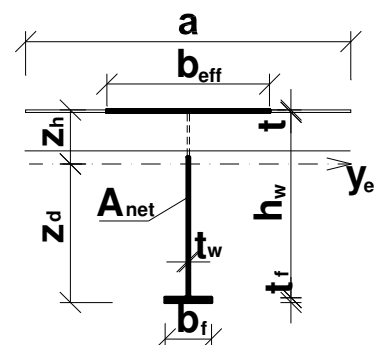
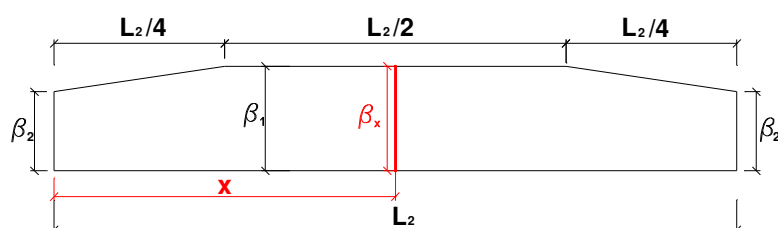
d) Vplyv ochabnutia šmykom

miesto kladného momentu	pretože $b_0 > L_e/50$	ochabnutie šmykom sa nezanedbáva
-------------------------	------------------------	----------------------------------

MS únosnosti: $b_{eff} = \beta^k \cdot b_{sl}$ Ms použiteľnosti a únavy: $b_{eff} = \beta \cdot b_{sl}$ **Účinná šírka plechu so zohľadnením ochabnutia šmykom**

Overenie v mieste:	L_2 [mm]	L_e [mm]	b_0 [mm]	t [mm]	α_0	κ	$\frac{\beta_1}{\beta_2}$	β	β^k	b_{eff} [mm]
kladného momentu	11500	8050	1050	12	1,00	0,1304	0,90181	0,9018	0,9866	2071,9
							-			1893,8
$x=5,75m$	11500	8050	1050	12	1,00	0,1304	0,90181	0,9018	0,9866	2071,9
							0,55821			1893,8

* - efektívna šírka v MS použiteľnosti a únavy

e) Prierezové charakteristiky účinného prierezu**Prierezové charakteristiky v MS únosnosti**

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,eff}$ [mm ³]
kladného momentu	51418,6	-445,3	850,7	14043898260,2	31538369,1	16508553,3	10922013,0
							7521339,2

$S_{y,eff}$ - statický moment plochy efektívneho prierezu: * - pre horný krčový zvar, ** pre spodný krčový zvar

A_{net} - plocha efektívneho prierezu v mieste výrezu pre pozdĺžnu výstuhu $A_{net} = 47288,6 \text{ mm}^2$

Prierezové charakteristiky v MS používateľnosti a únavy

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,eff}$ [mm ³]
kladného momentu	49281,5	-464,3	831,7	13613585789,1	29317823,3	16369271,4	10416137,1
Anet - plocha efektívneho prierezu v mieste výrezu pre pozdĺžnu výstuhu $A_{net} = 45151,5 \text{ mm}^2$							7349894,6

*

**

Vplyv vzperu

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}; \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{93,9 \cdot \varepsilon} \cdot \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}; \quad \phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]; \quad \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

Vybočenie kolmo na:	L_{cr} [mm]	λ	$\bar{\lambda}$	krivka	α	ϕ	χ
y-y	11500,0	22,629	0,274	b	0,34	0,550	0,974

Pozn.: V prípade namáhania priečnika **tlakovou silou** je potrebné uvažovať so **súčiniteľom vzperu χ** **4.7.1.3 Posúdenie priečnika v mieste I**

Po vyhodnotení vnútorných síl je z hľadiska namáhania vnútornej priečnej výstuhu pre posúdenie prierezu vybraná 10. priečna výstuha.

a) Vnútorne sily

Separáciu globálnych a lokálnych dynamických účinkov od dopravy uvažujeme na strane bezpečnosti, t.j. všetky vnútorné sily prenasobíme dynamickým súčiniteľom pre lokálne účinky. Hodnoty výsledných rozhodujúcich vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Priečna výstuha - vnútorná

Max. kladné momenty + osovú silu

10. priečna výstuha (cca 1/4Lt), v mieste I (stred priečnika)

		z výpočt. modelu		súčinitele			návrhové hodnoty		charakter. hodnoty		
Zaťažovací stav		My	N		γ_F	$\phi_{lok.}$	α	Myd	Nd	Myk	Nk
		[kNm]	[kN]	koef.	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	54,68	73,96	1	1,35	-	-	73,82	99,85	54,68	73,96
	doplnok k tiaži (zábradlie)	0,09	-0,06	1	1,35	-	-	0,12	-0,08	0,09	-0,06
	tiaž izolácie	7,18	10,10	1,20	1,35	-	-	11,63	16,36	8,62	12,12
	tiaž štrkového lôžka	221,20	310,61	1,30	1,35	-	-	388,21	545,12	287,56	403,79
	tiaž železničný zvršok	15,02	21,65	1	1,35	-	-	20,28	29,23	15,02	21,65
	účinkov trakčných závesov	-0,03	-0,03	1	1,00	-	-	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
	účinkov nerovnomerného sadnutia opôr	0,00	0,01	1	1,00	-	-	0,00	0,01	0,00	0,01
suma Gsup + Ginf		298,14	416,24				494,02	690,46	365,94	511,44	
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	242,12	379,37	1	1,40	1,20	1,21	492,18	771,18	351,56	550,85
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	228,75	352,60	1	1,40	1,20	1,21	465,00	716,77	332,15	511,98
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	245,89	365,44	1	1,20	1,20	1,00	354,08	526,23	295,07	438,53
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	242,01	349,52	1	1,20	1,20	1,00	348,49	503,31	290,41	419,42
	rozjazdové sily- koľ.1 (+)(-)	1,40	1,28	1	1,40	-	1,21	2,37	2,17	1,69	1,55
	rozjazdové sily- koľ.2 (+)(-)	1,22	1,53	1	1,40	-	1,21	2,07	2,59	1,48	1,85
	brzdné sily - koľ.1 (+)(-)	1,48	2,02	1	1,40	-	1,21	2,51	3,42	1,79	2,44
	brzdné sily - koľ.2 (+)(-)	0,66	1,58	1	1,40	-	1,21	1,12	2,68	0,80	1,91
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	14,85	10,13	1	1,40	-	1,21	25,16	17,16	17,97	12,26
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (P)	13,71	9,80	1	1,40	-	1,21	23,22	16,60	16,59	11,86
	Qvmax - max.zvislé (len priťažujúce účinky)		484,13	728,89				957,18	1487,95	683,70	1062,82
Qlmax - max.pozdĺžne (len priťažujúce účinky)		2,70	3,55				4,57	6,01	3,27	4,30	
Qsmax - max.priečne (len priťažujúce účinky)		28,56	19,93				48,38	33,76	34,56	24,12	
W	viator zľava na konštrukciu	16,04	19,24	1	1,50		-	24,06	28,86	16,04	19,24
	viator zprava na konštrukciu	14,22	18,07	1	1,50		-	21,33	27,11	14,22	18,07
	viator zľava na vlak	10,24	17,54	1	1,50		-	15,36	26,31	10,24	17,54
	suma Wmax (len priťažujúce účinky)		26,28	36,78				39,42	55,17	26,28	36,78

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	M_{yE}	N_E		$M_{y,Ed}$	N_{Ed}	$M_{y,Ek}$	N_{Ek}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
C01: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	818,96	1186,23		1509,54	2242,68	1089,90	1618,20
C02: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	831,89	1194,42		1531,44	2256,55	1105,54	1628,11
C03: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S$	799,25	1158,65		1479,97	2201,30	1070,19	1590,62
C04: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S$	812,18	1166,84		1501,88	2215,17	1085,83	1600,53
C05: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S$	797,90	1156,87		1477,69	2198,29	1068,55	1588,47
C06: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax}$	782,27	1145,13		1451,21	2178,40	1049,64	1574,26
C07: $G_{sup} + G_{inf} + W_{max}$	324,42	453,02		533,44	745,63	392,22	548,22
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	831,89	1194,42		1531,44	2256,55	1105,54	1628,11
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	831,89	1194,41		1531,44	2256,54	1105,54	1628,10

Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre max. M_y , N	$V_{z,Ed} = -197,41$ kN
M_y , maximálny ohybový moment	$M_{y,Ed} = 1531,44$ kN
N_x , osová sila	$N_{Ed} = 2256,55$ kN

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -197,41 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$A_{w,net} = 13426,0 \text{ mm}^2$$

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd} \cdot \chi_w \cdot A_{w,net} \cdot f_{y,d}} \leq 1,0$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\chi_w = 1,200 \quad (\text{podľa STN EN 1993-1-5, kap.5})$$

$$\eta_3 = \frac{197,41 \cdot \sqrt{3}}{1,2 \cdot 13426 \cdot 355} = 0,060$$

$$< 0,5 \quad \blacktriangleright$$

$$< 1,0 \quad \blacktriangleright$$

vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať!
 vyhovuje

Overenie odolnosti od normálových napätí

posúdenie v mieste I (stred rozpätia priečnika)

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$M_{y,Ed} = 1531,44 \text{ kNm}$$

POZN.: Účinky momentu M_z možno zanedbať

$$N_{Ed} = 2256,55 \text{ kN}$$

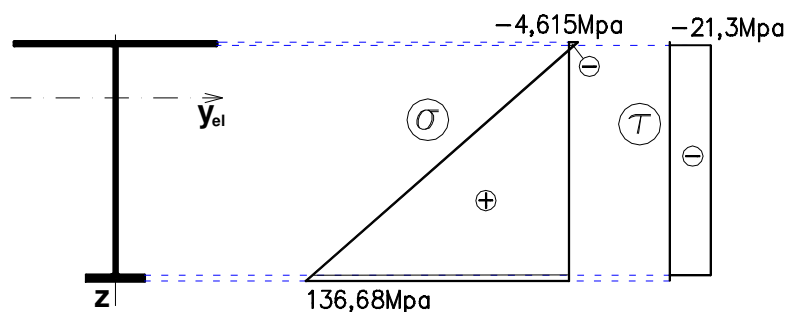
Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{1h} = \frac{2256,55}{51,419 \cdot 355} - \frac{1531,44}{31,538 \cdot 355} = 0,124 - 0,137 = -0,013 < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = \frac{2256,55}{51,419 \cdot 355} + \frac{1531,44}{16,509 \cdot 355} = 0,124 + 0,261 = 0,385 < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$



Overenie odolnosti rovinného namáhania steny**posúdenie v mieste I (stred rozpätia priečnika)**

Podmienka spoľahlivosti:

$$(\eta_{1,w})^2 + (\eta_{2,w})^2 - (\eta_{1,w}) \cdot (\eta_{2,w}) + 3 \cdot (\eta_{3,w})^2 \leq 1,0$$

Dolné vlákna:

$$(0,376) \cdot (0,376) + (0) \cdot (0) - (0,376) \cdot (0) + 3 \cdot (0,06) \cdot (0,06) < 1,0$$

Horné vlákna:

$$(-0,009) \cdot (-0,009) + (0) \cdot (0) - (-0,009) \cdot (0) + 3 \cdot (0,06) \cdot (0,06) < 1,0$$

$$\eta_{1,w,d} = 0,376$$

$$\eta_{1,w,h} = -0,009$$

$$\eta_{2,w} = 0,000$$

$$\eta_{3,w} = 0,060$$

$$0,152 < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$

$$0,011 < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$

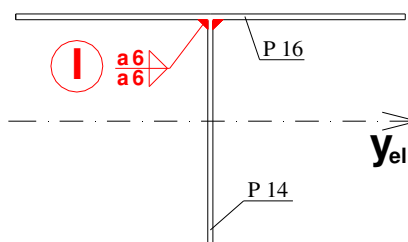
Priečna výstuha pre posúdenie v mieste I - **max.(+)My**..... **vyhovuje.****d) Posúdenie krčných zvarov***I - Spoj steny a plechu mostovky:*

Pripojenie steny priečnej výstuhy a plechu mostovky je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max.}=16\text{mm}$, $a_{w\min}=4\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=6\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w =$	6,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u =$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w =$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2} =$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}} =$	1,092E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}} =$	1,404E+10 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}} =$	-197,41 kN
kolmé normálové (šmykové) napätie:	$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} =$	4,50 Mpa

**Výpočet:**

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru :} \quad \tau_{\parallel} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_{y,\text{eff}}}{I_{y,\text{eff}} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{197,41 \cdot 10922,01}{14043,9 \cdot 2 \cdot 6} = 12,79 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

$$\text{A.)} \quad [\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[4,5^2 + 3 \cdot (4,5^2 + 12,79^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$23,92 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

B.)

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$$

$$4,50 \leq 0,9 \cdot 510 / 1,25$$

$$4,50 < 367,2 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

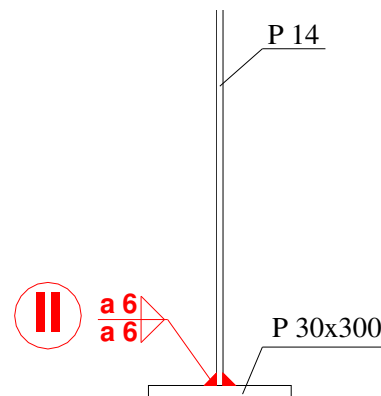
návrh zvaru vyhovuje*II - Spoj steny a dolnej pásnice:*

Pripojenie steny priečnej výstuhy a dolnej pásnice je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max.}=30\text{mm}$, $a_{w\min}=6\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=6\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w =$	6,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u =$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w =$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2} =$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,eff} =$	7,521E+06 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,eff} =$	1,404E+10 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,Ed} =$	-197,41 kN
	$\sigma_T = \tau_T =$	0,00 Mpa

**Výpočet:**

šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru :

$$\tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_{y,eff}}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{197,41 \cdot 7521,34}{14043,9 \cdot 2 \cdot 6} = 8,81 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

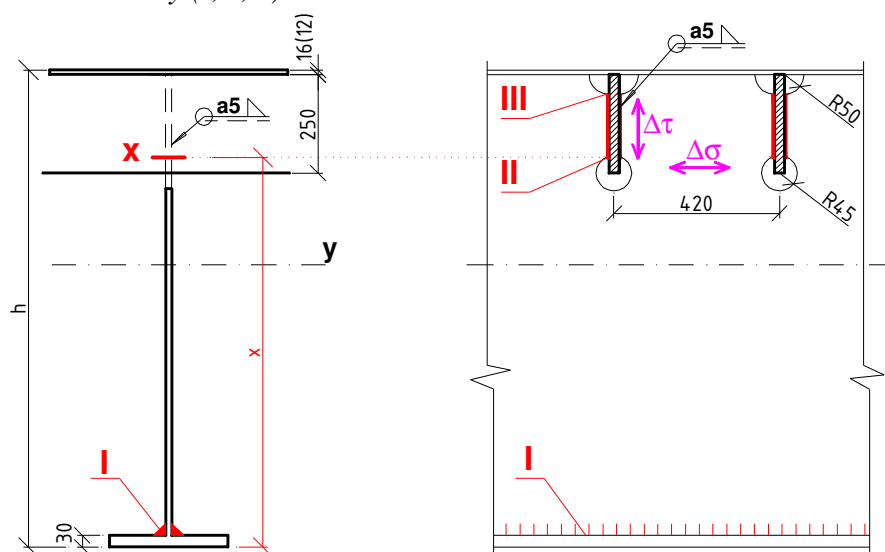
A.) $[\sigma_T^2 + 3 \cdot (\tau_T^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$
 $[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 8,81^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$
15,26 < 453,3 Mpa vyhovuje

B.) $\sigma_T \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
 $0,00 \leq 0,9 \cdot 510 / 1,25$
0,00 < 367,2 Mpa vyhovuje

návrh zvaru vyhovuje**e) Overenie únavovej odolnosti**

Posúdenie únavovej odolnosti prierečníka sa vykoná na základe maximálnych rozkmitov napätí $\Delta\sigma$ a $\Delta\tau$ od dopravy reprezentovanej modelom LM71 (bez súčiniteľov). Dynamické účinky sú zohľadnené zvlášť na strane bezpečnosti s lokálnym dynamickým súčiniteľom ($\phi_{2lok.}$). Dynamické súčinitele sú uvedené v kap. 4.4.2.4. Maximálne rozkmity normálových a šmykových napätí pre riešenie kategóriu detailu vrátane dynamickým súčiniteľov sú uvedené v priložených tabuľkách.

Riešené detaily (I,II,II):



Detail I:

Styk steny a dolnej pásnice priečnej výstuhy – I**Kútový zvar**

/kategória detailu - 112, tab.8.2 STN EN 1993-1-9/

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste x=30mm od spodu nosníka									
horné vlákna		dolné vlákna		miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$		$\sigma_{d,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,N}$		$\sigma_{p,My}$	
max.	0,25	min.	-1,18	min.	-1,15	-0,27		-0,88	
min.	-1,79	max.	51,84	max.	50,59	17,42		33,17	
Rozkmit normalových napätí [Mpa]				$\Delta\sigma_p^{\phi^2} =$	51,74	$\Delta\sigma_{p,N}^{\phi^2}$	17,69	$\Delta\sigma_{p,My}^{\phi^2}$	34,06

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$\gamma_{Ff} = 1,00$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$\gamma_{Mf} = 1,15$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 51,74 \text{ Mpa}$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$\lambda_{1,\sigma} = 1,05 \quad L=4,20\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix / - Lokálne účinky}$

$\lambda_2 = 1,04 \quad \text{objem dopravy } 30.10^6 \text{ t / koľaj / ročne}$

$\lambda_3 = 1,00 \quad \text{životnosť mosta uvažujem 100 rokov}$

$\lambda_{4,\sigma} = 0,71 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste - Lokálne účinky}$

Normálové: $\lambda_{\sigma} = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\sigma} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,00 \cdot 0,71 = 0,775 < 1,4$

$\lambda_{\sigma} = 0,78$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_{\sigma} = 51,74 \cdot 0,78$

$\Delta\sigma_{E2} = 40,36 \text{ Mpa}$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$\Delta\sigma_c = 112,00 \text{ Mpa}$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 40,36 \leq 112,0 / 1,15 \quad 40,36 \text{ Mpa} \leq 97,39 \text{ Mpa} \quad \dots \text{vyhovuje}$

Detail II:

Styk steny priečnika a pozdĺžnej výstuhy v mieste výrezu dole – II
kútový zvar (viď obr. vyššie)

/kategória detailu - 56, tab.8.9 STN EN 1993-1-9/

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste x=1060mm od spodu nosníka									
horné vlákna		dolné vlákna		miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$		$\sigma_{d,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,N}$		$\sigma_{p,My}$	
max.	0,25	min.	-1,18	min.	-0,01	-0,27		0,25	
min.	-1,79	max.	51,84	max.	7,97	17,42		-9,45	
Rozkmit normalových napätí [Mpa]				$\Delta\sigma_p^{\phi^2} =$	27,39	$\Delta\sigma_{p,N}^{\phi^2}$	17,69	$\Delta\sigma_{p,My}^{\phi^2}$	9,70
Rozkmit šmykových napätí [Mpa]				$\Delta\tau_p^{\phi^2} =$	17,43	$\Delta\tau_{p,Vzmax}^{\phi^2}$	8,66	$\Delta\tau_{p,Vzmin}^{\phi^2}$	-8,77

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$\gamma_{Ff} = 1,00$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$\gamma_{Mf} = 1,15$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 27,39 \text{ Mpa}$

Referenčný rozkmit šmykového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$\Delta\tau_p^{\phi^2} = 17,43 \text{ Mpa}$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$\lambda_{1,\sigma} = 1,05 \quad L=4,20\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix /}$

$\lambda_{1,\tau} = 1,05 \quad L=4,20\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix /}$

$$\lambda_2 = 1,04 \quad \text{objem dopravy } 30.10^6 \text{ t / koľaj / ročne}$$

$$\lambda_3 = 1,00 \quad \text{životnosť mosta uvažujem 100 rokov}$$

$$\lambda_{1,\sigma} = 0,71 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste /vid' 1993-2, str.45/}$$

$$\lambda_{1,\tau} = 0,71 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste}$$

$$\text{Normálové: } \lambda_\sigma = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\sigma} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,71 = 0,775 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_\sigma = 0,78$$

$$\text{Šmykové: } \lambda_\tau = \lambda_{1,\tau} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\tau} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,71 = 0,775 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_\tau = 0,78$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\sigma = 27,39 \cdot 0,78$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 21,36 \text{ Mpa}$$

Ekvivalentný rozkmit šmykového napätia:

$$\Delta\tau_{E2} = \Delta\tau_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\tau = 17,43 \cdot 0,78$$

$$\Delta\tau_{E2} = 13,6 \text{ Mpa}$$

Ekvivalentný rozkmit zrovnávacieho napätia:

$$\Delta\sigma_{eq2} = 0,5 \cdot (\Delta\sigma_{E2} + \sqrt{(\Delta\sigma_{E2})^2 + 4 \cdot (\Delta\tau_{E2})^2}) = 0,5 \cdot (21,4 + \sqrt{(21,4)^2 + 4 \cdot (13,6)^2}) \Delta\sigma_{eq2} = 28,00 \text{ Mpa}$$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_c = 56,00 \text{ Mpa}$$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 28,00 \leq 56,00 / 1,15 \quad 28,00 \text{ Mpa} \leq 48,70 \text{ Mpa} \quad \text{..... vyhovuje}$$

Detail III:

Styk steny priečnika a pozdĺžnej výstuhy v mieste výrezu hore – III
kútový zvar (vid' obr. vyššie)

/kategória detailu - 56, tab.8.9 STN EN 1993-1-9/

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste x=1250mm od spodu nosníka							
horné vlákna	dolné vlákna	miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$	$\sigma_{d,Q,LM71}$	$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,N}$		$\sigma_{p,My}$	
max. 0,25	min. -1,18	max. 0,20		-0,27		0,46	
min. -1,79	max. 51,84	max. 0,11		17,42		-17,31	
Rozkmit normalových napätí [Mpa]		$\Delta\sigma_p^{\phi^2} =$	35,46	$\Delta\sigma_{p,N}^{\phi^2}$	17,69	$\Delta\sigma_{p,My}^{\phi^2}$	17,77
Rozkmit šmykových napätí [Mpa]		$\Delta\tau_p^{\phi^2} =$	17,43	$\Delta\tau_{p,Vzmax}^{\phi^2}$	8,66	$\Delta\tau_{p,Vzmin}^{\phi^2}$	-8,77

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

Referenčný rozkmit normálového napätia(s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 35,46 \text{ Mpa}$$

Referenčný rozkmit šmykového napätia(s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\tau_p^{\phi^2} = 17,43 \text{ Mpa}$$

$$\text{Normálové: } \lambda_\sigma = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\sigma} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,71 = 0,775 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_\sigma = 0,78$$

$$\text{Šmykové: } \lambda_\tau = \lambda_{1,\tau} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\tau} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,71 = 0,775 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_\tau = 0,78$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\sigma = 35,46 \cdot 0,78$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 27,66 \text{ Mpa}$$

Ekvivalentný rozkmit šmykového napätia:

$$\Delta\tau_{E2} = \Delta\tau_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\tau = 17,43 \cdot 0,78$$

$$\Delta\tau_{E2} = 13,6 \text{ Mpa}$$

Ekvivalentný rozkmit zrovnávacieho napätia:

$$\Delta\sigma_{eq2} = 0,5 \cdot (\Delta\sigma_{E2} + \sqrt{(\Delta\sigma_{E2})^2 + 4 \cdot (\Delta\tau_{E2})^2}) = 0,5 \cdot (27,7 + \sqrt{(27,7)^2 + 4 \cdot (13,6)^2}) \Delta\sigma_{eq2} = 33,26 \text{ Mpa}$$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_c = 56,00 \text{ Mpa}$$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 33,26 \leq 56,00 / 1,15 \quad 33,26 \text{ Mpa} \leq 48,70 \text{ Mpa} \quad \text{..... vyhovuje}$$

4.7.1.4 Prierezové charakteristiky v mieste II**a) Geometria prierezu**

t_f	=	30	mm
b_f	=	300	mm
t_w	=	14	mm
h_w	=	1179	mm
a	=	2100	mm
t	=	16	mm
t	=	12	mm
a_w	=	6	mm
c_p	=	2069	mm
c_w	=	1162	mm
c_f	=	135	mm
h	=	1225	mm
h	=	1221	mm

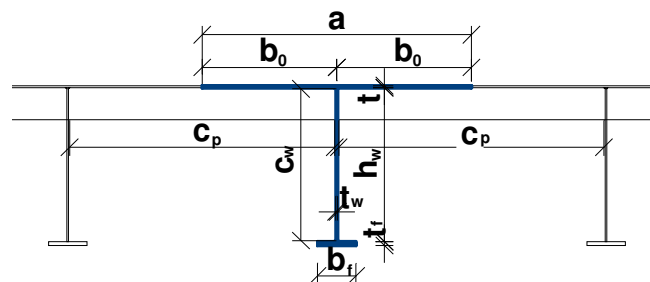
(reálna)

(pre posúdenie)

(výška zvaru)

(reálna)

(pre posúdenie)



$$z_{h,el.} = -357,9 \text{ mm}$$

$$z_{d,el.} = 867,1 \text{ mm}$$

$$z_{h,pl.} = -14,1 \text{ mm}$$

$$z_{d,pl.} = 1210,9 \text{ mm}$$

$$A = 59106,0 \text{ mm}^2 \quad (\text{reálna})$$

$$A = 50706,0 \text{ mm}^2 \quad (\text{pre posúdenie})$$

$$I_y = 1,3574E+10 \text{ mm}^4$$

b) Zatriedenie prierezu**Plech medzi výstuhami**

tlačená časť prierezu

Ekvivalentnú hrúbku plechu t_e získame "rozmazaním" tuhosti pozdĺžnych výstuh v priečnom smere.

$t_e = (12 \cdot I_{y,sl} / b_{sl})^{1/3} =$	$=$	132 mm	$I_{y,sl} =$	8,0493E+07 mm ⁴	
$\epsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} =$	$\sqrt{(235/355)} =$	0,814	$b_{sl} =$	420 mm	
$\beta_p = c_p / t_e =$	$2069/132 =$	15,675	ak $\beta_p <$		
			$33 \cdot \epsilon_m =$	33.0,81 = 26,85	
			$<$	$38 \cdot \epsilon_m =$	38.0,81 = 30,92 ► trieda 1
			$<$	$42 \cdot \epsilon_m =$	42.0,81 = 34,17

Stena

ťahaná a ohýbaná časť prierezu

$$\epsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814 \quad z_w = a_w \cdot \sqrt{2} = 8 \text{ mm}$$

$$\alpha = z_{h,pl} / c_w = 14,1/1162 = 0,012$$

$$\psi = \frac{(z_{d,el} - t_f - z_w)}{(z_{h,el} + t + z_w)} = \frac{(867,1 - 30 - 8)}{-357,9 + 16 + 8} = -2,49$$

$\beta_w = c_w / t_w =$	$1162/14 =$	83,002	ak $\beta_w >$	$72 \cdot \epsilon_m =$	$72 \cdot 0,81 =$	58,58
			$>$	$83 \cdot \epsilon_m =$	$83 \cdot 0,81 =$	67,53 ► trieda 3
			$<$	$62 \cdot \epsilon_m (1 - \psi) \cdot \sqrt{(-\psi)} =$	$=$	277,18

Dolná pásnica

tlačená a ohýbaná časť prierezu (tlak-záporný moment)

$$\epsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/)} = 0,814$$

$\beta_f = c_f / t_f =$	$135/30 =$	4,484	ak $\beta_f <$	$9 \cdot \epsilon_m =$	$9 \cdot 0,81 =$	7,32
			$<$	$10 \cdot \epsilon_m =$	$10 \cdot 0,81 =$	8,14 ► trieda 1
			$<$	$14 \cdot \epsilon_m =$	$14 \cdot 0,81 =$	11,39

Prierez priečnej výstuhy pre posúdenie v mieste II **trieda 3****c) Vydúvanie plechu medzi výstuhami**

Podľa kapitoly 4 STN EN 1993-1-5

Pretože je plech medzi priečnikmi vystužený pozdĺžnymi výstuhami je plech z hľadiska vydúvania tuhší. Ekvivalentnú hrúbku plechu t_e získame "rozmazaním" tuhosti pozdĺžnych výstuh v priečnom smere.

$$\kappa_{\sigma} = \text{z STN EN 1993-1-5, tab.4.2} = 4,000$$

$$\bar{\lambda}_p = c_p / (t_e \cdot 28,4 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\kappa_{\sigma}}) =$$

$$0,3392 < 0,673 \quad \blacktriangleright$$

$$\rho = 1,00$$

\blacktriangleright plech nevýdúva

$$b_{c,eff} = a$$

d) Vplyv ochabnutia šmykom

miesto kladného momentu	pretože $b_0 > L_e/50$	ochabnutie šmykom sa nezanedbáva
-------------------------	------------------------	----------------------------------

MS únosnosti: $b_{eff} = \beta^{\kappa} \cdot b_{sl}$

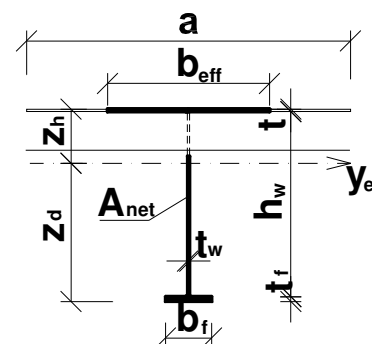
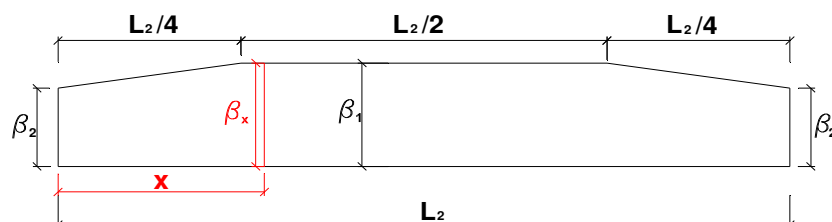
Ms použiteľnosti a únavy: $b_{eff} = \beta \cdot b_{sl}$

Účinná šírka plechu so zohľadnením ochabnutia šmykom

Overenie v mieste:	L_2 [mm]	L_e [mm]	b_0 [mm]	t [mm]	α_0	κ	β_1 β_2	β	β^{κ}	b_{eff} [mm]
kladného momentu	11500	8050	1050	12	1,00	0,1304	0,90181 -	0,9018	0,9866	2071,9 1893,8
$x=3,25m$	11500	8050	1050	12	1,00	0,1304	0,90181 0,55821	0,9018	0,9866	2071,9 1893,8

* - efektívna šírka v MS použiteľnosti a únavy

e) Prierezové charakteristiky účinného prierezu



Prierezové charakteristiky v MS únosnosti

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,eff}$ [mm ³]
kladného momentu	50368,6	-415,6	805,4	12277236769,7	29543304,9	15243035,8	10182894,9
							7113892,7

$S_{y,eff}$ - statický moment plochy efektívneho prierezu: * - pre horný krčný zvar, ** pre spodný krčný zvar

A_{net} - plocha efektívneho prierezu v mieste výrezu pre pozdĺžnu výstuhu $A_{net} = 46238,6 \text{ mm}^2$

Prierezové charakteristiky v MS použiteľnosti a únavy

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,eff}$ [mm ³]
kladného momentu	48231,5	-433,7	787,3	11902852398,9	27443987,0	15118849,4	9720039,5
							6950570,4

A_{net} - plocha efektívneho prierezu v mieste výrezu pre pozdĺžnu výstuhu $A_{net} = 44101,5 \text{ mm}^2$

Vplyv vzperu

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}; \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{93,9 \cdot \varepsilon} \cdot \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}; \quad \phi = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]; \quad \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

Vybočenie kolmo na:	L _{cr} [mm]	λ	λ̄	krivka	α	φ	χ
y-y	11500,0	23,997	0,290	b	0,34	0,557	0,968

Pozn.: V prípade namáhania priečnika **tlakovou silou** je potrebné uvažovať so **sučiniteľom vzperu χ**

4.7.1.5 Posúdenie priečnika v mieste II**a) Vnútorne sily**

Separáciu globálnych a lokálnych dynamických účinkov od dopravy uvažujeme na strane bezpečnosti, t.j. všetky vnútorné sily prenasobíme dynamickým súčiniteľom pre lokálne účinky. Hodnoty výsledných rozhodujúcich vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Priečna výstuha - vnútorná

Max. kladné momenty + osovú silu

10. priečna výstuha (cca 1/4Lt), v mieste II (pod koľ.č.2)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu		súčinitele				návrhové hodnoty		charakter. hodnoty	
		My	N		γ _F	φ _{blok.}	α	Myd	Nd	Myk	Nk
		[kNm]	[kN]	koef.	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
G	vl. tiaž košť. (generovaná)	43,90	56,78	1	1,35	-	-	59,27	76,65	43,90	56,78
	doplnok k tiaži (zábradlie)	0,10	-0,08	1	1,35	-	-	0,14	-0,11	0,10	-0,08
	tiaž izolácie	5,70	7,89	1,20	1,35	-	-	9,23	12,78	6,84	9,47
	tiaž štrkového lôžka	175,39	242,85	1,30	1,35	-	-	307,81	426,20	228,01	315,71
	tiaž železničný zvršok	13,56	18,40	1	1,35	-	-	18,31	24,84	13,56	18,40
	účinnok trakčných závesov	-0,03	-0,03	1	1,00	-	-	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
	účinnok nerovnomerného sadnutia opôr	0,00	0,00	1	1,00	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
	suma G_{sup} + G_{inf}	238,62	325,81					394,72	540,34	292,38	400,24
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	125,11	203,55	1	1,40	1,20	1,21	254,32	413,78	181,66	295,55
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	298,58	419,90	1	1,40	1,20	1,21	606,95	853,57	433,54	609,69
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	131,34	201,27	1	1,20	1,20	1,00	189,13	289,83	157,61	241,52
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	298,94	398,49	1	1,20	1,20	1,00	430,47	573,83	358,73	478,19
	rozjazdové sily - koľ.1 (+)(-)	0,76	0,83	1	1,40	-	1,21	1,29	1,41	0,92	1,00
	rozjazdové sily - koľ.2 (+)(-)	1,67	3,32	1	1,40	-	1,21	2,83	5,62	2,02	4,02
	brzdne sily - koľ.1 (+)(-)	0,80	0,71	1	1,40	-	1,21	1,36	1,20	0,97	0,86
	brzdne sily - koľ.2 (+)(-)	1,25	2,13	1	1,40	-	1,21	2,12	3,61	1,51	2,58
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	5,67	4,94	1	1,40	-	1,21	9,60	8,37	6,86	5,98
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (P)	6,25	3,53	1	1,40	-	1,21	10,59	5,98	7,56	4,27
	Q_{vmax} - max.zvislé (len priťažujúce účinky)	429,92	621,17					861,28	1267,35	615,20	905,25
	Q_{lmax} - max.pozdĺžne (len priťažujúce účinky)	2,47	4,03					4,18	6,83	2,99	4,88
	Q_{smax} - max.priečne (len priťažujúce účinky)	11,92	8,47					20,19	14,35	14,42	10,25
W	viator zľava na konštrukciu	11,03	16,36	1	1,50		-	16,55	24,54	11,03	16,36
	viator zprava na konštrukciu	13,75	12,96	1	1,50		-	20,63	19,44	13,75	12,96
	viator zľava na vlak	5,33	10,67	1	1,50		-	8,00	16,01	5,33	10,67
	suma W_{max} (len priťažujúce účinky)	16,36	27,03					24,54	40,55	16,36	27,03

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	M_{yE}	N_E		$M_{y,Ed}$	N_{Ed}	$M_{y,EK}$	N_{EK}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
C01: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	689,24	975,52		1288,68	1852,10	930,05	1335,77
C02: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	693,97	977,74		1296,69	1855,86	935,76	1338,45
C03: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S$	676,97	955,25		1270,28	1821,69	917,78	1315,49
C04: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S$	681,70	957,47		1278,28	1825,45	923,49	1318,18
C05: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + 0,5 Q_S$	675,74	953,23		1268,18	1818,28	916,28	1313,05
C06: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax}$	668,54	946,98		1256,00	1807,69	907,57	1305,49
C07: $G_{sup} + G_{inf} + W_{max}$	254,98	352,84		419,26	580,88	308,74	427,27
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	693,97	977,74		1296,69	1855,86	935,76	1338,45
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	693,97	977,74		1296,69	1855,86	935,76	1338,45

Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre max. My, N	$V_{z,Ed} = 545,34 \text{ kN}$
My, maximálny ohybový moment	$M_{y,Ed} = 1296,69 \text{ kN}$
Nx, osová sila	$N_{Ed} = 1855,86 \text{ kN}$

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = 545,34 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$A_{w,net} = 12376,0 \text{ mm}^2$$

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{f_{y,wd} \cdot A_{w,net} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355/1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\chi_w = 1,200 \quad (\text{podľa STN EN 1993-1-5, kap.5})$$

$$\eta_3 = \frac{545,34 \cdot \sqrt{3}}{1,2 \cdot 12376 \cdot 355} = 0,179$$

$$< 0,5 \quad \blacktriangleright$$

$$< 1,0 \quad \blacktriangleright$$

vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať!

vyhovuje

Overenie odolnosti od normálových napätí

posúdenie v mieste II (najnižšia výška priečnika - os koľaje)

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$M_{y,Ed} = 1296,69 \text{ kNm}$$

POZN.: Účinky momentu Mz možno zanedbať

$$N_{Ed} = 1855,86 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

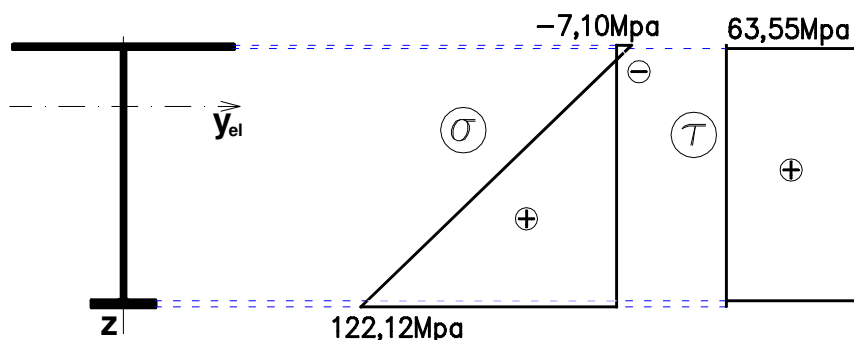
$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355/1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{1h} = \frac{1855,86}{50,369 \cdot 355} - \frac{1296,69}{29,543 \cdot 355} = 0,104$$

$$0,124 = -0,020 < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = \frac{1855,86}{50,369 \cdot 355} + \frac{1296,69}{15,243 \cdot 355} = 0,104$$

$$0,240 = 0,344 < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$



Overenie odolnosti rovinného namáhania steny**posúdenie v mieste II (najnižšia výška priečnika - os koľaje)**

Podmienka spoľahlivosti:

$$(\eta_{1,w})^2 + (\eta_{2,w})^2 - (\eta_{1,w}) \cdot (\eta_{2,w}) + 3 \cdot (\eta_{3,w})^2 \leq 1,0$$

Dolné vlákna:

$$(0,335) \cdot (0,335) + (0) \cdot (0) - (0,335) \cdot (0) + 3 \cdot (0,179) \cdot (0,179) < 1,0$$

Horné vlákna:

$$(-0,016) \cdot (-0,016) + (0) \cdot (0) - (-0,016) \cdot (0) + 3 \cdot (0,179) \cdot (0,179) < 1,0$$

$$\eta_{1,w,d} = 0,335$$

$$\eta_{1,w,h} = -0,016$$

$$\eta_{2,w} = 0,000$$

$$\eta_{3,w} = 0,179$$

$$0,208 < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$

$$0,096 < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$

Priečna výstuha pre posúdenie v mieste II **vyhovuje.****d) Posúdenie krčných zvarov****I - Spoj steny a plechu mostovky:**

Pripojenie steny priečnej výstuhy a plechu mostovky je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max}=16\text{mm}$, $a_{w\min}=4\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=6\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:

$$a_w = 6,00 \text{ mm}$$

medza pevnosti materiálu

$$f_u = 510,00 \text{ Mpa}$$

korelačný faktor pre kútové zvary:

$$\beta_w = 0,90$$

parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

statický moment plochy prierezu:

$$S_{y,\text{eff}} = 7,114\text{E}+06 \text{ mm}^3$$

moment zotrvačnosti prierezu:

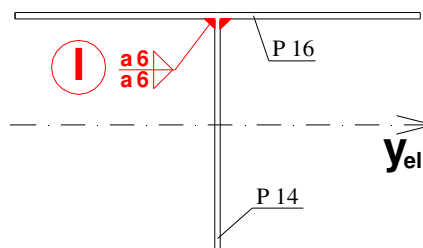
$$I_{y,\text{eff}} = 1,228\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

max.šmyková sila v posudzovanom mieste:

$$V_{z,\text{Ed}} = 545,34 \text{ kN}$$

kolmé normálové (šmykové) napätie:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 4,50 \text{ Mpa}$$

**Výpočet:**

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru :} \quad \tau_{\parallel} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_{y,\text{eff}}}{I_{y,\text{eff}} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{545,34 \cdot 7113,89}{12277,24 \cdot 2 \cdot 6} = 26,33 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

$$\text{A.)} \quad [\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[4,5^2 + 3 \cdot (4,5^2 + 26,33^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$46,49 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

$$\text{B.)} \quad \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$$

$$4,50 \leq 0,9 \cdot 510 / 1,25$$

$$4,50 < 367,2 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

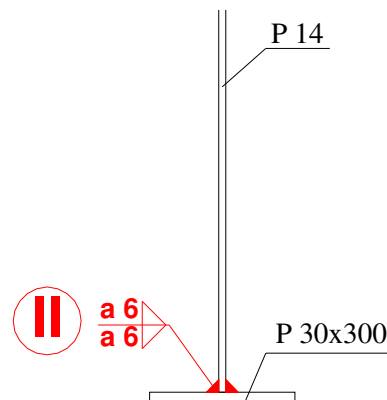
návrh zvaru vyhovuje**II - Spoj steny a dolnej pásnice:**

Pripojenie steny priečnej výstuhy a dolnej pásnice je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max}=30\text{mm}$, $a_{w\min}=6\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=6\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w =$	6,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u =$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w =$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2} =$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,eff} =$	7,114E+06 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,eff} =$	1,228E+10 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,Ed} =$	545,34 kN
	$\sigma_T = \tau_T =$	0,00 Mpa



Výpočet:

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_{y,eff}}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{545,34 \cdot 7113,89}{12277,24 \cdot 2 \cdot 6} = 26,33 \text{ Mpa}$$

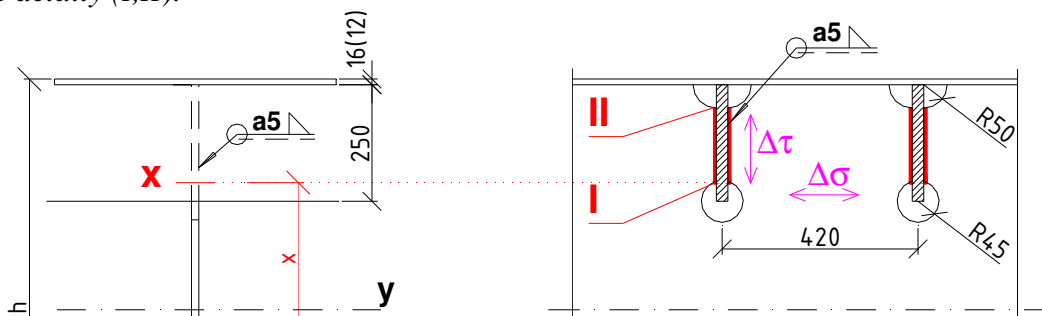
Posúdenie:

A.) $[\sigma_T^2 + 3 \cdot (\tau_T^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$
 $[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 26,33^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$
45,61 < 453,3 Mpa vyhovuje

e) Overenie únavovej odolnosti

Posúdenie únavovej odolnosti priečnika sa vykoná na základe maximálnych rozkmitov napätí $\Delta\sigma$ a $\Delta\tau$ od dopravy reprezentovanej modelom LM71 (bez súčiniteľov). Dynamické účinky sú zohľadnené zvlášť na strane bezpečnosti s lokálnym dynamickým súčiniteľom ($\phi_{2lok.}$). Dynamické súčinitele sú uvedené v kap. 4.4.2.4. Maximálne rozkmity normálových a šmykových napätí pre riešenie kategóriu detailu vrátane dynamických súčiniteľov sú uvedené v priložených tabuľkách.

Riešené detaily (I,II):



Detail I:

Styk steny priečnika a pozdĺžnej výstuhy v mieste výrezu dole – I kútový zvar (viď obr. vyššie)

/kategória detailu - 56, tab.8.9 STN EN 1993-1-9/

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste x=990mm od spodu nosníka							
horné vlákna	dolné vlákna	miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$	$\sigma_{d,Q,LM71}$	$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,N}$		$\sigma_{p,My}$	
max. 0,21	min. -1,15	min.	-0,05	-0,27		0,23	
min. -3,10	max. 47,48	max.	6,47	14,87		-8,40	
Rozkmit normálových napätí [Mpa]		$\Delta\sigma_p^{\phi^2} =$	23,76	$\Delta\sigma_{p,N}^{\phi^2}$	15,14	$\Delta\sigma_{p,My}^{\phi^2}$	8,63
Rozkmit šmykových napätí [Mpa]		$\Delta\tau_p^{\phi^2} =$	19,79	$\Delta\tau_{p,Vzmax}^{\phi^2}$	17,21	$\Delta\tau_{p,Vzmin}^{\phi^2}$	-2,58

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 23,76 \text{ Mpa}$$

Referenčný rozkmit šmykového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\tau_p^{\phi^2} = 19,79 \text{ Mpa}$$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$$\lambda_{1,\sigma} = 1,05 \quad L=4,20 \text{ m} + \text{štandardný vlak /EC Mix/}$$

$$\lambda_{1,\tau} = 1,05 \quad L=4,20 \text{ m} + \text{štandardný vlak /EC Mix /}$$

$$\lambda_2 = 1,04 \quad \text{objem dopravy } 30 \cdot 10^6 \text{ t / koľaj / ročne}$$

$$\lambda_3 = 1,00 \quad \text{životnosť mosta uvažujem 100 rokov}$$

$$\lambda_{1,\sigma} = 0,77 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste /vid' 1993-2, str.45/}$$

$$\lambda_{1,\tau} = 0,77 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste}$$

$$\text{Normálové: } \lambda_\sigma = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\sigma} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,77 = 0,841 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_\sigma = 0,84$$

$$\text{Šmykové: } \lambda_\tau = \lambda_{1,\tau} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\tau} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,77 = 0,841 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_\tau = 0,84$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\sigma = 23,76 \cdot 0,84$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 19,96 \text{ Mpa}$$

Ekvivalentný rozkmit šmykového napätia:

$$\Delta\tau_{E2} = \Delta\tau_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\tau = 19,79 \cdot 0,84$$

$$\Delta\tau_{E2} = 16,62 \text{ Mpa}$$

Ekvivalentný rozkmit zrovnávacieho napätia:

$$\Delta\sigma_{eq2} = 0,5 \cdot (\Delta\sigma_{E2} + \sqrt{(\Delta\sigma_{E2})^2 + 4 \cdot (\Delta\tau_{E2})^2}) = 0,5 \cdot (19,9 + \sqrt{(19,9)^2 + 4 \cdot (16,62)^2}) \Delta\sigma_{eq2} = 29,30 \text{ Mpa}$$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_c = 56,00 \text{ Mpa}$$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 29,30 \leq 56,00 / 1,15 \quad 29,30 \text{ Mpa} \leq 48,70 \text{ Mpa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Detail II:

Styk steny priečnika a pozdĺžnej výstuhy v mieste výrezu hore – II
kútový zvar (vid' obr. vyššie)

/kategória detailu - 56, tab.8.9 STN EN 1993-1-9/

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste x=1170mm od spodu nosníka							
horné vlákna		dolné vlákna		miesto posúdenia		napätie "N"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$		$\sigma_{d,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,N}$	
max.	0,21	min.	-1,15	max.	0,16	-0,27	
min.	-3,10	max.	47,48	min.	-0,99	14,87	
Rozkmit normalových napätí [Mpa]				$\Delta\sigma_p^{\phi^2} =$	31,42	$\Delta\sigma_{p,N}^{\phi^2}$	15,14
						$\Delta\sigma_{p,My}^{\phi^2}$	16,28
Rozkmit šmykových napätí [Mpa]				$\Delta\tau_p^{\phi^2} =$	19,79	$\Delta\tau_{p,Vzmax}^{\phi^2}$	17,21
						$\Delta\tau_{p,Vzmin}^{\phi^2}$	-2,58

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 31,42 \text{ Mpa}$$

Referenčný rozkmit šmykového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\tau_p^{\phi^2} = 19,79 \text{ Mpa}$$

$$\text{Normálové: } \lambda_\sigma = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\sigma} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,77 = 0,84 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_\sigma = 0,84$$

$$\text{Šmykové: } \lambda_\tau = \lambda_{1,\tau} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\tau} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,77 = 0,84 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_\tau = 0,84$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\sigma = 31,42 \cdot 0,84$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 26,39 \text{ Mpa}$$

Ekvivalentný rozkmit šmykového napätia:

$$\Delta\tau_{E2} = \Delta\tau_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\tau = 19,79 \cdot 0,84$$

$$\Delta\tau_{E2} = 16,62 \text{ Mpa}$$

Ekvivalentný rozkmit zrovnávacieho napätia:

$$\Delta\sigma_{eq2} = 0,5 \cdot (\Delta\sigma_{E2} + \sqrt{(\Delta\sigma_{E2})^2 + 4 \cdot \Delta\tau_{E2}^2}) = 0,5 \cdot (26,4 + \sqrt{(26,4)^2 + 4 \cdot 16,62^2}) \Delta\sigma_{eq2} = 34,41 \text{ Mpa}$$

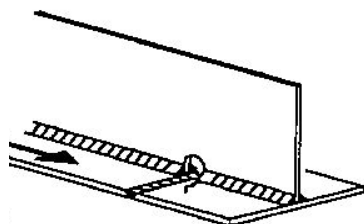
Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_c = 56,00 \text{ Mpa}$$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 34,41 \leq 56,00 / 1,15 \quad 34,41 \text{ Mpa} \leq 48,70 \text{ Mpa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Detail III:



Pozdĺžny kútový zvar pripajajúci stenu v mieste výrezu pre priečny tupý zvar dolnej pásnice

/kategória detailu - 71, tab.8.9 STN EN 1993-1-9/

výrez má výšku < 60mm

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste x=0mm od spodu nosníka									
horné vlákna		dolné vlákna		miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$		$\sigma_{d,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,N}$		$\sigma_{p,My}$	
max.	0,21	min.	-1,15	min.	-1,15	-0,27		-0,88	
min.	-3,10	max.	47,48	max.	47,48	14,87		32,62	
Rozkmit normalových napätí [Mpa]				$\Delta\sigma_p^{\phi^2} =$	48,64	$\Delta\sigma_{p,N}^{\phi^2}$	15,14	$\Delta\sigma_{p,My}^{\phi^2}$	33,50

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

Referenčný rozkmit normálového napätia(s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 48,64 \text{ Mpa}$$

Normálové: $\lambda_\sigma = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_{2,\sigma} \cdot \lambda_{3,\sigma} \cdot \lambda_{4,\sigma} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,77 = 0,84 < 1,4$

$$\lambda_\sigma = 0,84$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\sigma = 48,64 \cdot 0,84$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 40,86 \text{ Mpa}$$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_c = 71,00 \text{ Mpa}$$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 40,86 \leq 71,00 / 1,15 \quad 40,86 \text{ Mpa} \leq 61,74 \text{ Mpa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

4.7.1.6 Prierezové charakteristiky v mieste III

Uvažujeme prierez vo vzdialenosti cca 200mm od steny hlavného nosníka. Výška steny v tomto mieste je $h_w = 1970 \text{ mm}$ a pásnica nakoľko sa pripája k pásnici hlavného nosníka a rozširuje sa má v tomto mieste šírku $b_f = 425 \text{ mm}$.

a) Geometria prierezu

$$t_f = 30 \text{ mm}$$

$$b_f = 425 \text{ mm}$$

$$t_w = 14 \text{ mm}$$

$$h_w = 1970 \text{ mm}$$

$$a = 2100 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm} \quad (\text{reálna})$$

$$t = 12 \text{ mm} \quad (\text{pre posúdenie})$$

$$a_w = 6 \text{ mm} \quad (\text{výška zvaru})$$

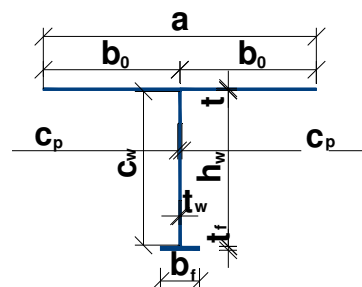
$$c_p = 2069 \text{ mm}$$

$$c_w = 1953 \text{ mm}$$

$$c_f = 197 \text{ mm}$$

$$h = 2016 \text{ mm} \quad (\text{reálna})$$

$$h = 2012 \text{ mm} \quad (\text{pre posúdenie})$$



$$z_{h,el.} = -722,2 \text{ mm}$$

$$z_{d,el.} = 1293,8 \text{ mm}$$

$$z_{h,pl.} = -256,4 \text{ mm}$$

$$z_{d,pl.} = 1759,6 \text{ mm}$$

$$A = 73930,0 \text{ mm}^2 \quad (\text{reálna})$$

$$A = 65530,0 \text{ mm}^2 \quad (\text{pre posúdenie})$$

$$I_y = 4,9054E+10 \text{ mm}^4$$

b) Zatriedenie prierezu

Stena t ahaná a ohýbaná časť prierezu (záporný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814 \quad z_w = a_w \cdot \sqrt{2} = 8 \text{ mm}$$

$$\alpha = z_{h,pl} / c_w = 256,4 / 1953 = 0,131$$

$$\psi = \frac{(z_{d,el} - t_f - z_w)}{(z_{h,el} + t + z_w)} = \frac{(1293,8 - 30 - 8)}{(-722,2 + 16 + 8)} = -1,80$$

$$\beta_w = c_w / t_w = 1953 / 14 = 139,50 \quad \text{ak } \beta_w > 72 \cdot \varepsilon_m = 72 \cdot 0,81 = 58,58$$

$$> 83 \cdot \varepsilon_m = 83 \cdot 0,81 = 67,53 \quad \text{trieda 3}$$

$$< 62 \cdot \varepsilon_m (1 - \psi) \cdot \sqrt{(-\psi)} = 189,42$$

Dolná pásnica t ahaná a ohýbaná časť prierezu (tlak-záporný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/)} = 0,814$$

$$\beta_f = c_f / t_f = 197 / 30 = 6,567 \quad \text{ak } \beta_f < 9 \cdot \varepsilon_m = 9 \cdot 0,81 = 7,32$$

$$< 10 \cdot \varepsilon_m = 10 \cdot 0,81 = 8,14 \quad \text{trieda 1}$$

$$< 14 \cdot \varepsilon_m = 14 \cdot 0,81 = 11,39$$

Prierez priečnej výstuhy pre posúdenie v mieste III **trieda 3**

c) Vplyv ochabnutia šmykom

miesto záporného momentu	pretože $b_0 > L_e/50$	ochabnutie šmykom sa nezanedbáva
--------------------------	------------------------	----------------------------------

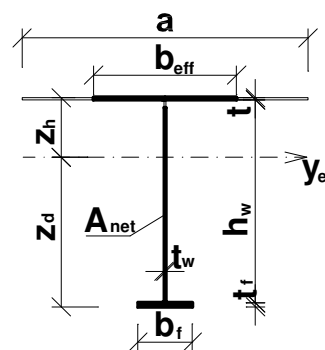
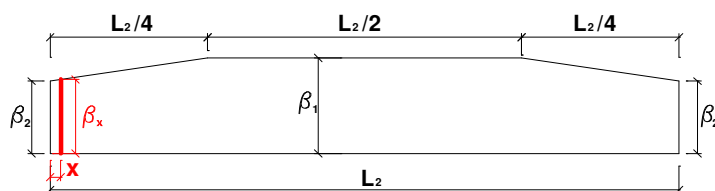
MS únosnosti: $b_{eff} = \beta^k \cdot b_{sl}$

MS používateľnosti a únavy: $b_{eff} = \beta \cdot b_{sl}$

Účinná šírka plechu so zohľadnením ochabnutia šmykom

Overenie v mieste:	L_2 [mm]	L_e [mm]	b_0 [mm]	t [mm]	α_0	κ	β_1 β_2	β	β^k	b_{eff} [mm]
záporného momentu	11500	8050	1050	12	1,00	0,1304	- 0,55821	0,5582	0,9268	1946,2 1172,2 *
$x=0,2m$	11500	8050	1050	12	1,00	0,1304	0,90181 0,55821	0,5821	0,9319	1956,9 1222,4 *

* - efektívna šírka v MS používateľnosti a únavy

d) Prierezové charakteristiky účinného prierezu**Prierezové charakteristiky v MS únosnosti**

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,eff}$ [mm ³]
záporného momentu	63812,8	-832,1	1179,9	42998062296,0	51672897,0	36442748,6	19399601,6 *
							14852217,2 **

$S_{y,eff}$ - statický moment plochy efektívneho prierezu: * - pre horný krčný zvar, ** pre spodný krčný zvar

A_{net} - plocha efektívneho prierezu v mieste výrezu pre pozdĺžnu výstuhu $A_{net} = 63112,8 \text{ mm}^2$

Prierezové charakteristiky v MS použiteľnosti a únavy

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,eff}$ [mm ³]
záporného momentu	54999,3	-964,5	1047,5	36019104333,4	37344711,8	34385893,9	14060584,8 *
							13164330,7 **

A_{net} - plocha efektívneho prierezu v mieste výrezu pre pozdĺžnu výstuhu $A_{net} = 54299,3 \text{ mm}^2$

4.7.1.7 Posúdenie priečnika v mieste III**a) Vnútorne sily**

Separáciu globálnych a lokálnych dynamických účinkov od dopravy uvažujeme na strane bezpečnosti, t.j. všetky vnútorné sily prenášobíme dynamickým súčiniteľom pre lokálne účinky. Hodnoty výsledných rozhodujúcich vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Priechová výstuha - vnútorná

Max. záporné momenty + osovú silu

10. priechová výstuha (cca 1/4Lt), v mieste III (prípoj k hlavnému nosníku pri koľ.č.2)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu		súčinitele				návrhové hodnoty		charakter. hodnoty	
		My	N		γ_F	$\phi_{\text{blok.}}$	α	Myd	Nd	Myk	Nk
		[kNm]	[kN]	koef.	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
G	vl. tiaž košť. (generovaná)	-13,51	4,01	1	1,35	-	-	-18,24	5,41	-13,51	4,01
	doplnok k tiaži (zábradlie)	-0,05	-0,07	1	1,35	-	-	-0,07	-0,09	-0,05	-0,07
	tiaž izolácie	-1,76	-0,43	1,20	1,35	-	-	-2,85	-0,70	-2,11	-0,52
	tiaž štrkového lôžka	-48,57	10,73	1,30	1,35	-	-	-85,24	18,83	-63,14	13,95
	tiaž železničný zvršok	-3,12	0,69	1	1,35	-	-	-4,21	0,93	-3,12	0,69
	účinok trakčných závesov	-0,05	0,07	1	1,35	-	-	-0,07	0,09	-0,05	0,07
	účinok nerovnomerného sadnutia opôr	-0,06	0,06	1	1,35	-	-	-0,08	0,08	-0,06	0,06
	suma G_{sup} + G_{inf}	-67,12	15,06					-110,76	24,56	-82,04	18,19
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	-25,24	5,95	1	1,40	1,20	1,21	-51,31	12,10	-36,65	8,64
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	-62,99	9,11	1	1,40	1,20	1,21	-128,05	18,52	-91,46	13,23
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	-28,56	7,43	1	1,20	1,20	1,00	-41,13	10,70	-34,27	8,92
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	-66,94	10,37	1	1,20	1,20	1,00	-96,39	14,93	-80,33	12,44
	rozjazdové sily - koľ.1 (+)(-)	-0,22	0,24	1	1,40	-	1,21	-0,37	0,41	-0,27	0,29
	rozjazdové sily - koľ.2 (+)(-)	-0,41	0,48	1	1,40	-	1,21	-0,69	0,81	-0,50	0,58
	brzdové sily - koľ.1 (+)(-)	-0,16	0,06	1	1,40	-	1,21	-0,27	0,10	-0,19	0,07
	brzdové sily - koľ.2 (+)(-)	-0,29	0,49	1	1,40	-	1,21	-0,49	0,83	-0,35	0,59
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	-1,17	1,21	1	1,40	-	1,21	-1,98	2,05	-1,42	1,46
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (P)	-2,71	1,36	1	1,40	-	1,21	-4,59	2,30	-3,28	1,65
	Q_{vmax} - max.zvislé (len priťažujúce účinky)	-92,18	16,32					-179,35	30,61	-128,11	21,87
	Q_{lmax} - max.pozdĺžne (len priťažujúce účinky)	-0,57	0,54					-0,97	0,91	-0,69	0,65
W	Q_{smax} - max.priečne (len priťažujúce účinky)	-3,88	2,57					-6,57	4,35	-4,69	3,11
	viator zľava na konštrukciu	-7,73	3,65	1	1,50		-	-11,60	5,48	-7,73	3,65
	viator zprava na konštrukciu	9,12	-11,72	0	0,00		-	0,00	0,00	0,00	0,00
	viator zľava na vlak	-2,35	0,22	1	1,50		-	-3,53	0,33	-2,35	0,22
	suma W_{max} (len priťažujúce účinky)	-10,08	3,87					-15,12	5,81	-10,08	3,87

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	My _E	N _E		My _{Ed}	N _{Ed}	My _{Ek}	N _{Ek}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
C01: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +Q _{la/lb} +0,5.Q _S + ψ_0 .W _{max} .	-169,37	36,11		-305,70	62,62	-220,75	45,17
C02: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} .+0,5.Q _{la/lb} +Q _S + ψ_0 .W _{max} .	-171,03	37,12		-308,51	64,34	-222,75	46,40
C03: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} .+Q _{la/lb} +0,5.Q _S	-161,81	33,21		-294,36	58,27	-213,19	42,27
C04: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +0,5.Q _{la/lb} +Q _S	-163,47	34,22		-297,17	59,99	-215,19	43,50
C05: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +0,5.Q _{la/lb} +0,5Q _S	-161,53	32,94		-293,88	57,81	-212,85	41,94
C06: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax}	-159,30	31,38		-290,11	55,17	-210,15	40,06
C07: G _{sup} +G _{inf} .W _{max} .	-77,20	18,93		-125,88	30,37	-92,12	22,06
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	-171,03	37,12		-308,51	64,34	-222,75	46,40
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	-170,97	37,06		-308,43	64,26	-222,69	46,34

Vz, prislúchajúca rozhodujúcej kombinácii pre min. My, N	Vz _{Ed} =	1053,3 kN
My, minimálny ohybový moment	My _{Ed} =	-308,51 kNm
Nx, osová sila	N _{Ed} =	64,34 kN
Mz, ohybový moment	Mz _{Ed} =	43,36 kNm

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = 1053,30 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$A_{w,net} = 26880,0 \text{ mm}^2$$

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,w,d}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{\chi_w \cdot A_{w,net} \cdot f_{y,d}} \leq 1,0$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\chi_w = 1,200 \quad (\text{podľa STN EN 1993-1-5, kap.5})$$

$$\eta_3 = \frac{1053,3 \cdot \sqrt{3}}{1,2 \cdot 26880 \cdot 355} = 0,159$$

$$< 0,5 \quad \blacktriangleright$$

$$< 1,0 \quad \blacktriangleright$$

vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať!

vyhovuje

Overenie odolnosti od normálových napätí

posúdenie v mieste III (prípoj k hlavnému nosníku)

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$M_{y,Ed} = -308,51 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 64,34 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 43,36 \text{ kNm}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{y,d}} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_{y,d}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{y,d}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,eff} \cdot f_{y,d}} \leq 1,0$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{1h} = \frac{64,34}{63,819 \cdot 355} - \frac{-308,51}{51,673 \cdot 355} - \frac{43,36}{7,856 \cdot 355} = 0,003 - (-0,017) + 0,016 = 0,036 < 1,0 \quad \blacktriangleright \text{vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = \frac{64,34}{63,819 \cdot 355} + \frac{-308,51}{36,443 \cdot 355} + \frac{43,36}{7,856 \cdot 355} = 0,003 + (-0,024) - 0,016 = -0,037 < 1,0 \quad \blacktriangleright \text{vyhovuje}$$

Overenie odolnosti rovinného namáhania steny

posúdenie v mieste III (prípoj k hlavnému nosníku)

Podmienka spoľahlivosti:

$$(\eta_{1,w})^2 + (\eta_{2,w})^2 - (\eta_{1,w}) \cdot (\eta_{2,w}) + 3 \cdot (\eta_{3,w})^2 \leq 1,0$$

$$\eta_{1,w,d} = -0,036$$

$$\eta_{1,w,h} = 0,036$$

$$\eta_{2,w} = 0,000$$

$$\eta_{3,w} = 0,159$$

Dolné vlákna:

$$(-0,036) \cdot (-0,036) + (0) \cdot (0) - (-0,036) \cdot (0) + 3 \cdot (0,159) \cdot (0,159) < 1,0$$

$$0,077 < 1,0 \quad \blacktriangleright \text{vyhovuje}$$

Horné vlákna:

$$(0,036) \cdot (0,036) + (0) \cdot (0) - (0,036) \cdot (0) + 3 \cdot (0,159) \cdot (0,159) < 1,0$$

$$0,077 < 1,0 \quad \blacktriangleright \text{vyhovuje}$$

Pričná výstuha pre posúdenie v mieste III **vyhovuje.****d) Posúdenie krčných zvarov**

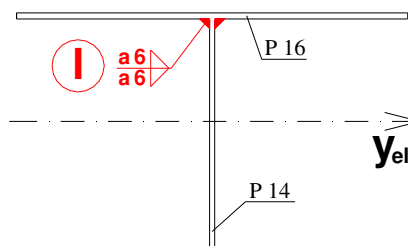
I - Spoj steny a plechu mostovky:

Pripojenie steny priečnej výstuhy a plechu mostovky je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{max}=16\text{mm}$, $a_{wmin}=4\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=6\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w =$	6,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u =$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w =$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2} =$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,eff} =$	1,940E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,eff} =$	4,300E+10 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,Ed} =$	1053,30 kN
kolmé normálové (šmykové) napätie:	$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} =$	4,50 Mpa

**Výpočet:**

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_{y,eff}}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{1053,3 \cdot 19399,6}{42998,06 \cdot 2 \cdot 6} = 39,60 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

A.) $[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$
 $[4,5^2 + 3 \cdot (4,5^2 + 39,6^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$
69,18 < 453,3 Mpa vyhovuje

B.) $\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
 $4,50 \leq 0,9 \cdot 510 / 1,25$
4,50 < 367,2 Mpa vyhovuje

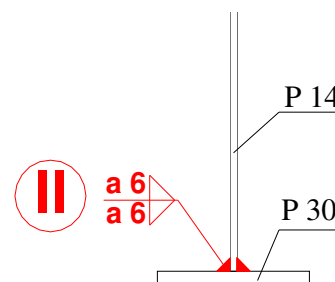
návrh zvaru vyhovuje**II - Spoj steny a dolnej pásnice:**

Pripojenie steny priečnej výstuhy a dolnej pásnice je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{max}=30\text{mm}$, $a_{wmin}=6\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=6\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w =$	6,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u =$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w =$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2} =$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,eff} =$	1,485E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,eff} =$	4,300E+10 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,Ed} =$	1053,30 kN
	$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} =$	0,00 Mpa

**Výpočet:**

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_{y,eff}}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{1053,3 \cdot 14852,22}{42998,06 \cdot 2 \cdot 6} = 30,32 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

A.) $[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$
 $[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 30,32^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$
52,51 < 453,3 Mpa vyhovuje

návrh zvaru vyhovuje

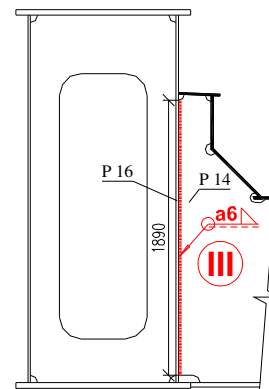
III - Spoj steny priečnika a hlavného nosníka

Pripojenie steny priečnej výstuhy a steny hlavného nosníka je riešene pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max}=16\text{mm}$, $a_{\min}=4\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=6\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	6,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
dĺžka zvaru:	$L_w=$	1890 mm
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	4,300E+10 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	1053,30 kN
kolmé normálové (šmykové) napätie:	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	12,43 Mpa

**Výpočet:**

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{\parallel} = \frac{V_{z,\text{Ed}}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = \frac{1053300}{2 \cdot 6 \cdot 1890} = \mathbf{46,44 \text{ Mpa}}$$

Posúdenie:

$$\text{A.) } [\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[12,43^2 + 3 \cdot (12,43^2 + 46,44^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$\mathbf{84,19 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}}$$

$$\text{B.) } \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$$

$$12,43 \leq 0,9 \cdot 510 / 1,25$$

$$\mathbf{12,43 < 367,2 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}}$$

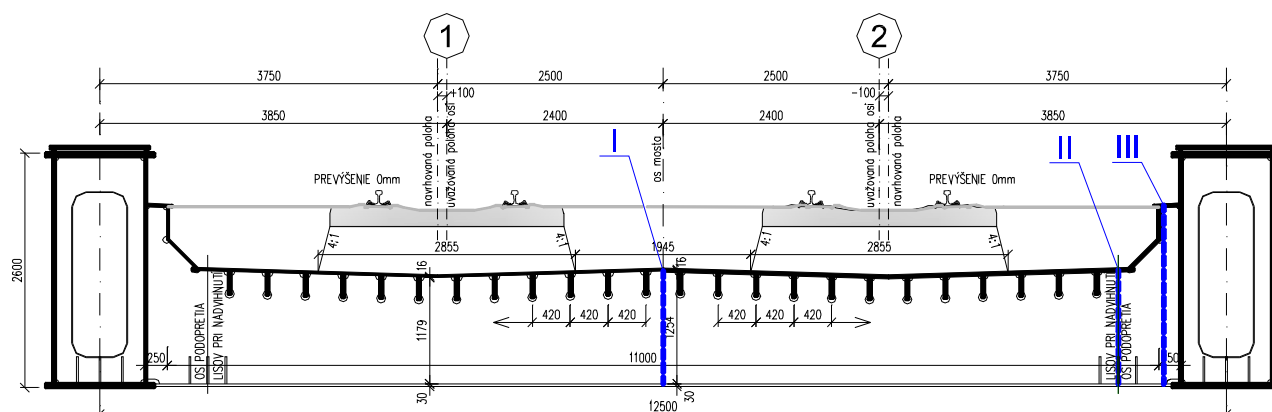
návrh zvaru vyhovuje

e) Overenie únavovej odolnosti

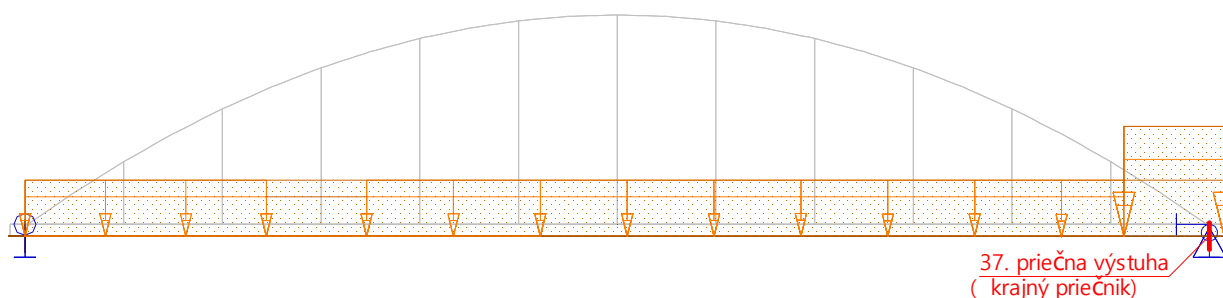
Posúdenie únavovej odolnosti priečnika v tomto mieste nieje potrebné nakoľko referenčné rozkmity napätia nedosahujú výrazných hodnôt a z pohľadu možných porúch prichádzajú do úvahy kútové zvary prípojov steny k hornému plechu a dolnej pásnici. Táto kategória detailu je posúdená v mieste I s vyšším referenčným rozkmitom, kde vyhovuje. Prípoj priečnika na hlavný nosník bude posúdený z hľadiska únavy pri posúdení hlavného nosníka.

4.7.2 Posúdenie pevnosti krajnej priečnej výstuhy

Pre podrobné posúdenie bola vybraná 37. priečna výstuha – t.j. krajný priečnik na žilinskej opore. Posúdenie je vykonané pre miesta I, II, III. podľa nasledujúceho obr.. Miesto II je overené ako miesto možného podloženia lisov pre zdvih mosta pri výmene ložísk.



Rozhodujúca je kombinácia stáleho a krátkodobého zaťaženia kde v rámci zaťaženia dopravou rozhodovala schéma zaťaženia LM71+LM71 v najnepriaznivejších polohách – poloha zaťaženia reprezentujúca lokomotívu, resp. vagóny je podľa nasledujúceho obr.. V priečnom smere sa uvažuje možná poloha koľaje s posunom +100mm pre koľaj č.1 do stredu a -100mm pre koľaj č.2 taktiež smerom do stredu mostu. Takéto rozloženie zaťaženia vyvolá najväčšie vnútorné sily.



4.7.2.1 Materiálové charakteristiky

	Oceľ	t [mm]	f_y [Mpa]	f_u [Mpa]
Plech mostovky	S355	16,0	355	510
Stena	S355	20,0	355	510
Dolná pásnica	S355	34,0	355	510

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

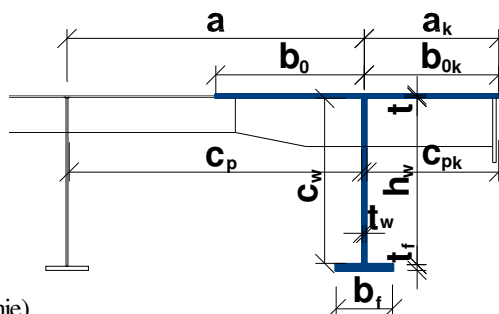
$$\gamma_{M1} = 1,00$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

4.7.2.2 Prierezové charakteristiky v mieste I

a) Geometria prierezu

$t_f =$	35 mm			
$b_f =$	350 mm			
$t_w =$	20 mm			
$h_w =$	1254 mm			
$a =$	2100 mm			
$a_k =$	950 mm			
$t =$	16 mm	(reálna)		
$t =$	12 mm	(pre posúdenie)		
$a_w =$	8 mm	(výška zvaru)	$z_{h,el} =$	-463,8 mm
$c_p =$	2057 mm		$z_{d,el} =$	841,2 mm
$c_{pk} =$	929 mm		$z_{h,pl} =$	-149,3 mm
$c_w =$	1231 mm		$z_{d,pl} =$	1155,8 mm
$c_f =$	154 mm		$A =$	69330,0 mm ² (reálna)
$h =$	1305 mm	(reálna)	$A =$	61330,0 mm ² (pre posúdenie)
$h =$	1301 mm	(pre posúdenie)	$I_y =$	1,9053E+10 mm ⁴



b) Zatriedenie prierezu

Plech medzi výstuhami

tlačená časť prierezu

Ekvivalentnú hrúbku plechu t_e získame "rozmazaním" tuhosti pozdĺžnych výstuh v priecnom smere.

$$\begin{aligned}
 t_e &= (12 \cdot I_{y,sl} / b_{sl})^{1/3} = 177,02 \text{ mm} & I_{y,sl} &= 1,9415E+08 \text{ mm}^4 \\
 \varepsilon_m &= \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814 & b_{sl} &= 420 \text{ mm} \\
 \beta_p &= c_p / t_e = 2057,4 / 177 = 11,622 & \text{ak } \beta_p &< 33 \cdot \varepsilon_m = 33 \cdot 0,81 = 26,85 \\
 & & &< 38 \cdot \varepsilon_m = 38 \cdot 0,81 = 30,92 \rightarrow \text{trieda 1} \\
 & & &< 42 \cdot \varepsilon_m = 42 \cdot 0,81 = 34,17
 \end{aligned}$$

Plech v konzolovej časti

$$\begin{aligned}
 \beta_{pk} &= c_{pk} / t_e = 928,7 / 177 = 5,246 & \text{ak } \beta_{pk} &< 9 \cdot \varepsilon_m = 9 \cdot 0,81 = 7,32 \\
 & & &< 10 \cdot \varepsilon_m = 10 \cdot 0,81 = 8,14 \rightarrow \text{trieda 1} \\
 & & &< 14 \cdot \varepsilon_m = 14 \cdot 0,81 = 11,39
 \end{aligned}$$

Stena

tlačená a ohýbaná časť prierezu

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_m &= \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814 & z_w &= a_w \cdot \sqrt{2} = 11 \text{ mm} \\
 \alpha &= z_{h,pl} / c_w = 149,3 / 1231 = 0,121 \\
 \psi &= \frac{(z_{d,el} - t_f - z_w)}{(z_{h,el} + t + z_w)} = \frac{(841,2 - 35 - 11)}{(-463,8 + 16 + 11)} = -1,82 \\
 \beta_w &= c_w / t_w = 1231 / 20 = 61,57 & \text{ak } \beta_w &> 33 \cdot \varepsilon_m = 33 \cdot 0,81 = 26,85 \\
 & & &> 38 \cdot \varepsilon_m = 38 \cdot 0,81 = 30,92 \rightarrow \text{trieda 3} \\
 & & &< 62 \cdot \varepsilon_m (1 - \psi) \cdot \sqrt{(-\psi)} = 192,05
 \end{aligned}$$

Dolná pásnica

tlačená a ohýbaná časť prierezu (tlak-záporný moment)

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_m &= \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814 \\
 \beta_f &= c_f / t_f = 154 / 35 = 4,391 & \text{ak } \beta_f &< 9 \cdot \varepsilon_m = 9 \cdot 0,81 = 7,32 \\
 & & &< 10 \cdot \varepsilon_m = 10 \cdot 0,81 = 8,14 \rightarrow \text{trieda 1} \\
 & & &< 14 \cdot \varepsilon_m = 14 \cdot 0,81 = 11,39
 \end{aligned}$$

Vplyv vzperu

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}; \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{93,9 \cdot \epsilon} \cdot \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}; \quad \phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]; \quad \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

Vybočenie kolmo na:	L _{cr} [mm]	λ	λ̄	krivka	α	φ	χ
z-z	11500,0	21,937	0,269	c	0,49	0,553	0,965

Pozn.: V prípade namáhania priečnika **tlakovou silou** je potrebné uvažovať so **súčiniteľom vzperu χ**

4.7.2.3 Posúdenie krajného priečnika v mieste I

Po vyhodnotení vnútorných síl je z hľadiska namáhania krajnej priečnej výstuhy pre posúdenie prierezu vybraná 37. priečna výstuha – t.j. nad žilinskou oporou.

a) Vnútrotné sily

Separáciu globálnych a lokálnych dynamických účinkov od dopravy uvažujeme na strane bezpečnosti, t.j. všetky vnútorné sily prenasobíme dynamickým súčiniteľom pre lokálne účinky.

Hodnoty výsledných rozhodujúcich vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Priečna výstuha - krajná

Max. kladné momenty + osovú silu

krajná priečna výstuha (žil.opora), v mieste I (stred priečnika)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu		súčinitele				návrhové hodnoty		charakter. hodnoty	
		M _y [kNm]	N [kN]	koef.	γ _F [-]	φ _{blok.} [-]	α [-]	M _{yd} [kNm]	N _d [kN]	M _{yk} [kNm]	N _k [kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	94,94	83,49	1	1,35	-	-	128,17	112,71	94,94	83,49
	doplnok k tiaži (zábradlie)	0,99	-0,53	1	1,35	-	-	1,34	-0,72	0,99	-0,53
	tiaž izolácie	8,00	9,67	1,20	1,35	-	-	12,96	15,67	9,60	11,60
	tiaž štrkového lôžka	243,45	299,12	1,30	1,35	-	-	427,25	524,96	316,49	388,86
	tiaž železničný zvršok	16,55	21,24	1	1,35	-	-	22,34	28,67	16,55	21,24
	účinnok trakčných závesov	0,05	-0,04	1	1,35	-	-	0,07	-0,05	0,05	-0,04
	účinnok nerovnomerného sadnutia opôr	0,00	0,07	1	1,00	-	-	0,00	0,07	0,00	0,07
	suma G_{sup} + G_{inf}	363,98	413,02					592,13	681,31	438,62	504,69
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	285,12	380,39	1	1,40	2,00	1,21	965,99	1288,76	689,99	920,54
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	270,56	364,96	1	1,40	2,00	1,21	916,66	1236,48	654,76	883,20
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	266,96	345,04	1	1,20	2,00	1,00	640,70	828,10	533,92	690,08
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	266,38	348,55	1	1,20	2,00	1,00	639,31	836,52	532,76	697,10
	rozjazdové sily - koľ.1 (+)(-)	8,44	9,37	1	1,40	-	1,21	14,30	15,87	10,21	11,34
	rozjazdové sily - koľ.2 (+)(-)	9,08	-8,70	1	1,40	-	1,21	15,38	-14,74	10,99	-10,53
	brzdové sily - koľ.1 (+)(-)	14,49	-13,05	1	1,40	-	1,21	24,55	-22,11	17,53	-15,79
	brzdové sily - koľ.2 (+)(-)	-13,87	11,87	0	0,00	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	27,95	19,57	1	1,40	-	1,21	47,35	33,15	33,82	23,68
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (P)	27,80	15,03	1	1,40	-	1,21	47,09	25,46	33,64	18,19
	Q_{vmax} - max.zvislé (len priťažujúce účinky)	555,68	745,35					1882,64	2525,25	1344,75	1803,75
	Q_{imax} - max.pozdĺžne (len priťažujúce účinky)	23,57	-21,75					39,93	-36,84	28,52	-26,32
	Q_{smax} - max.priečne (len priťažujúce účinky)	55,75	34,60					94,44	58,61	67,46	41,87
W	vieter zľava na konštrukciu	16,22	35,38	1	1,50		-	24,33	53,07	16,22	35,38
	vieter zprava na konštrukciu	17,75	3,54	1	1,50		-	26,63	5,31	17,75	3,54
	vieter zľava na vlak	8,79	28,63	1	1,50		-	13,19	42,95	8,79	28,63
	suma W_{max} (len priťažujúce účinky)	25,01	64,01					37,52	96,02	25,01	64,01

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	M_{yE}	N_E		$M_{y,Ed}$	N_{Ed}	$M_{y,Ek}$	N_{Ek}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
C01: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	989,86	1201,93		2590,06	3271,03	1864,37	2351,06
C02: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	1005,95	1230,10		2617,31	3318,75	1883,84	2385,15
C03: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S$	971,11	1153,92		2561,92	3199,01	1845,61	2303,05
C04: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S$	987,20	1182,10		2589,18	3246,74	1865,08	2337,14
C05: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + 0,5 Q_S$	959,32	1164,80		2541,96	3217,44	1831,35	2316,21
C06: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax}$	919,66	1158,37		2474,77	3206,55	1783,36	2308,44
C07: $G_{sup} + G_{inf} + W_{max}$	388,99	477,03		629,65	777,32	463,63	568,70
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	1005,95	1230,10		2617,31	3318,75	1883,84	2385,15
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	1005,95	1230,03		2617,31	3318,68	1883,84	2385,08

Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre max. My, N	Vz,Ed= 320,95 kN
My, maximálny ohybový moment	My,Ed= 2617,31 kNm
Nx, osová sila	N,Ed= 3318,75 kN

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = 320,95 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$A_{w,net} = 17180,0 \text{ mm}^2$$

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{\chi_w \cdot A_{w,net} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\chi_w = 1,200$$

(podľa STN EN 1993-1-5, kap.5)

$$\eta_3 = \frac{320,95 \cdot \sqrt{3}}{1,2 \cdot 17180,355} = 0,076$$

$$< 0,5 \blacktriangleright$$

$$< 1,0 \blacktriangleright$$

vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať!

vyhovuje

Overenie odolnosti od normálových napätí

posúdenie v mieste I (stred krajného priečnika)

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$M_{y,Ed} = 2617,31 \text{ kNm}$$

POZN.: Účinky momentu Mz možno zanedbať

$$N_{Ed} = 3318,75 \text{ kN}$$

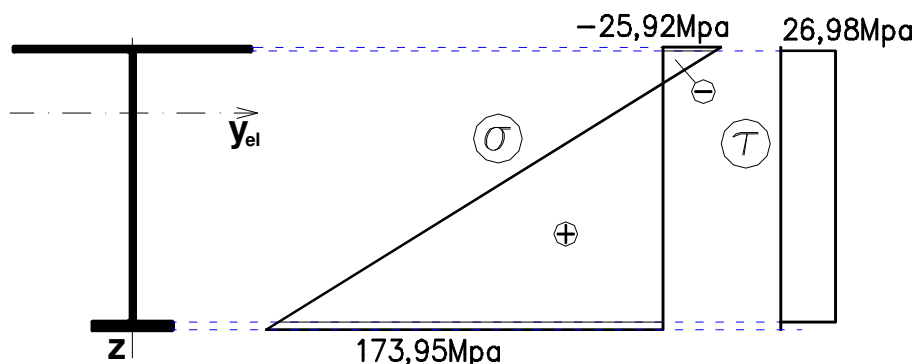
Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{y,d}} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_{y,d}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{y,d}} \leq 1,0$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{1h} = \frac{3318,75}{61,047 \cdot 355} - \frac{2617,31}{32,637 \cdot 355} = 0,153 - 0,226 = -0,073 < 1,0 \blacktriangleright \text{ vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = \frac{3318,75}{61,047 \cdot 355} + \frac{2617,31}{21,898 \cdot 355} = 0,153 + 0,337 = 0,490 < 1,0 \blacktriangleright \text{ vyhovuje}$$



Overenie odolnosti rovinného namáhania steny**posúdenie v mieste I (stred krajného priečnika)**

Podmienka spoľahlivosti:

$$(\eta_{1,w})^2 + (\eta_{2,w})^2 - (\eta_{1,w}) \cdot (\eta_{2,w}) + 3 \cdot (\eta_{3,w})^2 \leq 1,0$$

Dolné vlákna:

$$(0,475) \cdot (0,475) + (0) \cdot (0) - (0,475) \cdot (0) + 3 \cdot (0,052) \cdot (0,052) < 1,0$$

Horné vlákna:

$$(-0,068) \cdot (-0,068) + (0) \cdot (0) - (-0,068) \cdot (0) + 3 \cdot (0,052) \cdot (0,052) < 1,0$$

$$\eta_{1,w,d} = 0,475$$

$$\eta_{1,w,h} = -0,068$$

$$\eta_{2,w} = 0,000$$

$$\eta_{3,w} = 0,052$$

$$0,234 < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$

$$0,013 < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$

Krajná priečna výstuha pre posúdenie v mieste I - **max.(+)My**..... **vyhovuje.****d) Posúdenie krčných zvarov***I - Spoj steny a plechu mostovky:*

Pripojenie steny krajnej priečnej výstuhy a plechu mostovky je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max.}=20\text{mm}$, $a_{w\min}=5\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=8\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:

$$a_w = 8,00 \text{ mm}$$

medza pevnosti materiálu

$$f_u = 510,00 \text{ Mpa}$$

korelačný faktor pre kútové zvary:

$$\beta_w = 0,90$$

parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

statický moment plochy prierezu:

$$S_{y,\text{eff}} = 1,225\text{E}+07 \text{ mm}^3$$

moment zotrvačnosti prierezu:

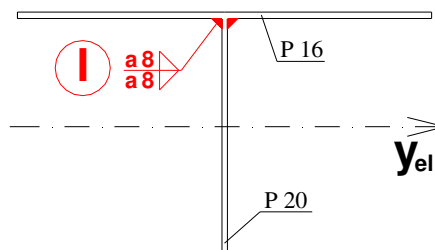
$$I_{y,\text{eff}} = 1,705\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

max.šmyková sila v posudzovanom mieste:

$$V_{z,\text{Ed}} = 320,95 \text{ kN}$$

kolmé normálové (šmykové) napätie:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 4,50 \text{ Mpa}$$

**Výpočet:**

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru :} \quad \tau_{II} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_{y,\text{eff}}}{I_{y,\text{eff}} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{320,95 \cdot 12247,59}{17049,75 \cdot 2 \cdot 8} = 14,41 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

$$\text{A.)} \quad [\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[4,5^2 + 3 \cdot (4,5^2 + 14,41^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$26,53 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

B.)

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$$

$$4,50 \leq 0,9 \cdot 510 / 1,25$$

$$4,50 < 367,2 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

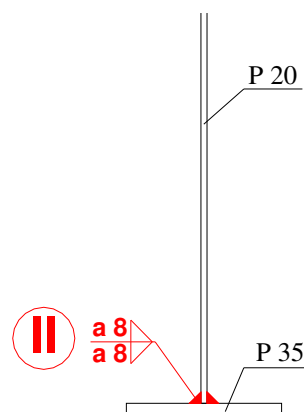
návrh zvaru vyhovuje*II - Spoj steny a dolnej pásnice:*

Pripojenie steny priečnej výstuhy a dolnej pásnice je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max.}=35\text{mm}$, $a_{w\min}=6\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=8\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w =$	8,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u =$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w =$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2} =$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,eff} =$	9,323E+06 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,eff} =$	1,705E+10 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,Ed} =$	320,95 kN
	$\sigma_T = \tau_T =$	0,00 Mpa

**Výpočet:**

šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru :

$$\tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_{y,eff}}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{320,95 \cdot 9323,4}{17049,75 \cdot 2 \cdot 8} = 10,97 \text{ Mpa}$$

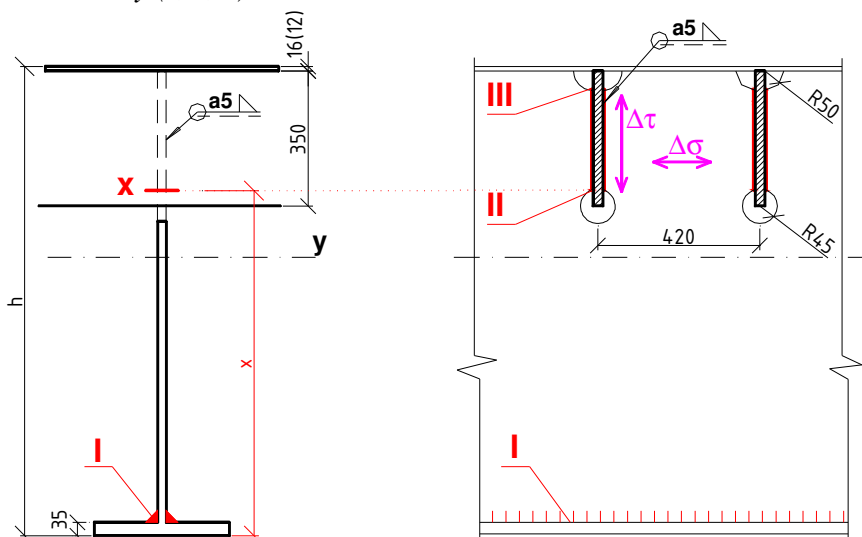
Posúdenie:

A.) $[\sigma_T^2 + 3 \cdot (\tau_T^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$
 $[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 10,97^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$
19,00 < 453,3 Mpa vyhovuje

B.) $\sigma_T \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
 $0,00 \leq 0,9 \cdot 510 / 1,25$
0,00 < 367,2 Mpa vyhovuje

návrh zvaru vyhovuje**e) Overenie únavovej odolnosti**

Posúdenie únavovej odolnosti krajného priečnika sa vykoná na základe maximálnych rozkmitov napätí $\Delta\sigma$ a $\Delta\tau$ od dopravy reprezentovanej modelom LM71 (bez súčiniteľov). Dynamické účinky sú zohľadnené zvlášť na strane bezpečnosti s lokálnym dynamickým súčiniteľom ($\phi_{2lok.}$). Dynamické súčinitele sú uvedené v kap. 4.4.2.4. Maximálne rozkmity normálových a šmykových napätí pre riešenie kategóriu detailu vrátane dynamickým súčiniteľov sú uvedené v priložených tabuľkách.

Riešené detaily (I,II,III):

Detail I:

**Styk steny a dolnej pásnice krajnej priečnej výstuhy – I
Kútový zvar**

/kategória detailu - 112, tab.8.2 STN EN 1993-1-9/

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste x=35mm od spodu nosníka									
horné vlákna		dolné vlákna		miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$		$\sigma_{d,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,N}$		$\sigma_{p,My}$	
max.	0,79	min.	-4,03	min.	-3,90	-1,21		-2,69	
min.	-11,21	max.	68,07	max.	65,93	21,63		44,31	
Rozkmit normalových napätí [Mpa]				$\Delta\sigma_p^{\phi^2} =$	69,84	$\Delta\sigma_{p,N}^{\phi^2}$	22,84	$\Delta\sigma_{p,My}^{\phi^2}$	47,00

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$\gamma_{Ff} = 1,00$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$\gamma_{Mf} = 1,15$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 69,84\text{Mpa}$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$\lambda_{1,\sigma} = 1,05 \quad L=4,20\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix / - Lokálne účinky}$

$\lambda_2 = 1,04 \quad \text{objem dopravy } 30.10^6 \text{ t / koľaj / ročne}$

$\lambda_3 = 1,00 \quad \text{životnosť mosta uvažujem 100 rokov}$

$\lambda_{4,\sigma} = 0,71 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste - Lokálne účinky}$

Normálové: $\lambda_{\sigma} = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\sigma} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,00 \cdot 0,71 = 0,775 < 1,4$

$\lambda_{\sigma} = 0,78$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_{\sigma} = 69,84 \cdot 0,78$

$\Delta\sigma_{E2} = 54,48\text{Mpa}$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$\Delta\sigma_c = 112,00\text{Mpa}$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 54,48 \leq 112,0 / 1,15 \quad 54,48\text{Mpa} \leq 97,39\text{Mpa} \quad \dots \text{vyhovuje}$

Detail II:

**Styk steny krajného priečnika a pozdĺžnej výstuhy v mieste výrezu
dole – II, kútový zvar (viď obr. vyššie)**

/kategória detailu - 56, tab.8.9 STN EN 1993-1-9/

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste x=975mm od spodu nosníka									
horné vlákna		dolné vlákna		miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$		$\sigma_{d,Q,LM71}$		$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,N}$		$\sigma_{p,My}$	
max.	0,79	min.	-4,03	min.	-0,42	-1,21		0,79	
min.	-11,21	max.	68,07	max.	8,65	21,63		-12,97	
Rozkmit normalových napätí [Mpa]				$\Delta\sigma_p^{\phi^2} =$	36,60	$\Delta\sigma_{p,N}^{\phi^2}$	22,84	$\Delta\sigma_{p,My}^{\phi^2}$	13,76
Rozkmit šmykových napätí [Mpa]				$\Delta\tau_p^{\phi^2} =$	18,03	$\Delta\tau_{p,Vzmax}^{\phi^2}$	9,21	$\Delta\tau_{p,Vzmin}^{\phi^2}$	-8,82

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$\gamma_{Ff} = 1,00$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$\gamma_{Mf} = 1,15$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 36,60\text{Mpa}$

Referenčný rozkmit šmykového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$\Delta\tau_p^{\phi^2} = 18,03\text{Mpa}$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$\lambda_{1,\sigma} = 1,05 \quad L=4,20\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix /}$

$\lambda_{1,\tau} = 1,05 \quad L=4,20\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix /}$

$\lambda_2 = 1,04 \quad \text{objem dopravy } 30.10^6 \text{ t / koľaj / ročne}$

$\lambda_3 = 1,00$ životnosť mosta uvažujem 100 rokov

$\lambda_{1,\sigma} = 0,71$ závislosť stret. sa vlakov na moste /vid' 1993-2, str.45/

$\lambda_{1,\tau} = 0,71$ závislosť stret. sa vlakov na moste

Normálové: $\lambda_\sigma = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\sigma} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,71 = 0,775 < 1,4$

► $\lambda_\sigma = 0,78$

Šmykové: $\lambda_\tau = \lambda_{1,\tau} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\tau} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,71 = 0,775 < 1,4$

► $\lambda_\tau = 0,78$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\sigma = 36,60 \cdot 0,78$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 28,55 \text{ Mpa}$$

Ekvivalentný rozkmit šmykového napätia:

$$\Delta\tau_{E2} = \Delta\tau_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\tau = 18,03 \cdot 0,78$$

$$\Delta\tau_{E2} = 14,06 \text{ Mpa}$$

Ekvivalentný rozkmit zrovnávacieho napätia:

$$\Delta\sigma_{eq2} = 0,5 \cdot (\Delta\sigma_{E2} + \sqrt{(\Delta\sigma_{E2})^2 + 4 \cdot (\Delta\tau_{E2})^2}) = 0,5 \cdot (28,6 + \sqrt{(28,6)^2 + 4 \cdot (14,1)^2}) \Delta\sigma_{eq2} = 34,38 \text{ Mpa}$$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_c = 56,00 \text{ Mpa}$$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 34,38 \leq 56,00 / 1,15 \quad 34,38 \text{ Mpa} \leq 48,70 \text{ Mpa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Detail III:

Styk steny krajného priečnika a pozdĺžnej výstuhy v mieste výrezu hore – III, kútový zvar (vid' obr. vyššie)

/kategória detailu - 56, tab.8.9 STN EN 1993-1-9/

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste x=1250mm od spodu nosníka							
horné vlákna	dolné vlákna	miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$	$\sigma_{d,Q,LM71}$	$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,N}$		$\sigma_{p,My}$	
max. 0,79	min. -4,03	max.	0,60	-1,21		1,81	
min. -11,21	max. 68,07	min.	-8,10	21,63		-29,73	
Rozkmit normalových napätí [Mpa]		$\Delta\sigma_p^{\phi^2} =$	54,37	$\Delta\sigma_{p,N}^{\phi^2}$	22,84	$\Delta\sigma_{p,My}^{\phi^2}$	31,54
Rozkmit šmykových napätí [Mpa]		$\Delta\tau_p^{\phi^2} =$	18,03	$\Delta\tau_{p,Vzmax}^{\phi^2}$	9,21	$\Delta\tau_{p,Vzmin}^{\phi^2}$	-8,82

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

Referenčný rozkmit normálového napätia(s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 54,37 \text{ Mpa}$$

Referenčný rozkmit šmykového napätia(s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\tau_p^{\phi^2} = 18,03 \text{ Mpa}$$

Normálové: $\lambda_\sigma = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\sigma} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,71 = 0,775 < 1,4$

► $\lambda_\sigma = 0,78$

Šmykové: $\lambda_\tau = \lambda_{1,\tau} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\tau} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,0 \cdot 0,71 = 0,775 < 1,4$

► $\lambda_\tau = 0,78$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\sigma = 54,37 \cdot 0,78$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 42,41 \text{ Mpa}$$

Ekvivalentný rozkmit šmykového napätia:

$$\Delta\tau_{E2} = \Delta\tau_p^{\phi^2} \cdot \lambda_\tau = 18,03 \cdot 0,78$$

$$\Delta\tau_{E2} = 14,06 \text{ Mpa}$$

Ekvivalentný rozkmit zrovnávacieho napätia:

$$\Delta\sigma_{eq2} = 0,5 \cdot (\Delta\sigma_{E2} + \sqrt{(\Delta\sigma_{E2})^2 + 4 \cdot (\Delta\tau_{E2})^2}) = 0,5 \cdot (42,4 + \sqrt{(42,4)^2 + 4 \cdot (14,1)^2}) \Delta\sigma_{eq2} = 46,66 \text{ Mpa}$$

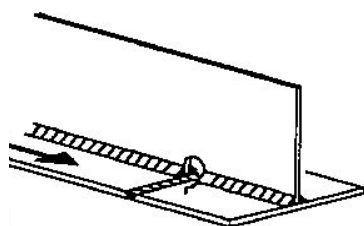
Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_c = 56,00 \text{ Mpa}$$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 46,66 \leq 56,00 / 1,15 \quad 46,66 \text{ Mpa} \leq 48,70 \text{ Mpa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Detail IV- miesto montážneho styku:



Pozdĺžny kútový zvar pripajajúci stenu v mieste výrezu pre priečny tupý zvar dolnej pásnice

/kategória detailu - 71, tab.8.9 STN EN 1993-1-9/

výrez má výšku < 60mm

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste x=0mm od spodu nosníka							
horné vlákna	dolné vlákna	miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"	
$\sigma_{h,Q,LM71}$	$\sigma_{d,Q,LM71}$	$\sigma_{p,Q,LM71}$		$\sigma_{p,N}$		$\sigma_{p,My}$	
max. 1,03	min. -4,26	min.	-4,26	-1,30		-2,96	
min. -15,06	max. 71,94	max.	71,94	23,24		48,70	
Rozkmit normalových napätí [Mpa]		$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 76,20$		$\Delta\sigma_{p,N}^{\phi^2}$	24,54	$\Delta\sigma_{p,My}^{\phi^2}$	51,66

Pozn: Uvedené rozkmity napätí sú pre miesto I, v mieste montážneho styku sú rozkmity nižšie.

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$$\gamma_{Ff} = 1,00$$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$$\gamma_{Mf} = 1,15$$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 76,20 \text{ Mpa}$$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$$\lambda_{1,\sigma} = 1,05 \quad L=4,20\text{m} + \text{štandardný vlak /EC Mix / - Lokálne účinky}$$

$$\lambda_2 = 1,04 \quad \text{objem dopravy } 30 \cdot 10^6 \text{ t / koľaj / ročne}$$

$$\lambda_3 = 1,00 \quad \text{životnosť mosta uvažujem 100 rokov}$$

$$\lambda_{4,\sigma} = 0,71 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste - Lokálne účinky}$$

$$\text{Normálové: } \lambda_{\sigma} = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\sigma} = 1,05 \cdot 1,04 \cdot 1,00 \cdot 0,71 = 0,775 < 1,4$$

$$\blacktriangleright \lambda_{\sigma} = 0,78$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_{\sigma} = 76,20 \cdot 0,78$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 59,44 \text{ Mpa}$$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$$\Delta\sigma_c = 71,00 \text{ Mpa}$$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 59,44 \leq 71,0 / 1,15 \quad 59,44 \text{ Mpa} \leq 61,74 \text{ Mpa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

4.7.2.4 Posúdenie krajného priečnika v mieste I – posúdenie pri výmene ložísk

Aj keď sú navrhované ložiská (hrncové – RW), kde výrobca garantuje ich životnosť rovnajúcu sa životnosti mosta je pri návrhu uvažované s ich možnou výmenou. Predpokladá sa nadvihnutie konštrukcie mosta pomocou 4 lisov, ktoré sa umiestnia pod oba krajné priečniky do vzdialenosti 1,2m od osi hlavných nosníkov vo vzájomnej vzdialenosti 10,1m. Výmena môže byť realizovaná len za predpokladu vylúčenia dopravy na moste na čas výmeny ložísk – nakoľko sa trať v mieste mosta zdvihne o požadovanú medzeru potrebnú na výmenu ložísk. Pri tejto operácii je však potrebné vypracovať samostatný projekt a postup výmeny všetkých ložísk naraz (kvôli úplnej výluke trate – dvojkoľajný most).

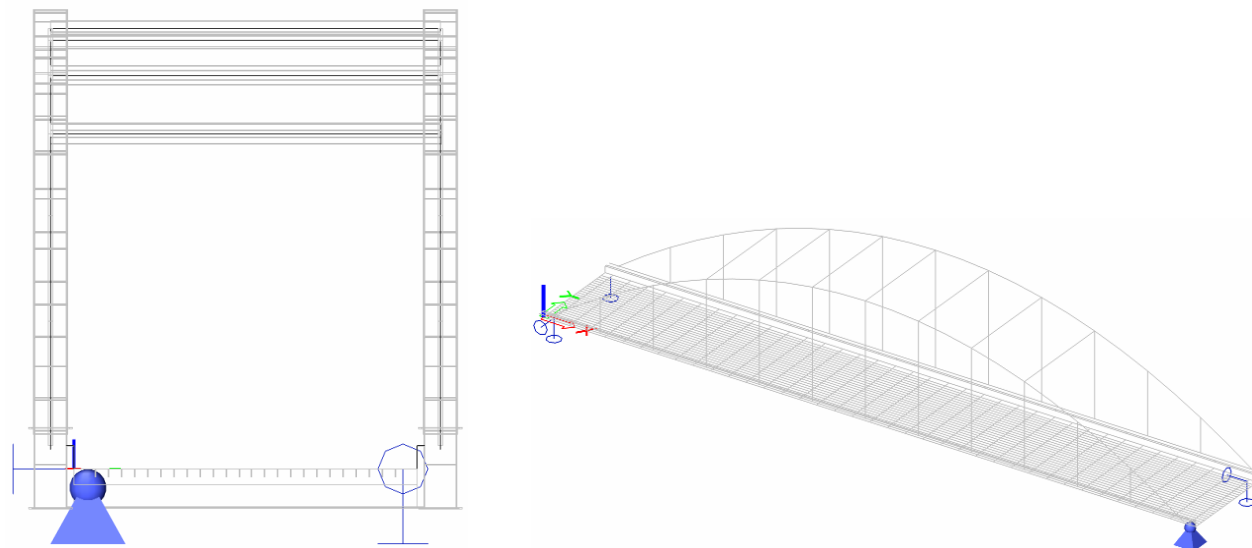
Uvažuje sa teda z nadvihnutím celého mosta aj zo zvrškom a zariadením a teda sa neuvažuje zo zaťažením dopravou. Tiež je potrebné zabezpečiť počas zdvihu zamedzeniu možnému priečnemu a pozdĺžnemu pohybu mosta (zarážky...). Pri nesplnení týchto okrajových podmienok je potrebné pri výmene ložísk opätovne posúdiť nadpodperový priečnik v samostatnom projekte.

Pri výpočte a posúdení krajného priečnika pri nadvihnutí mosta vychádzame z priestorového modelu mosta upraveného, tak že sa podoprie v miestach určených pre zdvíhacie lisy.

Tieto miesta sú situované v osi oboch krajných priečnikov vo vzdialenosti 1,2m od osi hlavných nosníkov. Konštrukcia je zaťažená stálym zaťažením podľa 4.4.1 a zaťažená vetrom podľa 4.4.3.

a) Priestorový výpočtový model a vnútorné sily

Pre výpočet bol vytvorený priestorový výpočtový model upravením pôvodného modelu s podoprením v miestach pre lisy.



Z tohto modelu boli získané vnútorné sily potrebné na posúdenie krajného priečnika (žilinská opora) v strede krajnej priečnej výstuhy. Vnútorné sily sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke.

Priečna výstuha - krajná

Max. návrhové sily - pri zdvíhu lismi

krajná priečna výstuha (žil.opora), v mieste I (stred rozpätia krajného priečnika)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu			súčinitele		návrhové hodnoty			charakter. hodnoty		
		My	Vz	N		γ _F	Myd	Vzd	Nd	Myk	Vzk	Nk
		[kNm]	[kN]	[kN]	koef.	[-]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	-204,85	0,00	-446,02	1	1,35	-276,55	0,00	-602,13	-204,85	0,00	-446,02
	doplnok k tiaži (zábradlie)	-4,88	0,00	-10,91	1	1,35	-6,59	0,00	-14,73	-4,88	0,00	-10,91
	tiaž izolácie	-8,52	0,00	-19,52	1,20	1,35	-13,80	0,00	-31,62	-10,22	0,00	-23,42
	tiaž štrkového lôžka	-204,09	-0,03	-491,38	1,30	1,35	-358,18	-0,05	-862,37	-265,32	-0,04	-638,79
	tiaž železničný zvršok	-11,63	0,39	-28,60	1	1,35	-15,70	0,53	-38,61	-11,63	0,39	-28,60
	účinnok trakčných závesov	-0,56	0,00	-1,05	1	1,35	-0,76	0,00	-1,42	-0,56	0,00	-1,05
	suma G_{sup} + G_{inf}	-434,53	0,36	-997,48			-671,57	0,47	-1550,88	-497,46	0,35	-1148,80
W	viator zľava na konštrukciu	12,97	12,19	-57,49	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	viator zprava na konštrukciu	-34,64	-12,19	-1,85	1	1,50	-51,96	-18,29	-2,78	-34,64	-12,19	-1,85
	suma W_{max} (len priťažujúce účinky)	-34,64	-12,19	-1,85			-51,96	-18,29	-2,78	-34,64	-12,19	-1,85

kombinácia: G _{sup} +G _{inf} +W _{max} .	My _E	Vz _E	N _E		My _{Ed}	Vz _{Ed}	N _{Ed}	My _{Ek}	Vz _{Ek}	N _{Ek}
	[kNm]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
	-469,17	-11,83	-999,33		-723,53	-17,81	-1553,65	-532,10	-11,84	-1150,65

Návrhová šmyková sila	Vz _{Ed} =	-17,81 kN
Návrhový ohybový moment	My _{Ed} =	-723,53 kNm
Návrhová osová sila	N _{Ed} =	-1553,65 kN

b) Zatriedenie prierezu

Stena tlačaná a ohýbaná časť prierezu (záporný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814 \quad z_w = a_w \cdot \sqrt{2} = 11 \text{ mm}$$

$$\alpha = z_{d,pl} / c_w = 1155,8 / 1231 = 0,939$$

$$\psi = \frac{(z_{h,el} + t + z_w)}{(z_{d,el} - t_f - z_w)} = \frac{-463,8 + 16 + 11}{(841,2 - 35 - 11)} = -0,55$$

$$\beta_w = c_w / t_w = 1231 / 20 = \mathbf{61,57} \quad \text{ak } \beta_w > 396 \cdot \varepsilon_m / (13 \cdot \alpha - 1) = \mathbf{28,76}$$

$$> 456 \cdot \varepsilon_m / (13 \cdot \alpha - 1) = \mathbf{33,12} \quad \blacktriangleright \text{ trieda 3}$$

$$< 42 \cdot \varepsilon_m / (0,67 + 0,33 \cdot \psi) = \mathbf{69,91}$$

Dolná pásnica tlačaná a ohýbaná časť prierezu (tlak-záporný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/)} = 0,814$$

$$\beta_f = c_f / t_f = 154 / 35 = \mathbf{4,391} \quad \text{ak } \beta_f < 9 \cdot \varepsilon_m = 9 \cdot 0,81 = \mathbf{7,32}$$

$$< 10 \cdot \varepsilon_m = 10 \cdot 0,81 = \mathbf{8,14} \quad \blacktriangleright \text{ trieda 1}$$

$$< 14 \cdot \varepsilon_m = 14 \cdot 0,81 = \mathbf{11,39}$$

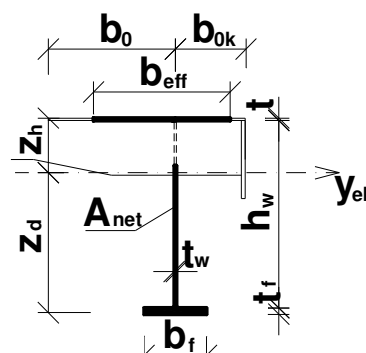
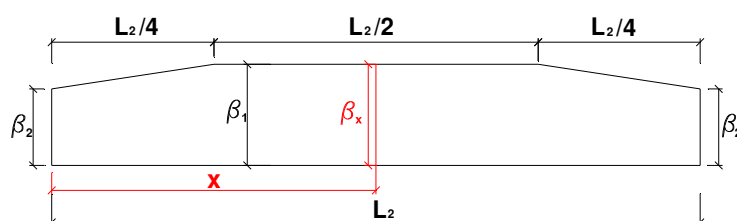
Prierez krajnej priečnej výstuhy pre posúdenie v mieste I (pri výmene ložísk) **trieda 3****c) Vplyv ochabnutia šmykom**

miesto kladného momentu	pretože $b_0 > L_e/50$	ochabnutie šmykom sa nezanedbáva
-------------------------	------------------------	----------------------------------

MS únosnosti: $b_{eff} = \beta^k \cdot b_{sl}$ Ms použiteľnosti a únavy: $b_{eff} = \beta \cdot b_{sl}$ **Účinná šírka plechu so zohľadnením ochabnutia šmykom**

Overenie v mieste:	L_2 [mm]	L_e [mm]	b_0 b_{ok}	t [mm]	α_0	κ	β_1	β_2	β	β^k	b_{eff} [mm]
záporného momentu	11500	8050	1050 950	12	1,00	0,13043 0,1180	- -	0,55821 0,58479	0,55821 0,58479	0,92677 0,9386	1864,8 1141,7
$x=5,75\text{m}$	11500	8050	1050 950	12	1,00	0,13043 0,1180	0,90181 0,91816	0,55821 0,58479	0,9018 0,9182	0,9866 0,9900	1976,4 1819,2

* - efektívna šírka v MS použiteľnosti a únavy

d) Prierezové charakteristiky účinného prierezu

Prierezové charakteristiky v MS únosnosti

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,eff}$ [mm ³]
záporného momentu	61047,0	-522,4	778,6	17049751613,3	32636991,5	21898121,3	12247588,8
Sy,eff - statický moment plochy efektívneho prierezu: * - pre horný krčný zvar, ** pre spodný krčný zvar							9323404,7

Anet - plocha efektívneho prierezu v mieste výrezu pre pozdĺžnu výstuhu $A_{net} = 53147 \text{ mm}^2$ **Vplyv vzperu**

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}; \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{93,9 \cdot \varepsilon} \cdot \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}; \quad \phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]; \quad \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

Vybočenie kolmo na:	L_{cr} [mm]	λ	$\bar{\lambda}$	krivka	α	ϕ	χ
z-z	11500,0	21,937	0,269	c	0,49	0,553	0,965

Pozn.: V prípade namáhania priečnika **tlakovou silou** je potrebné uvažovať so **sučiniteľom vzperu χ** **Vplyv klopenia**

$$\begin{aligned} I_z &= 9,27E+09 \text{ mm}^4 & f_y &= 355 \text{ Mpa} & L_{cr} &= 10100 \text{ mm} \\ I_t &= 1,09E+07 \text{ mm}^4 & E &= 210000 \text{ Mpa} \\ W_{y,eff} &= 32636991,5 \text{ mm}^3 & G &= 81000 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G} \cdot I_t}{L_{cr}}; \quad \bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{y,eff} \cdot f_y}{M_{cr}}}; \quad \phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]; \quad \chi = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

Vybočenie kolmo na:	M_{cr} [MNm]	$\bar{\lambda}_{LT}$	krivka	α_{LT}	ϕ_{LT}	χ_{LT}
z-z	12,920	0,947	d	0,76	1,232	0,495

e) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti**Overenie odolnosti od šmykových napätí**

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -17,81 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$A_{w,net} = 17180,0 \text{ mm}^2$$

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{\chi_w \cdot A_{w,net} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\chi_w = 1,200 \quad (\text{podľa STN EN 1993-1-5, kap.5})$$

$$\eta_3 = \frac{17,81 \cdot \sqrt{3}}{1,2 \cdot 17180,0 \cdot 355} = 0,004$$

$$< 0,5 \quad \blacktriangleright$$

$$< 1,0 \quad \blacktriangleright$$

vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať!**vyhovuje**

Overenie odolnosti od normálových napätí**posúdenie v mieste I (stred krajného priečnika)**

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$M_{y,Ed} = -723,53 \text{ kNm}$$

POZN.: Účinky momentu M_z možno zanedbať

$$N_{Ed} = -1553,65 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{y,eff} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{1h} = \frac{-1553,65}{0,97.61.047 \cdot 355} - \frac{-723,53}{0,495.32.637 \cdot 355} = -0,074 - 0,126 = \mathbf{0,052} < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = \frac{-1553,65}{0,97.61.047 \cdot 355} + \frac{-723,53}{0,495.21.898 \cdot 355} = -0,074 + 0,188 = \mathbf{-0,262} < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \text{vyhovuje}$$

4.7.2.5 Posúdenie krajného priečnika v mieste II – posúdenie pri výmene ložísk

Z priestorového modelu podľa 4.7.2.4.a. pre zdvih konštrukcie boli získané vnútorné sily potrebné na posúdenie krajného priečnika (žilinská opora) v mieste podoprenia lismi. Vnútorné sily sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke.

a) Vnútorné sily

Priečna výstuha - krajná

Max. návrhové sily - pri zdvihu lismi

krajná priečna výstuha (žil.opora), v mieste podoprenia lismi (1,2m od osi hl.nosníkov)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu			súčinitele		návrhové hodnoty			charakter. hodnoty		
		My [kNm]	Vz [kN]	N [kN]	koef.	γ_F [-]	Myd [kNm]	Vzd [kN]	Nd [kN]	Myk [kNm]	Vzk [kN]	Nk [kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	-691,79	-1758,15	-351,79	1	1,35	-933,92	-2373,50	-474,92	-691,79	-1758,15	-351,79
	doplňok k tiaži (zábradlie)	-13,70	-35,16	-7,38	1	1,35	-18,50	-47,47	-9,96	-13,70	-35,16	-7,38
	tiaž izolácie	-37,55	-94,88	-18,37	1,20	1,35	-60,83	-153,71	-29,76	-45,06	-113,86	-22,04
	tiaž štrkového lôžka	-1010,82	-2552,57	-490,52	1,30	1,35	-1773,99	-4479,76	-860,86	-1314,07	-3318,34	-637,68
	tiaž železničný zvršok	-64,68	-163,12	-31,07	1	1,35	-87,32	-220,21	-41,94	-64,68	-163,12	-31,07
	účinnok trakčných závesov	-1,33	-3,47	-0,71	1	1,35	-1,80	-4,68	-0,96	-1,33	-3,47	-0,71
	suma G_{sup} + G_{int}	-1819,87	-4607,35	-899,84			-2876,35	-7279,33	-1418,40	-2130,63	-5392,10	-1050,67
W	vietor zľava na konštrukciu	-111,95	-277,45	-215,25	1	1,50	-167,93	-416,18	-322,88	-111,95	-277,45	-215,25
	vietor zprava na konštrukciu	-119,89	-33,28	-9,00	1	1,50	-179,84	-49,92	-13,50	-119,89	-33,28	-9,00
	vietor zľava na vlak	-19,60	-50,52	-119,84	1	1,50	-29,40	-75,78	-179,76	-19,60	-50,52	-119,84
	suma W_{max} (len prítlačujúce účinky)	-131,55	-327,97	-335,09			-197,33	-491,96	-502,64	-131,55	-327,97	-335,09

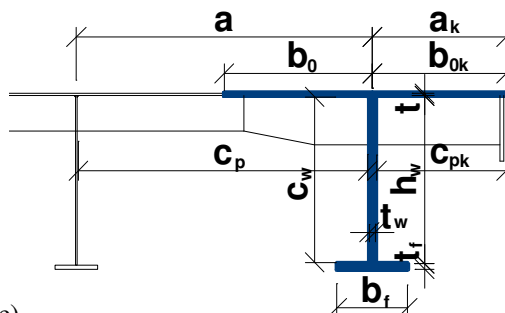
kombinácia: G _{sup} +G _{int} +W _{max}	My _E [kNm]	Vz _E [kN]	N _E [kN]	My _{Ed} [kNm]	Vz _{Ed} [kN]	N _{Ed} [kN]	My _{Ek} [kNm]	Vz _{Ek} [kN]	N _{Ek} [kN]
	-1951,42	-4935,32	-1234,93	-3073,67	-7771,29	-1921,04	-2262,18	-5720,07	-1385,76

Návrhová šmyková sila	Vz _{Ed} = -7771,29 kN
Návrhový ohybový moment	My _{Ed} = -3073,67 kNm
Návrhová osová sila	N _{Ed} = -1921,04 kN

b) Geometria prierezu

Prierez krajného priečnika v mieste pre možné podoprenie lismi je navrhovaný mohutnejší, čo vyplynulo zo značného namáhania jeho prierezu. Priečník sa v tejto oblasti zároveň napája na hlavný priečník v mieste uloženia mosta. Zúženie prierezu na prierez v strednej časti je navrhované ešte pred montážnym stykom mostovky.

$t_f =$	40 mm			
$b_f =$	500 mm			
$t_w =$	30 mm			
$h_w =$	1256 mm			
$a =$	2100 mm			
$a_k =$	950 mm			
$t =$	16 mm	(reálna)		
$t =$	12 mm	(pre posúdenie)		
$a_w =$	10 mm	(výška zvaru)	$z_{h,el.} =$	-561,6 mm
$c_p =$	2042 mm		$z_{d,el.} =$	750,4 mm
$c_{pk} =$	921 mm		$z_{h,pl.} =$	-444,0 mm
$c_w =$	1228 mm		$z_{d,pl.} =$	868,0 mm
$c_f =$	221 mm		$A =$	89680,0 mm ² (reálna)
$h =$	1312 mm	(reálna)	$A =$	81680,0 mm ² (pre posúdenie)
$h =$	1308 mm	(pre posúdenie)	$I_y =$	2,5689E+10 mm ⁴



c) Zatriedenie prierezu

Plech mostovky nachádza sa v ťahanej oblasti

Stena tlačaná a ohýbaná časť prierezu (záporný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814 \quad z_w = a_w \cdot \sqrt{2} = 14 \text{ mm}$$

$$\alpha = z_{d,pl} / c_w = 868/1228 = 0,707$$

$$\psi = \frac{(z_{h,el} + t + z_w)}{(z_{d,el} - t_f - z_w)} = \frac{-561,6 + 16 + 14}{(750,4 - 40 - 14)} = -0,76$$

$$\beta_w = c_w / t_w = 1228/30 = 40,92 \quad \text{ak } \beta_w > 396 \cdot \varepsilon_m / (13 \cdot \alpha - 1) = 39,33$$

$$< 456 \cdot \varepsilon_m / (13 \cdot \alpha - 1) = 45,29 \quad \text{trieda 2}$$

$$< 42 \cdot \varepsilon_m / (0,67 + 0,33 \cdot \psi) = 81,73$$

Dolná pásnica tlačaná a ohýbaná časť prierezu (tlak-záporný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/)} = 0,814$$

$$\beta_f = c_f / t_f = 221/40 = 5,521 \quad \text{ak } \beta_f < 9 \cdot \varepsilon_m = 9 \cdot 0,81 = 7,32$$

$$< 10 \cdot \varepsilon_m = 10 \cdot 0,81 = 8,14 \quad \text{trieda 1}$$

$$< 14 \cdot \varepsilon_m = 14 \cdot 0,81 = 11,39$$

Prierez krajnej priečnej výstuhy pre posúdenie v mieste II – pri výmene ložísk..... **trieda 3**

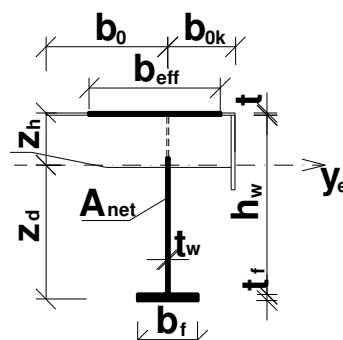
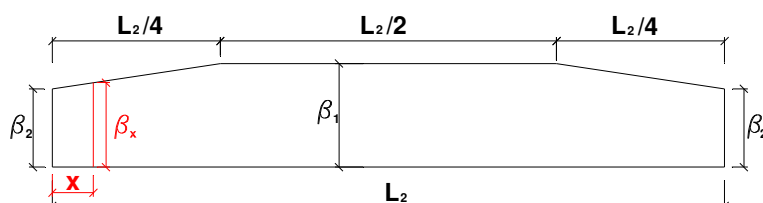
d) Vplyv ochabnutia šmykom

miesto záporného momentu	pretože $b_0 > L_e/50$	ochabnutie šmykom sa nezanedbáva
MS únosnosti:	$b_{eff} = \beta^k \cdot b_{sl}$	
Ms použiteľnosti a únavy:	$b_{eff} = \beta \cdot b_{sl}$	

Účinná šírka plechu so zohľadnením ochabnutia šmykom

Overenie v mieste:	L ₂ [mm]	L _e [mm]	$\frac{b_0}{b_{0k}}$	t [mm]	α_0	κ	β_1	β_2	β	β^*	b _{eff} [mm]
záporného momentu	11500	8050	$\frac{1050}{950}$	12	1,00	0,13043	-	0,55821	0,55821	0,92677	1864,8
						0,1180	-	0,58479	0,58479	0,9386	1141,7
x=0,7m	11500	8050	$\frac{1050}{950}$	12	1,00	0,13043	0,90181	0,55821	0,6419	0,9438	1896,5
						0,1180	0,91816	0,58479	0,6660	0,9532	1306,6

* - efektívna šírka v MS použiteľnosti a únavy

e) Prierezové charakteristiky účinného prierezu**Prierezové charakteristiky v MS únosnosti**

Overenie v mieste:	A _{eff} [mm ²]	zh [mm]	zd [mm]	I _{y,eff} [mm ⁴]	W _{y,h,eff} [mm ³]	W _{y,d,eff} [mm ³]	S _{y,eff} [mm ³]
záporného momentu	80438,0	-621,7	686,3	22475383402,5	36149001,8	32750672,8	14013072,4
							13325143,0

Sy,eff - statický moment plochy efektívneho prierezu: * - pre horný krčový zvar, ** pre spodný krčový zvar

Anet - plocha efektívneho prierezu v mieste výrezu pre pozdĺžnu výstuhu A_{net}= 68588 mm²**Prierezové charakteristiky v MS použiteľnosti a únavy**

Overenie v mieste:	A _{eff} [mm ²]	zh [mm]	zd [mm]	I _{y,eff} [mm ⁴]	W _{y,h,eff} [mm ³]	W _{y,d,eff} [mm ³]	S _{y,eff} [mm ³]
záporného momentu	73359,5	-681,2	626,8	19532603292,1	28675656,0	31160244,3	10586105,5
							12136874,3

Anet - plocha efektívneho prierezu v mieste výrezu pre pozdĺžnu výstuhu A_{net}= 61509,5 mm²**Vplyv vzperu**

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i}; \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{93,9, \varepsilon} \cdot \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}; \quad \phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]; \quad \chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

Vybočenie kolmo na:	L _{cr} [mm]	λ	$\bar{\lambda}$	krivka	α	ϕ	χ
z-z	11500,0	21,487	0,266	c	0,49	0,552	0,966

Vplyv klopeniaPre výpočet I_z a I_t bezpečne uvažujeme symetrický prierez so šírkou pásnice rovnajúcej sa 2x a_k = 2x950mm

$$\begin{aligned} I_z &= 9,56E+09 \text{ mm}^4 & f_y &= 355 \text{ Mpa} & L_{cr} &= 10100 \text{ mm} \\ I_t &= 2,46E+07 \text{ mm}^4 & E &= 210000 \text{ Mpa} \\ W_{y,eff} &= 36149001,8 \text{ mm}^3 & G &= 81000 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E I_z G I_t}}{L_{cr}}; \quad \bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{y,eff} f_y}{M_{cr}}}; \quad \phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2]; \quad \chi = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}$$

Vybočenie kolmo na:	M _{cr} [MNm]	$\bar{\lambda}_{LT}$	krivka	α_{LT}	ϕ_{LT}	χ_{LT}
z-z	19,664	0,808	d	0,76	1,057	0,575

f) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Štíhlosť steny: $h_w/t_w = 1256/30 = 41,867 < 72 \cdot \varepsilon / \eta = 72 \cdot 0,814 / 1,2 = 48,84$ vplyv vydúvania šmykom možno zanedbať
 Súčiniteľ vydúvania šmykom: $\lambda_w = h_w / (86,4 \cdot t_w \cdot \varepsilon) = 1256 / (86,4 \cdot 30 \cdot 0,814) = 0,6 \rightarrow \chi_w = 1,2$

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -7771,29 \text{ kN}$$

$$A_{w,net} = 37680,0 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\chi_w = 1,200 \quad (\text{podľa STN EN 1993-1-5, kap.5})$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{\chi_w \cdot A_{w,net} \cdot f_{y,d}} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \frac{7771,29 \cdot \sqrt{3}}{1,2 \cdot 37680 \cdot 355} = 0,839 > 0,5 \rightarrow \text{vplyv šmyku na ohybovú odolnosť sa nezanedbáva !!!}$$

vyhovuje

Interakcia medzi šmykovou silou, ohybovým momentom a osovou silou

Podmienka spoľahlivosti:

$$\bar{\eta}_1 + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2 \leq 1,0 \dots \dots \dots, \text{ pre } \bar{\eta}_1 \geq \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}$$

$$f_{y,d} = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$N_{Ed} = -1921,04 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = -3073,67 \text{ kNm}$$

$$M_{f,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} b_{eff} \cdot t_f \cdot f_y / \gamma_{M0} \cdot (h_w + (t + t_f) / 2) = 10357,39 \text{ kNm} \\ b_f \cdot t_f \cdot f_y / \gamma_{M0} \cdot (h_w + (t + t_f) / 2) = 9102,2 \text{ kNm} \end{array} \right\} \rightarrow M_{f,Rd} = 9102,2 \text{ kNm}$$

$$M_{f,N,Rd} = M_{f,Rd} \cdot (1 - N_{Ed} / (b_{eff} \cdot t_f \cdot f_{y,d} + b_f \cdot t_f \cdot f_{y,d}))$$

$$M_{f,N,Rd} = 9102,2 \cdot (1 - 1921,04 / (1896,5 \cdot 12 \cdot 355 + 500 \cdot 40 \cdot 355))$$

$$M_{f,N,Rd} = 7950,24094 \text{ kNm}$$

$$W_{pl,y} = 39317820,0 \text{ mm}^3$$

$$M_{pl,Rd} = 13957,8261 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,N,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot (1 - (N_{Ed} / (b_{eff} \cdot t + h_w \cdot t_w + b_f \cdot t_f) \cdot f_{y,d}^2))$$

$$M_{pl,N,Rd} = 13957,83 \cdot (1 - 1921,04 / (1896,5 \cdot 12 + 1256 \cdot 30 + 500 \cdot 40) \cdot 355^2)$$

$$M_{pl,N,Rd} = 13894,656 \text{ kNm}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{Ed} / M_{pl,N,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 3073,67 / 13894,66$$

$$\bar{\eta}_1 = 0,221$$

ak: $M_{f,Rd} / M_{pl,N,Rd} < \bar{\eta}_1 \dots \dots \dots$ posúdime interakciu podľa podmienky spoľahlivosti

$$7950,24 / 13894,66$$

$$= 0,572$$

0,572 > 0,221 → netreba posúdiť interakciu so šmykom

Overenie odolnosti od normálových napätí

posúdenie v mieste II (miesto pre podopretie lismi)

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$M_{y,Ed} = -3073,67 \text{ kNm}$$

$$\chi_{LT} = 0,575$$

POZN.: Účinky momentu M_z možno zanedbať

$$N_{Ed} = -1921,04 \text{ kN}$$

$$\chi = 0,966$$

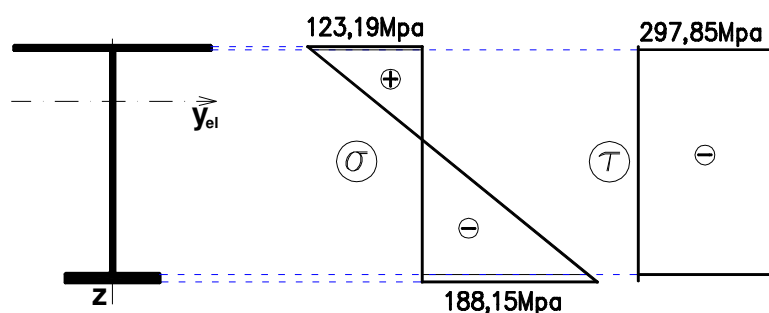
Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{y,d}} = \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_{y,d}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{y,eff} \cdot f_{y,d}} \leq 1,0$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{1h} = \frac{-1921,04}{0,9780 \cdot 438 \cdot 355} - \frac{-3073,67}{0,575 \cdot 36 \cdot 149 \cdot 355} = -0,070 - 0,417 = 0,347 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = \frac{-1921,04}{0,9780 \cdot 438 \cdot 355} + \frac{-3073,67}{0,575 \cdot 32 \cdot 751 \cdot 355} = -0,070 + -0,460 = -0,530 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$



Krajná priečna výstuha pre posúdenie v mieste II – pri výmene ložísk..... **vyhovuje.**

g) Posúdenie krčných zvarov

I - Spoj steny a plechu mostovky:

Pripojenie steny krajnej priečnej výstuhy a plechu mostovky je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max.}=30\text{mm}$, $a_{\min}=6\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=10\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:

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

medza pevnosti materiálu

$$f_u = 510,00 \text{ Mpa}$$

korelačný faktor pre kútové zvary:

$$\beta_w = 0,90$$

parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

statický moment plochy prierezu:

$$S_{y,eff} = 1,401\text{E}+07 \text{ mm}^3$$

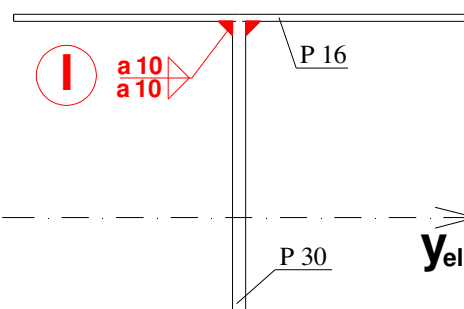
moment zotrvačnosti prierezu:

$$I_{y,eff} = 2,248\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

max.šmyková sila v posudzovanom mieste:

$$V_{z,Ed} = -7771,29 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0,00 \text{ Mpa}$$



Výpočet:

šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru :

$$\tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_{y,eff}}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{7771,29 \cdot 14013,07}{22475,38 \cdot 2 \cdot 10} = 242,26 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 242,26^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$419,61 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

II - Spoj steny a dolnej pásnice:

Pripojenie steny priečnej výstuhy a dolnej pásnice je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max.}=40\text{mm}$, $a_{\min}=8\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=10\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:

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

medza pevnosti materiálu

$$f_u = 510,00 \text{ Mpa}$$

korelačný faktor pre kútové zvary:

$$\beta_w = 0,90$$

parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

statický moment plochy prierezu:

$$S_{y,eff} = 1,333\text{E}+07 \text{ mm}^3$$

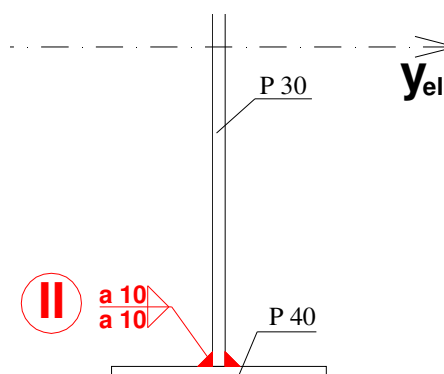
moment zotrvačnosti prierezu:

$$I_{y,eff} = 2,248\text{E}+10 \text{ mm}^4$$

max.šmyková sila v posudzovanom mieste:

$$V_{z,Ed} = -7771,29 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 0,00 \text{ Mpa}$$



Výpočet:

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_{y,eff}}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{7771,29 \cdot 13325,14}{22475,38 \cdot 2 \cdot 10} = 230,37 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

$$[\sigma_T^2 + 3 \cdot (\tau_T^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 230,37^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$399,01 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

4.7.2.6 Posúdenie krajného priečnika v mieste III**a) Vnútorne sily**

Na základe porovnania vnútorných síl pre miesto III z oboch výpočtových modelov sú sily vznikajúce pri výmene ložísk väčšie ako sily z modelu počas prevádzky mosta. Prierez posúdime preto na tieto vnútorné sily. Vnútorne sily sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke.

Priečna výstuha - krajná

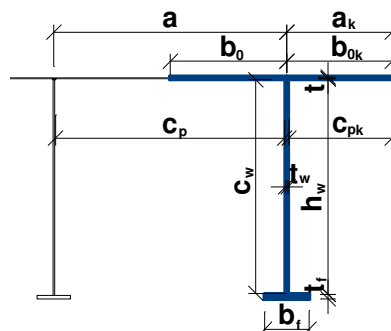
Max. návrhové sily - pri zdvihu lisni

krajná priečna výstuha (žil.opora), v mieste III. (prípoj k hlavnému nosníku)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu			súčinitele		návrhové hodnoty			charakter. hodnoty		
		My	Vz	N		γF	Myd	Vzd	Nd	Myk	Vzk	Nk
		[kNm]	[kN]	[kN]	koef.	[-]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	316,37	1667,96	87,74	1	1,35	427,10	2251,75	118,45	316,37	1667,96	87,74
	doplňok k tiaži (zábradlie)	4,85	32,04	2,76	1	1,35	6,55	43,25	3,73	4,85	32,04	2,76
	tiaž izolácie	18,96	91,32	3,38	1,20	1,35	30,72	147,94	5,48	22,75	109,58	4,06
	tiaž štrkového lôžka	512,55	2473,27	92,32	1,30	1,35	899,53	4340,59	162,02	666,32	3215,25	120,02
	tiaž železničný zvršok	31,76	153,13	5,70	1	1,35	42,88	206,73	7,70	31,76	153,13	5,70
	účinnok trakčných závesov	0,47	3,14	0,28	1	1,35	0,63	4,24	0,38	0,47	3,14	0,28
suma G_{sup} + G_{inf}		884,96	4420,86	192,18			1407,40	6994,49	297,75	1042,52	5181,11	220,55
W	vietor zľava na konštrukciu	15,76	33,35	-17,21	1	1,50	23,64	50,03	-25,82	15,76	33,35	-17,21
	vietor zprava na konštrukciu	66,33	269,67	7,00	1	1,50	99,50	404,51	10,50	66,33	269,67	7,00
suma W_{max} (len pritlačujúce účinky)		66,33	269,67	7,00			99,50	404,51	10,50	66,33	269,67	7,00
kombinácia: G_{sup}+G_{inf}+W_{max}.		My_E	Vz_E	N_E			My_{Ed}	Vz_{Ed}	N_{Ed}	My_{Ek}	Vz_{Ek}	N_{Ek}
		[kNm]	[kN]	[kN]			[kNm]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]
		951,29	4690,53	199,18			1506,89	7399,00	308,25	1108,85	5450,78	227,55
Návrhová šmyková sila							Vz_{Ed}= 7399,00 kN					
Návrhový ohybový moment							My_{Ed}= 1506,89 kNm					
Návrhová osová sila							N_{Ed}= 308,25 kN					

b) Geometria prierezu

$t_f =$	40	mm			
$b_f =$	500	mm			
$t_w =$	30	mm			
$h_w =$	1973	mm			
$a =$	2100	mm			
$a_k =$	950	mm			
$t =$	16	mm	(reálna)		
$t =$	12	mm	(pre posúdenie)		
$a_w =$	10	mm	(výška zvaru)		
$c_p =$	2042	mm		$z_{h,el.} =$	-897,3 mm
$c_{pk} =$	921	mm		$z_{d,el.} =$	1131,7 mm
$c_w =$	1945	mm		$z_{h,pl.} =$	-802,5 mm
$c_f =$	221	mm		$z_{d,pl.} =$	1226,5 mm
$h =$	2029	mm	(reálna)	$A =$	111190,0 mm ² (reálna)
$h =$	2025	mm	(pre posúdenie)	$A =$	103190,0 mm ² (pre posúdenie)
				$I_y =$	6,9884E+10 mm ⁴



c) Zatriedenie prierezu

Plech mostovky je stužený stenou hlavného nosníka a stenou boku vane vzdialených cca 250mm

Stena ťahaná a ohýbaná časť prierezu

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814 \quad z_w = a_w \cdot \sqrt{2} = 14 \text{ mm}$$

$$\alpha = z_{h,pl} / c_w = 802,5 / 1945 = 0,413$$

$$\psi = \frac{(z_{d,el} - t_f - z_w)}{(z_{h,el} + t + z_w)} = \frac{(1131,7 - 40 - 14)}{-897,3 + 16 + 14} = -1,24$$

$$\beta_w = c_w / t_w = 1945 / 30 = 64,82 \quad \text{ak } \beta_w > 33 \cdot \varepsilon_m = 33 \cdot 0,81 = 26,85$$

$$> 38 \cdot \varepsilon_m = 38 \cdot 0,81 = 30,92 \quad \text{trieda 3}$$

$$< 62 \cdot \varepsilon_m (1 - \psi) \cdot \sqrt{(-\psi)} = 126,10$$

Prierez krajnej priečnej výstuhy pre posúdenie v mieste III – pri výmene ložísk..... **trieda 3**

d) Vplyv ochabnutia šmykom

Účinná šírka plechu so zohľadnením ochabnutia šmykom

Overenie v mieste:	L_2 [mm]	L_e [mm]	b_0 b_{0k}	t [mm]	α_0	κ	β_1	β_2	β	β^*	b_{eff} [mm]
kladného momentu	11500	8050	1050	12	1,00	0,13043	0,90181	-	0,90181	0,98661	1976,4
			950			0,1180	0,91816	-	0,91816	0,9900	1819,2
$x=0m$	11500	8050	1050	12	1,00	0,13043	0,90181	0,55821	0,5582	0,9268	1864,8
			950			0,1180	0,91816	0,58479	0,5848	0,9386	1141,7

e) Prierezové charakteristiky účinného prierezu

Prierezové charakteristiky v MS únosnosti

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,eff}$ [mm ³]
kladného momentu	101567,9	-978,0	1047,0	61465601534,3	62846978,5	58707521,8	21751811,6
							20539600,1

$S_{y,eff}$ - statický moment plochy efektívneho prierezu: * - pre homý krčný zvar, ** pre spodný krčný zvar

A_{net} - plocha efektívneho prierezu v mieste výrezu pre pozdĺžnu výstuhy $A_{net} = 89717,9 \text{ mm}^2$

Prierezové charakteristiky v MS používateľnosti a únavy

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,eff}$ [mm ³]
kladného momentu	92890,1	-1068,8	956,2	52500481389,0	49119720,0	54906883,6	14560807,4
Anet - plocha efektívneho prierezu v mieste výrezu pre pozdĺžnu výstuhu $A_{net} = 81040,1 \text{ mm}^2$							18723460,6

*

**

f) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Štíhlosť steny: $hw/tw = 1973/30 = 65,767 < 72 \cdot \epsilon / \eta = 72 \cdot 0,814 / 1,2 = 48,84$ **treba zohľadniť vplyv vydúvania šmykom**
 Súčiniteľ vydúvania šmykom: $\chi_w = h_w / (86 \cdot 4 \cdot t_w \cdot \epsilon) = 1973 / 86 \cdot 4 \cdot 30 \cdot 0,814 = 0,94$ **► $\chi_w = 0,88298$**

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = 7399,00 \text{ kN}$$

$$A_{w,net} = 59190,0 \text{ mm}^2$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{\chi_w \cdot A_{w,net} \cdot f_{y,d}} \leq 1,0$$

$$\chi_w = 0,883 \quad (\text{podľa STN EN 1993-1-5, kap.5})$$

$$\eta_3 = \frac{7399 \cdot \sqrt{3}}{0,883 \cdot 59190 \cdot 355} = 0,691$$

$$0,5 > 0,691 > 1,0$$

vplyv šmyku na ohybovú odolnosť sa nezanedbáva !!!
vyhovuje

Interakcia medzi šmykovou silou, ohybovým momentom a osovou silou

Podmienka spoľahlivosti:

$$\bar{\eta}_1 + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) \cdot (2 \cdot \bar{\eta}_3 - 1)^2 \leq 1,0 \dots\dots\dots, \text{ pre } \bar{\eta}_1 \geq \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}$$

$$f_{y,d} = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$N_{Ed} = 308,25 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1506,89 \text{ kNm}$$

$$M_{f,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} b_{eff} \cdot t_f \cdot f_y / \gamma_{M0} \cdot (h_w + (t + t_f) / 2) = 15880,15 \text{ kNm} \\ b_f \cdot t_f \cdot f_y / \gamma_{M0} \cdot (h_w + (t + t_f) / 2) = 14192,9 \text{ kNm} \end{array} \right\} \rightarrow$$

$$M_{f,Rd} = 14192,9 \text{ kNm}$$

$$M_{f,N,Rd} = M_{f,Rd} \cdot (1 - N_{Ed} / (b_{eff} \cdot t_f \cdot f_{y,d} + b_f \cdot t_f \cdot f_{y,d}))$$

$$M_{f,N,Rd} = 14192,9 \cdot (1 - 308250 / (1864,8 \cdot 12 \cdot 355 + 500 \cdot 40 \cdot 355))$$

$$M_{f,N,Rd} = 13902,0899 \text{ kNm}$$

$$W_{pl,y} = 71691502,5 \text{ mm}^3$$

$$M_{pl,Rd} = 25450,4834 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,N,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot (1 - (N_{Ed} / (b_{eff} \cdot t + h_w \cdot t_w + b_f \cdot t_f) \cdot f_{y,d})^2)$$

$$M_{pl,N,Rd} = 25450,48 \cdot (1 - 308250 / (1864,8 \cdot 12 + 1973 \cdot 30 + 500 \cdot 40) \cdot 355)^2$$

$$M_{pl,N,Rd} = 25448,6233 \text{ kNm}$$

$$\bar{\eta}_1 = M_{Ed} / M_{pl,N,Rd}$$

$$\bar{\eta}_1 = 1506,89 / 25448,62$$

$$\bar{\eta}_1 = 0,059$$

ak: $M_{f,N,Rd} / M_{pl,N,Rd} < \bar{\eta}_1$ posúdime interakciu podľa podmienky spoľahlivosti
 $13902,09 / 25448,62$

$$= 0,546$$

0,546 > 0,059 ► netreba posúdiť interakciu so šmykom

Overenie odolnosti od normálových napätí**posúdenie v mieste III (prípoj k hlavnému nosníku)**

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$M_{y,Ed} = 1506,89 \text{ kNm}$$

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

POZN.: Účinky momentu M_z možno zanedbať

$$N_{Ed} = 308,25 \text{ kN}$$

$$\chi = 1,000$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{y,d}} = \frac{N_{Ed}}{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_{y,d}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{y,eff} \cdot f_{y,d}} \leq 1,0$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_{1h} = \frac{308,25}{1.101.568 \cdot 355} - \frac{1506,89}{1.62.847 \cdot 355} = 0,009$$

$$- 0,068 = -0,059 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = \frac{308,25}{1.101.568 \cdot 355} + \frac{1506,89}{1.58.708 \cdot 355} = 0,009$$

$$+ 0,072 = 0,081 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Krajná priečna výstuha pre posúdenie v mieste III – pri výmene ložísk..... **vyhovuje.**

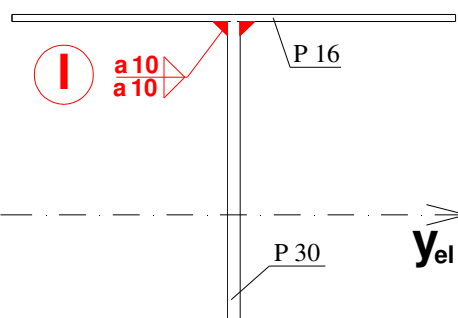
g) Posúdenie krčných zvarov**I - Spoj steny a plechu mostovky:**

Pripojenie steny krajnej priečnej výstuhy a plechu mostovky je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max}=30\text{mm}$, $a_{\min}=6\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=10\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	10,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}}=$	2,175E+07 mm ³
moment zotvračnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	6,147E+10 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	7399,00 kN
	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	0,00 Mpa

**Výpočet:**

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_{y,\text{eff}}}{I_{y,\text{eff}} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{7399 \cdot 21751,81}{61465,6 \cdot 2 \cdot 10} = 130,92 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 130,92^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$226,76 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

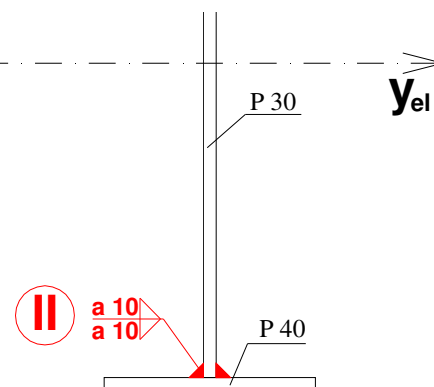
II - Spoj steny a dolnej pásnice:

Pripojenie steny priečnej výstuhy a dolnej pásnice je riešené pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max}=40\text{mm}$, $a_{\min}=8\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=10\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	10,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}}=$	2,054E+07 mm ³
moment zotvračnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	6,147E+10 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	7399,00 kN
	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	0,00 Mpa



Výpočet:

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_{y,eff}}{I_{y,eff} \cdot 2 \cdot a_w} = \frac{7399 \cdot 20539,6}{61465,6 \cdot 2 \cdot 10} = \mathbf{123,62 \text{ Mpa}}$$

Posúdenie:

$$[\sigma_T^2 + 3 \cdot (\tau_T^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 123,62^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$\mathbf{214,12 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}}$$

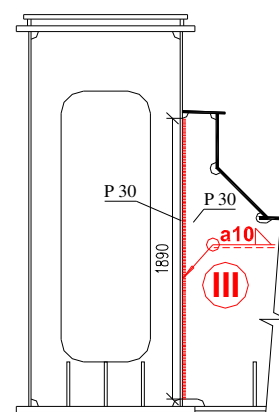
III - Spoj steny priečnika a hlavného nosníka

Pripojenie steny krajnej priečnej výstuhy a steny hlavného nosníka je riešene pomocou kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{max}=30\text{mm}$, $a_{wmin}=6\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru $a_w=10\text{mm}$.

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w =$	10,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u =$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w =$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2} =$	1,25
dĺžka zvaru:	$L_w =$	1890 mm
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,eff} =$	6,147E+10 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,Ed} =$	7399,00 kN
kolmé normálové (šmykové) napätie:	$\sigma_T = \tau_T =$	28,76 Mpa

**Výpočet:**

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,Ed}}{2 \cdot a_w \cdot L_w} = \frac{7399000}{2 \cdot 10 \cdot 1890} = \mathbf{195,74 \text{ Mpa}}$$

Posúdenie:

A.) $[\sigma_T^2 + 3 \cdot (\tau_T^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$

$$[28,76^2 + 3 \cdot (28,76^2 + 195,74^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$\mathbf{343,88 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}}$$

B.) $\sigma_T \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$

$$28,76 \leq 0,9 \cdot 510 / 1,25$$

$$\mathbf{28,76 < 367,2 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}}$$

návrh zvaru vyhovuje

h) Overenie únavovej odolnosti

Posúdenie únavovej odolnosti priečnika v tomto mieste nieje potrebné nakoľko referenčné rozmery napätia nedosahujú výrazných hodnôt a z pohľadu možných porúch prichádzajú do úvahy kútové zvary prípojov steny k hornému plechu a dolnej pásnici. Táto kategória detailu je posúdená v mieste I (stred krajného priečnika) s vyšším referenčným rozkmitom, kde vyhovuje. Taktiež zvar v montážnom styku je v časti 4.7.2.3. Prípoj priečnika na hlavný nosník bude posúdený z hľadiska únavy pri posúdení hlavného nosníka.

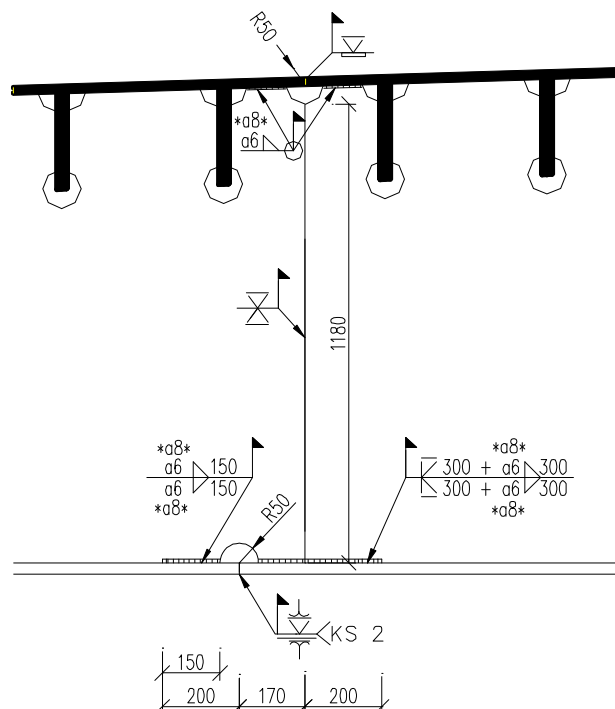
4.7.3 Návrh montážnych zvarov priečnej výstuhy

4.7.3.1 Montážny zvar steny priečnej výstuhy

- navrhujem tupý zvar tvaru X na dĺžku 1180 mm steny s príslušnou úpravou a kontrolou

4.7.3.2 Montážny zvar pásnic priečnej výstuhy

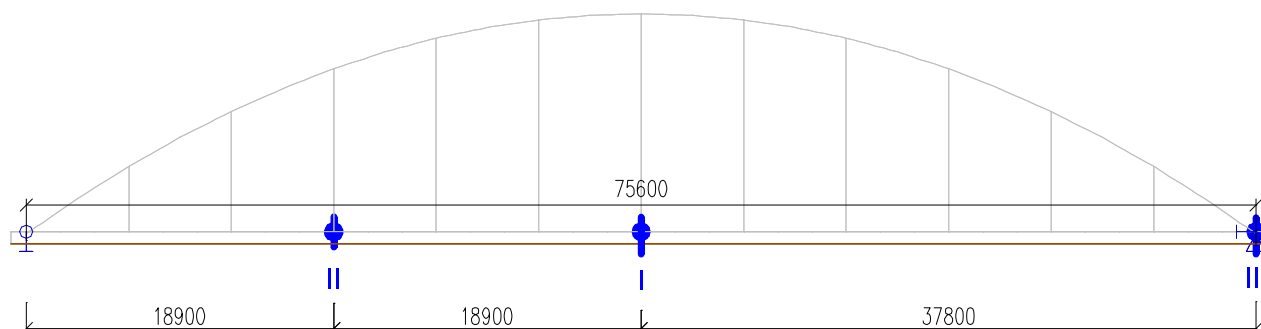
- navrhujem tupý zvar tvaru V pre hornú aj dolnú pásnicu s príslušnými úpravami a kontrolou.



Pozn.: kútové zvary označené hviezdičkou platia pre krajné priečniky

4.8 Posúdenie trámu

Priestorový výpočtový model a zároveň výpočet vnútorných síl na konštrukcii bol realizovaný vo výpočtovom programe SCIA ENGINEER 2012. Získane vnútorne sily boli bez parciálnych súčiniteľov zaťaženia, súčiniteľov kombinácii zaťažení a bez dynamických súčiniteľov. Tieto boli zahrnuté do výpočtu pri získavaní najnepriaznivejších kombinácii vnútorných síl v programe EXCEL. Posúdenie trámu je vykonané pre miesta I, II, III.

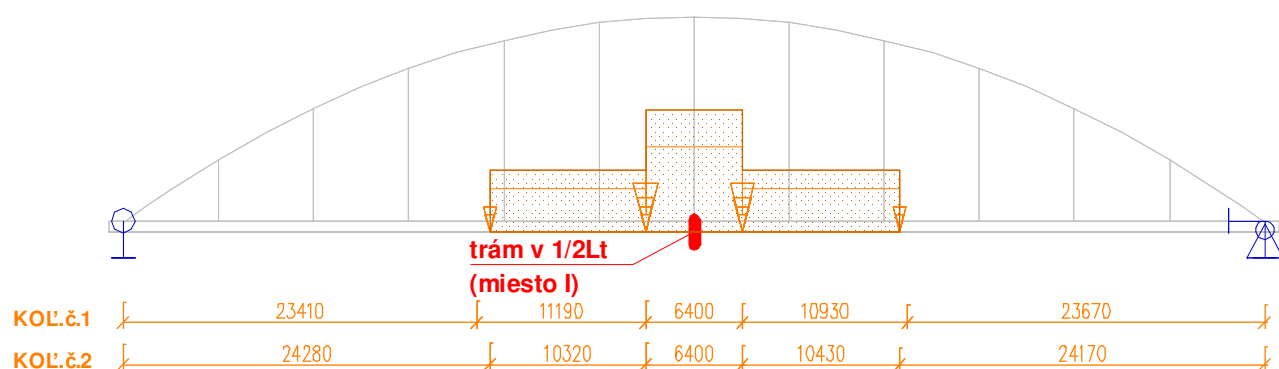


Posúdenie trámu hlavného nosníka je v nasledovných miestach:

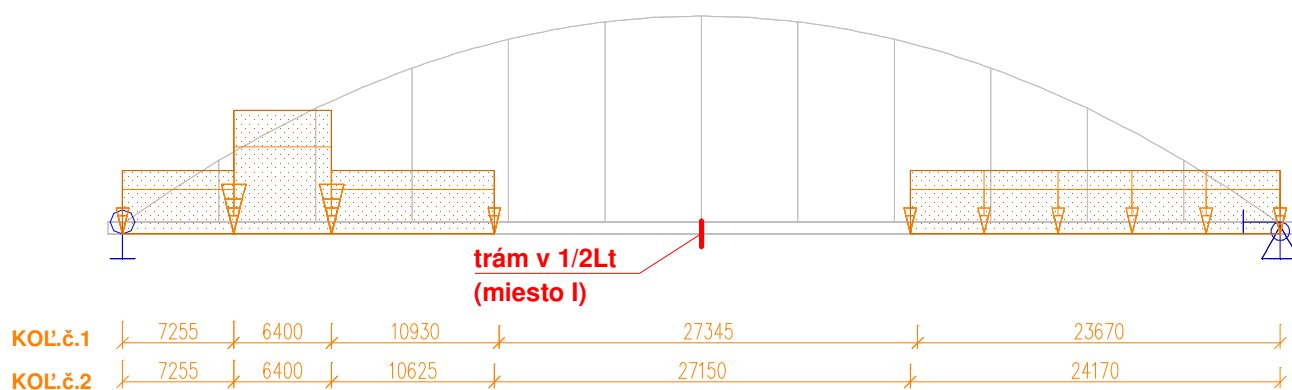
- | | |
|--|---------------|
| I. - prierez hlavného nosníka v strede rozpätia Langrovho trámu | / x = 37,5 m/ |
| II. - prierez hlavného nosníka v štvrtine rozpätia Langrovho trámu | / x = 18,9 m/ |
| III. - prierez hlavného nad podperou (žilinská opora) | / x = 75,6 m/ |

4.8.1 Posúdenie prierezu trámu v poli – v mieste I

Rozhodujúca je kombinácia stáleho a krátkodobého zaťaženia kde v rámci zaťaženia dopravou rozhodovala schéma zaťaženia LM71+LM71 v najnepriaznivejších polohách – poloha zaťaženia reprezentujúca lokomotívu, resp. vagóny je pre max. kladné a max. záporne hodnoty momentov podľa nasledujúcich obr.. V priečnom smere sa uvažuje možná poloha koľaje s posunom +100mm pre koľaj č.1 k hlavnému nosníku a +100mm pre koľaj č.2 taktiež k tomu istému nosníku. Takéto rozloženie zaťaženia najviac priťažuje vybraný nosník.



Obr. Postavenie zaťaženia dopravou pre max +My v 1/2 Lt



Obr. Postavenie zaťaženia dopravou pre max -My v 1/2 Lt

4.8.1.1 Materiálové charakteristiky

	Oceľ	t [mm]	f_y [Mpa]	f_u [Mpa]	ϵ_m [-]
Pásnice	S355	30,0	355	510	0,814
Steny	S355	16,0	355	510	0,814

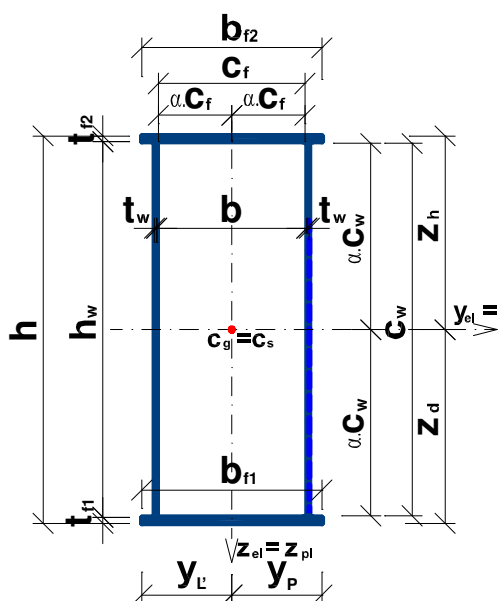
$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M1} = 1,00$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

4.8.1.2 Prierezové charakteristiky**a) Geometria plného prierezu**

t_{f1}	=	30 mm
b_{f1}	=	1200 mm
t_{f2}	=	30 mm
b_{f2}	=	1200 mm
t_w	=	16 mm
h_w	=	2520 mm
b	=	1000 mm
a	=	2100 mm
h	=	2580 mm
a_w	=	8 mm
c_w	=	2497,4 mm
c_f	=	977,4 mm
$z_{h,el.}$	=	-1290,0 mm
$z_{d,el.}$	=	1290,0 mm
$z_{h,pl.}$	=	-1290,0 mm
$z_{d,pl.}$	=	1290,0 mm
$y_{L,el.}$	=	-600 mm
$y_{P,el.}$	=	600 mm



A_f	=	72000 mm ²
A_w	=	80640 mm ²
A	=	152640 mm ²
I_y	=	159725088000 mm ⁴
I_z	=	29452001280 mm ⁴
I_t	=	69469951856 mm ⁴
I_{ω}	=	2,30E+16 mm ⁶
$S_{y,f1}$	=	45900000,0 mm ³
$S_{y,f2}$	=	45900000,0 mm ³
$S_{z,w}$	=	20482560,0 mm ³
$W_{y,d,el.}$	=	123817897,7 mm ³
$W_{y,h,el.}$	=	123817897,7 mm ³
$W_{z,el.}$	=	49086668,8 mm ³
$W_{y,pl.}$	=	142603200,0 mm ³
$W_{z,pl.}$	=	62565120,0 mm ³

b) Zatriedenie prierezu**Horná pásnica**

tlačená časť prierezu (kladný moment)

ϵ_m	=	$\sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814$				
β_{f2}	=	$c_{f2} / t_{f2} = 977,4/30 = 32,579$	ak $\beta_{f2} >$	33. ϵ_m	=	33.0,81 = 26,85
			$>$	38. ϵ_m	=	38.0,81 = 30,92 ► trieda 3
			$<$	42. ϵ_m	=	42.0,81 = 34,17

Dolná pásnica

tlačená časť prierezu (záporný moment)

ϵ_m	=	$\sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814$				
β_{f1}	=	$c_{f1} / t_{f1} = 977,4/30 = 32,579$	ak $\beta_{f1} >$	33. ϵ_m	=	33.0,81 = 26,85
			$>$	38. ϵ_m	=	38.0,81 = 30,92 ► trieda 3
			$<$	42. ϵ_m	=	42.0,81 = 34,17

Steny

ťahaná a ohýbaná časť prierezu (kladný moment)

ϵ_m	=	$\sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814$	$z_w = a_w \cdot \sqrt{2} = 11 \text{ mm}$			
α	=	$z_{h,pl} / c_w = 1290/2497 = 0,517$				
ψ	=	$\frac{(z_{d,el} - t_{f1} - z_w)}{(z_{h,el} + t_{f2} + z_w)} = \frac{(1290-30-11)}{-1290+30+11} = -1,00$				
β_w	=	$c_w / t_w = 2497/16 = 156,09$	ak $\beta_w >$	72. ϵ_m	=	72.0,81 = 58,58
			$>$	83. ϵ_m	=	83.0,81 = 67,53 ► trieda 4
			$>$	124. ϵ_m	=	124.0,81 = 100,89

Steny ťahaná a ohýbaná časť prierezu (záporný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814 \quad z_w = a_w \cdot \sqrt{2} = 11 \text{ mm}$$

$$\alpha = z_{d,pl} / c_w = 1290/2497 = 0,517$$

$$\psi = \frac{(z_{h,el} + t_{f2} + z_w)}{(z_{d,el} - t_{f1} - z_w)} = \frac{-1290+30+11}{(1290-30-11)} = -1,00$$

$$\beta_w = c_w / t_w = 2497/16 = 156,09 \quad \text{ak } \beta_w > 396 \cdot \varepsilon_m / (13 \cdot \alpha - 1) = 56,38$$

$$> 456 \cdot \varepsilon_m / (13 \cdot \alpha - 1) = 64,92 \quad \text{trieda 4}$$

$$> 42 \cdot \varepsilon_m / (0,67 + 0,33 \cdot \psi) = 100,51$$

Prierez trámu pre posúdenie v mieste I (v strede rozpätia) **trieda 4****c) Vplyv ochabnutia šmykom**

$$b_0 = 508 \text{ mm} \quad b_0 < L_e/50$$

$$L_e = 37800 \text{ mm} \quad 508 < 756 \text{ [mm]}$$

miesto kladného momentu	pretože $b_0 < L_e/50$	ochabnutie šmyku môžeme zanedbať
-------------------------	------------------------	----------------------------------

MS únosnosti: $b_{eff} = \beta^{\kappa} \cdot b_0$ Ms použiteľnosti a únavy: $b_{eff} = \beta \cdot b_0$ *Účinná šírka plechu so zohľadnením ochabnutia šmykom*

Overenie v mieste:	L_2 [mm]	L_e [mm]	b_0 [mm]	$t_{min.}$ [mm]	α_0	κ	β_1	β_2	β	β^{κ}	b_{eff} [mm]
kladného momentu	37800	37800	508	30	1,00	0,01344	1	1	1	1	508,0
											508,0
$x=18,9\text{m}$	37800	37800	508	30	1,00	0,01344	1	1	1	1	508,0
											508,0

* - efektívna šírka v MS použiteľnosti a únavy

Prierezové charakteristiky v MS únosnosti

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$I_{z,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f2,eff}$ [mm ³]
						$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f1,eff}$ [mm ³]
kladného momentu	152640,0	-1290,0	1290,0	159725088000,0	29452001280,0	123817897,7	45900000,0
						123817897,7	45900000,0

Sy,eff - statický moment plochy efektívneho prierezu

Prierezové charakteristiky v MS použiteľnosti a únavy

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$I_{z,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f2,eff}$ [mm ³]
						$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f1,eff}$ [mm ³]
kladného momentu	152640,0	-1290,0	1290,0	159725088000,0	29452001280,0	123817897,7	45900000,0
						123817897,7	45900000,0

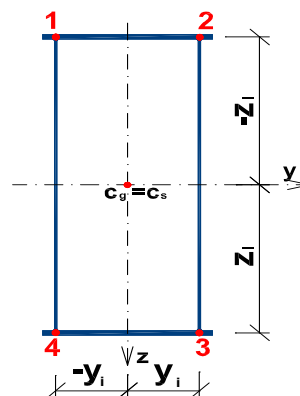
d) Vplyv vydúvania štíhlych prvkov*Návrhové vnútorné sily v posudzovanom priereze:*

Kombinácia síl pre:	N_{ed} [kN]	$M_{y,ed}$ [kNm]	$M_{z,ed}$ [kNm]	$M_{x,ed}$ [kNm]	$V_{z,ed}$ [kN]	$V_{y,ed}$ [kN]
max +My	9141,01	15800,75	-159,39	397,77	-446,08	-21,89

Podľa kapitoly 4 STN EN 1993-1-5

**Normálové napätie v rohoch strednice prierezu
(s vplyvom ochabnutia šmykom)**

bod	z_i [mm]	y_i [mm]	σ_i [Mpa]
1	-1275,0	-508,0	-63,49
2	-1275,0	508,0	-68,99
3	1275,0	508,0	183,27
4	1275,0	-508,0	188,76

**Vplyv vydúvania štíhlych tlačných stien a pásnic:**

Stena	σ_1 [Mpa]	σ_2 [Mpa]	$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	k_σ	$\bar{\lambda}_p$	$\bar{\lambda}_{p,red}$	ρ	Poznámka
1↔2	-68,99	-63,49	0,920	4,162	0,691	0,305	1,00	ne vydúva
4↔3	183,27	188,76	-	-	-	-	-	t'ahaná
1↔4	-63,49	188,76	-2,973	94,391	0,695	0,294	1,00	ne vydúva
2↔3	-68,99	183,27	-2,656	79,945	0,755	0,333	1,00	ne vydúva

Pozn.: σ_1 je vždy väčšie "tlakové" napätie v riešenej stene

Účinné šírky stien vplyvom vydúvania

Stena	ρ	ψ	\bar{b} [mm]		b_t	b_c	b_{eff} [mm]	b_{e1} [mm]	b_{e2} [mm]	šírka neúčinných častí [mm]
			c_f	c_w						
1↔2	1,00	0,92	977,4		0,0	977,4	977,4	-	-	-
4↔3	-	-	977,4		977,4	0,0	-	-	-	-
1↔4	1,00	-2,97		2497,4	1868,8	628,6	628,6	-	-	-
2↔3	1,00	-2,66		2497,4	1814,3	683,0	683,0	-	-	-

e) Prierezové charakteristiky účinného prierezu**Prierezové charakteristiky v MS únosnosti**

A_{eff}	y_r	y_p	z_h	z_d	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{z,r,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f2,eff}$ [mm ³]
[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	$I_{z,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$W_{z,p,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f1,eff}$ [mm ³]
152640,0	-600,0	600,0	-1290,0	1290,0	159725088000,0	123817897,7	49086668,8	45900000,0
					29452001280,0	123817897,7	49086668,8	45900000,0

Prierezové charakteristiky v MS používateľnosti a únavy

A_{eff}	y_r	y_p	z_h	z_d	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{z,r,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f2,eff}$ [mm ³]
[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	$I_{z,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$W_{z,p,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f1,eff}$ [mm ³]
152640,0	-600,0	600,0	-1290,0	1290,0	159725088000,0	123817897,7	49086668,8	45900000,0
					29452001280,0	123817897,7	49086668,8	45900000,0

Vplyv klopenia

Kedže sa jedná o komorový uzatvorený prierez - veľká torzná tuhosť - s klopením neuvažujeme ► $\chi_{LT} = 1,0$

Vplyv vzperu

Kedže je prierez namáhaný ťahovou silou - so vzperom neuvažujeme ► $\chi = 1,0$

4.8.1.3 Posúdenie trámu hlavného nosníka v mieste I – max +My

Po vyhodnotení vnútorných síl a kombinácii boli získané výsledné návrhové sily. Posúdenie je vykonané pre max. kladné momenty (**max +My**) v priereze a k nim prislúchajúce ostatné vnútorné sily a tiež pre max. záporné momenty (**max -My**) v priereze. Sily od premenného zaťaženia dopravou sú od postavenia zaťaženia podľa vplyvových čiar vyšetrovaných veličín pre miesto I.

a) Vnútrotné sily

Vnútrotné sily sú z výpočtového modelu získane bez súčiniteľov. Tie sú zahrnuté aj v rámci dynamického súčiniteľa v tabuľke vnútorných síl. Hodnoty výsledných návrhových vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Trám hlavného nosníka

Max. kladné momenty + prisluchajúce sily

trám pri koľ.č.2 v mieste I (stred rozpätia)

Zaťažovací stav			z výpočt. modelu			súčinitele			návrhové hodnoty			charakter. hodnoty			
			My	Mz	N		γ _F	γ _S	α	Myd	Mzd	Nd	Myk	Mzk	Nk
			[kNm]	[kNm]	[kN]	koef.	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)		1140,71	-44,17	1200,14	1	1,35	-	-	1539,96	-59,63	1620,19	1140,71	-44,17	1200,14
	doplňok k tiaži (zábradlie)		20,38	1,00	27,74	1	1,35	-	-	27,51	1,35	37,45	20,38	1,00	27,74
	tiaž izolácie		58,61	-5,18	60,75	1,20	1,35	-	-	94,95	-8,39	98,42	70,33	-6,22	72,90
	tiaž štrkového lôžka		1588,53	-140,46	1655,27	1,30	1,35	-	-	2787,87	-246,51	2905,00	2065,09	-182,60	2151,85
	tiaž železničný zvršok		101,57	-8,72	107,71	1	1,35	-	-	137,12	-11,77	145,41	101,57	-8,72	107,71
	účinkon trakčných závesov		-4,56	-0,41	3,63	1	1,00	-	-	-4,56	-0,41	3,63	-4,56	-0,41	3,63
	účinkon nerovnomerného sadnutia opôr		1,17	0,11	2,19	1	1,35	-	-	1,58	0,15	2,96	1,17	0,11	2,19
suma G _{sup} + G _{inf}			2906,41	-197,83	3057,43				4584,43	-325,21	4813,05	3394,69	-241,00	3566,16	
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)		1550,35	-32,05	225,86	1	1,40	1,15	1,21	3020,24	-62,44	440,00	2157,31	-44,60	314,28
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)		3769,70	23,71	898,83	1	1,40	1,15	1,21	7343,75	46,19	1751,01	5245,54	32,99	1250,72
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé		1987,43	-55,01	304,26	1	1,20	1,15	1,00	2742,65	-75,91	419,88	2285,54	-63,26	349,90
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé		4835,17	6,97	1283,30	1	1,20	1,15	1,00	6672,53	9,62	1770,95	5560,45	8,02	1475,80
	rozjazdové sily - koľ.1 (+)(-)		45,19	-4,33	109,35	1	1,40	-	1,21	76,55	-7,34	185,24	54,68	-5,24	132,31
	rozjazdové sily - koľ.2 (+)(-)		93,60	0,48	365,47	1	1,40	-	1,21	158,56	0,81	619,11	113,26	0,58	442,22
	brzdne sily - koľ.1 (+)(-)		72,23	-0,52	127,63	1	1,40	-	1,21	122,36	-0,88	216,21	87,40	-0,63	154,43
	brzdne sily - koľ.2 (+)(-)		-35,77	3,00	-111,09	0	0,00	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)		43,87	19,82	137,40	1	1,40	-	1,21	74,32	33,58	232,76	53,08	23,98	166,25
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (P)		51,96	18,94	138,65	1	1,40	-	1,21	88,02	32,08	234,87	62,87	22,92	167,77
Q _{vmax} - max.zvislé (len priťažujúce účinky)			6385,52	-25,08	1509,16				10363,99	-16,25	2191,01	7717,76	-36,58	1790,08	
Q _{lmax} - max.pozdĺžne (len priťažujúce účinky)			165,83	-0,04	493,10				280,92	-0,07	835,31	200,65	-0,05	596,65	
Q _{smax} - max.priečne (len priťažujúce účinky)			95,83	38,76	276,05				162,34	65,66	467,63	115,95	46,90	334,02	
W	viator zľava na konštrukciu		327,70	92,02	699,98	1	1,50		-	491,55	138,03	1049,97	327,70	92,02	699,98
	viator zprava na konštrukciu		-124,21	-95,71	-450,71	0	0,00		-	0,00	0,00	0,00	0,00	-95,71	0,00
	viator zľava na vlak		108,08	40,70	249,20	1	1,50		-	162,12	61,05	373,80	108,08	40,70	249,20
	suma W _{max} (len priťažujúce účinky)			435,78	132,72	949,18				653,67	199,08	1423,77	435,78	132,72	949,18

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	My _E	Mz _E	N _E		My _{Ed}	Mz _{Ed}	N _{Ed}	My _{EK}	Mz _{EK}	N _{EK}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]
C01: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	9832,51	-104,03	5909,60		15800,75	-159,39	9141,01	11697,91	-154,64	6831,79
C02: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	9797,51	-84,63	5801,08		15741,46	-126,52	8957,17	11655,56	-131,17	6700,47
C03: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S$	9505,68	-203,57	5197,72		15310,50	-308,70	8073,18	11371,08	-254,18	6119,90
C04: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S$	9470,68	-184,17	5089,19		15251,21	-275,83	7889,34	11328,73	-230,71	5988,59
C05: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S$	9422,76	-203,55	4951,17		15170,04	-308,66	7655,53	11270,75	-254,16	5821,58
C06: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{Vmax}$	9291,93	-222,91	4566,59		14948,42	-341,46	7004,06	11112,45	-277,59	5356,24
C07: $G_{sup} + G_{inf} + W_{max}$	3342,19	-65,11	4006,61		5238,10	-126,13	6236,82	3830,47	-108,28	4515,34
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	9832,51	-65,11	5909,60		15800,75	-159,39	9141,01	11697,91	-108,28	6831,79
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	9831,34	-65,22	5907,41		15799,18	-159,54	9138,05	11696,74	-108,39	6829,60

Nx, osová sila	N _{Ed} = 9141,01 kN
My, maximálny kladný ohybový moment	My _{Ed} = 15800,75 kNm
Mz, prisluchajúci rozhodujúcej kombinácii pre max.+My, N	Mz _{Ed} = -159,39 kNm
Mx	Mx _{Ed} = 397,77 kNm
Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre max. +My, N	Vz _{Ed} = -446,08 kN
Vy	Vy _{Ed} = -21,89 kN

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Štíhlosť steny:

$$h_w/t_w = 2520/16 = 157,5$$

$$> (31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_{\tau}})/\eta = 31 \cdot 0,814 \cdot \sqrt{11,69/1,2} = 71,917$$

zohľadniť vyváženie šmykom

$$a/h_w \geq 1: k_{\tau} = 5,34 + 4,00 \cdot (h_w/a)^2 + k_{\tau sl} =$$

$$h_w = 2520 \text{ mm}$$

výška steny

$$a/h_w < 1: k_{\tau} = 4,00 + 5,34 \cdot (h_w/a)^2 + k_{\tau sl} = 11,69$$

$$t_w = 16 \text{ mm}$$

hrúbka plechu steny

$$\text{Súčiniteľ vyváženia šmykom: } \gamma_w = h_w / (86,4 \cdot t_w \cdot \varepsilon) = 2520 / (86,4 \cdot 16 \cdot 0,814) = 2,24$$

$$a = 2100 \text{ mm}$$

vzdialenosť výstuh

$$\gamma_w = 0,466$$

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -446,08 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$A_{w,net} = 80640,0 \text{ mm}^2$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\chi_w = 0,466 \text{ (podľa STN EN 1993-1-5, kap.5)}$$

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{\chi_w \cdot A_{w,net} \cdot f_{y,d}} \leq 1,0$$

$$\eta_3 = \frac{446,08 \cdot \sqrt{3}}{0,466 \cdot 80640 \cdot 355} = \mathbf{0,058}$$

$$< 0,5$$

vplyv šmyku možno zanedbať!

$$< 1,0$$

vyhovuje**Overenie odolnosti od normálových napätí****posúdenie v mieste I (stred rozpätia hlavného nosníka)**

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$N_{z,Ed} = 9141,01 \text{ kN}$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355,0 \text{ Mpa}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$M_{y,Ed} = 15800,75 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -159,39 \text{ kNm}$$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{y,d}} = \frac{N_{z,Ed}}{A_{eff} \cdot f_{y,d}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{y,d}} +$$

$$\eta_{1h} = \frac{9141,01}{152,64 \cdot 355} - \frac{15800,75}{123,818 \cdot 355} + \frac{-159,39}{49,087 \cdot 355}$$

$$\eta_{1d} = \frac{9141,01}{152,64 \cdot 355} + \frac{15800,75}{123,818 \cdot 355} - \frac{-159,39}{49,087 \cdot 355}$$

$$\eta_{1h} = 0,169 - 0,359 + -0,009 =$$

$$\mathbf{-0,199} < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \mathbf{vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = 0,169 + 0,359 - -0,009 =$$

$$\mathbf{0,537} < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \mathbf{vyhovuje}$$

Overenie odolnosti rovinného namáhania steny**posúdenie v mieste I (stred rozpätia hlavného nosníka)**

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_{1,w,d} = 0,512$$

$$\eta_{1,w,h} = -0,190$$

$$\eta_{2,w} = 0,000$$

$$\eta_{3,w} = 0,058$$

$$(\eta_{1,w})^2 + (\eta_{2,w})^2 - (\eta_{1,w}) \cdot (\eta_{2,w}) + 3 \cdot (\eta_{3,w})^2 \leq 1,0$$

Dolné vlákna:

$$(0,512) \cdot (0,512) + (0) \cdot (0) - (0,512) \cdot (0) + 3 \cdot (0,058) \cdot (0,058) < 1,0$$

$$\mathbf{0,272} < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \mathbf{vyhovuje}$$

Horné vlákna:

$$(-0,19) \cdot (-0,19) + (0) \cdot (0) - (-0,19) \cdot (0) + 3 \cdot (0,058) \cdot (0,058) < 1,0$$

$$\mathbf{0,046} < 1,0 \quad \blacktriangleright \quad \mathbf{vyhovuje}$$

Napätia [Mpa] v mieste z=2550mm od spodu nosníka a v mieste y=84mm od ľavého okraja nosníka									
	horné vlákna			dolné vlákna		miesto posúdenia	napätie "N"	napätie "My"	napätie "Mz"
	$\sigma_{h,L}$	$\sigma_{h,P}$		$\sigma_{d,L}$	$\sigma_{d,P}$				
σ	-70,97	-64,48		184,25	190,75	-67,55	$\sigma_{[z,y].N}$	$\sigma_{[z].My}$	$\sigma_{[y].Mz}$
η	0,200	0,182		0,519	0,537	0,190	0,169	0,351	0,008

Napätia [Mpa] v mieste z=30mm od spodu nosníka a v mieste y=84mm od ľavého okraja nosníka									
	horné vlákna			dolné vlákna		miesto posúdenia	napätie "N"	napätie "My"	napätie "Mz"
	$\sigma_{h,L}$	$\sigma_{h,P}$		$\sigma_{d,L}$	$\sigma_{d,P}$				
σ	-70,97	-64,48		184,25	190,75	181,74	59,89	124,65	-2,79
η	0,200	0,182		0,519	0,537	0,512	0,169	0,351	0,008

Hlavný nosník pre posúdenie v mieste I - max.(+)My..... **vyhovuje.**

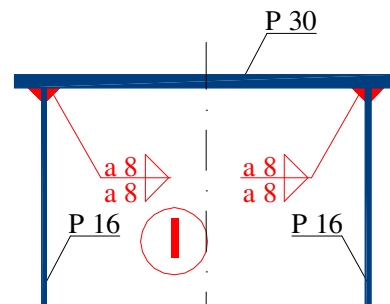
d) Posúdenie krčných zvarov**I - Spoj stien a hornej pásnice:**

Pripojenie stien trámu a plechu hornej pásnice je riešené pomocou obojstranných kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max}=30\text{mm}$, $a_{\min}=6\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=8\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	8,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}}=$	4,590E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	1,567E+11 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	-446,08 kN
	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	0,00 Mpa

**Výpočet:**

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{\parallel} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_{y,\text{eff}}}{I_{y,\text{eff}} \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{446,08 \cdot 45900}{156725,09 \cdot 4 \cdot 8} = 4,08 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 4,08^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$7,07 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

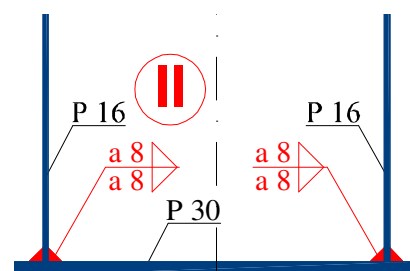
II - Spoj stien a dolnej pásnice:

Pripojenie stien trámu a plechu dolnej pásnice je riešené pomocou obojstranných kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max}=30\text{mm}$, $a_{\min}=6\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=8\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	8,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}}=$	4,590E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	1,567E+11 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	-446,08 kN
	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	0,00 Mpa

**Výpočet:**

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{\parallel} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_{y,\text{eff}}}{I_{y,\text{eff}} \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{446,08 \cdot 45900}{156725,09 \cdot 4 \cdot 8} = 4,08 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 4,08^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$7,07 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}$$

4.8.1.4 Posúdenie trámu hlavného nosníka v mieste I – max -My**a) Vnútné sily**

Vnútné sily sú z výpočtového modelu získane bez súčiniteľov. Tie sú zahrnuté aj v rámci dynamického súčiniteľa v tabuľke vnútorných síl. Hodnoty výsledných návrhových vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Trám hlavného nosníka

Max. záporné momenty + prísľuchajúce sily
trám pri koľ.č.2 v mieste I (stred rozpätia)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu			súčinitele			návrhové hodnoty			charakter. hodnoty				
		My	Mz	N		γ_F	Φ_b	α	Myd	Mzd	Nd	Myk	Mzk	Nk	
		[kNm]	[kNm]	[kN]	koef.	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	1140,71	-44,17	1200,14	1	1,00	-	-	1140,71	-44,17	1200,14	1140,71	-44,17	1200,14	
	doplňok k tiaži (zábradlie)	20,38	1,00	27,74	1	1,00	-	-	20,38	1,00	27,74	20,38	1,00	27,74	
	tiaž izolácie	58,61	-5,18	60,75	0,80	1,00	-	-	46,89	-4,14	48,60	46,89	-4,14	48,60	
	tiaž štrkového lôžka	1588,53	-140,46	1655,27	0,70	1,00	-	-	1111,97	-98,32	1158,69	1111,97	-98,32	1158,69	
	tiaž železničný zvršok	101,57	-8,72	107,71	1	1,00	-	-	101,57	-8,72	107,71	101,57	-8,72	107,71	
	účinkov trakčných závesov	-4,56	-0,41	3,63	1	1,35	-	-	-6,16	-0,55	4,90	-4,56	-0,41	3,63	
	účinkov nerovnomerného sadnutia opôr	1,17	0,11	2,19	1	1,00	-	-	1,17	0,11	2,19	1,17	0,11	2,19	
suma G _{sup} + G _{inf}		2906,41	-197,83	3057,43					2416,53	-154,80	2549,97	2418,13	-154,66	2548,70	
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	-624,11	-65,38	237,17	1	1,40	1,15	1,21	-1215,83	-127,37	462,03	-868,45	-90,98	330,02	
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	-1738,86	-57,32	758,43	1	1,40	1,15	1,21	-3387,47	-111,67	1477,50	-2419,62	-79,76	1055,36	
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	-689,87	-73,55	302,42	1	1,20	1,15	1,00	-952,02	-101,50	417,34	-793,35	-84,58	347,78	
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	-1943,64	-61,05	1110,67	1	1,20	1,15	1,00	-2682,22	-84,25	1532,72	-2235,19	-70,21	1277,27	
	rozjazdové sily- koľ.1 (+)(-)	-44,88	4,24	-108,32	1	1,40	-	1,21	-76,03	7,18	-183,49	-54,30	5,13	-131,07	
	rozjazdové sily- koľ.2 (+)(-)	52,93	6,23	52,59	0	0,00	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	brzdové sily - koľ.1 (+)(-)	20,98	-1,83	44,55	0	0,00	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	brzdové sily - koľ.2 (+)(-)	-146,30	-9,26	-334,19	1	1,40	-	1,21	-247,83	-15,69	-566,12	-177,02	-11,20	-404,37	
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	-43,87	-19,82	-137,40	1	1,40	-	1,21	-74,32	-33,58	-232,76	-53,08	-23,98	-166,25	
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (P)	-51,96	-18,94	-138,65	1	1,40	-	1,21	-88,02	-32,08	-234,87	-62,87	-22,92	-167,77	
	Q _{vmax} - max.zvislé (len pritažujúce účinky)		-2567,75	-126,43	1347,84					-4603,30	-239,03	1939,53	-3288,07	-170,74	1385,38
	Q _{lmax} - max.pozdĺžne (len pritažujúce účinky)		-191,18	-5,02	-442,51					-323,86	-8,50	-749,61	-231,33	-6,07	-535,44
Q _{smax} - max.priečne (len pritažujúce účinky)		-95,83	-38,76	-276,05					-162,34	-65,66	-467,63	-115,95	-46,90	-334,02	
W	viator zľava na konštrukciu	327,70	92,02	699,98	0	0,00		-	0,00	0,00	0,00	0,00	92,02	0,00	
	viator zprava na konštrukciu	-124,21	-95,71	-450,71	1	1,50		-	-186,32	-143,57	-676,07	-124,21	-95,71	-450,71	
	viator zľava na vlak	108,08	40,70	249,20	0	0,00		-	0,00	0,00	0,00	0,00	40,70	0,00	
	suma W _{max} (len pritažujúce účinky)	-124,21	-95,71	-450,71					-186,32	-143,57	-676,07	-124,21	-95,71	-450,71	

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	My _E	Mz _E	N _E		My _{Ed}	Mz _{Ed}	N _{Ed}	My _{Ek}	Mz _{Ek}	N _{Ek}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]
C01: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+Q_{la/lb}+0,5 \cdot Q_S+\psi_0 \cdot W_{max}$	6,41	-420,44	3486,70		-2731,53	-542,84	2999,02	-1252,41	-426,70	2893,60
C02: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+0,5 \cdot Q_{la/lb}+Q_S+\psi_0 \cdot W_{max}$	54,08	-437,31	3569,93		-2650,77	-571,42	3140,01	-1194,72	-447,11	2994,30
C03: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+Q_{la/lb}+0,5 \cdot Q_S$	99,57	-348,66	3824,74		-2591,80	-435,16	3506,07	-1159,25	-354,92	3231,63
C04: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+0,5 \cdot Q_{la/lb}+Q_S$	147,24	-365,53	3907,97		-2511,03	-463,74	3647,06	-1101,56	-375,33	3332,34
C05: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}+0,5 \cdot Q_{la/lb}+0,5 \cdot Q_S$	195,16	-346,15	4045,99		-2429,87	-430,91	3880,88	-1043,58	-351,88	3499,35
C06: $G_{sup}+G_{inf}+Q_{Vmax}$	338,66	-324,26	4405,27		-2186,77	-393,83	4489,50	-869,94	-325,39	3934,08
C07: $G_{sup}+G_{inf}+W_{max}$	2782,20	-293,54	2606,72		2230,22	-298,36	1873,90	2293,92	-250,37	2097,99
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	6,41	-437,31	3486,70		-2731,53	-542,84	2999,02	-1252,41	-447,11	2893,60
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	5,24	-437,42	3484,51		-2732,70	-542,95	2996,83	-1253,58	-447,22	2891,41

Nx, osová sila	N _{Ed} = 2996,83 kN
My, maximálny záporný ohybový moment	My _{Ed} = -2732,70 kNm
Mz, prísľuchajúci rozhodujúcej kombinácii pre max. -My, N	Mz _{Ed} = -542,95 kNm
Mx	Mx _{Ed} = -290,74 kNm
Vz, prísľuchajúca rozhodujúcej kombinácii pre max.-My, N	Vz _{Ed} = -524,04 kN
Vy	Vy _{Ed} = -12,45 kN

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Štíhlosť steny:

 $hw/tw = 2520/16 = 157,5$ > $(31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_{\sigma}}) / \eta = 31 \cdot 0,814 \cdot \sqrt{11,69/1,2} = 71,917$

zohľadniť vydúvanie šmykom

 $a/hw \geq 1$: $\rightarrow k_T = 5,34 + 4,00 \cdot (h_w/a)^2 + k_{tsl} =$ $h_w = 2520$ mm výška steny $a/hw < 1$: $\rightarrow k_T = 4,00 + 5,34 \cdot (h_w/a)^2 + k_{tsl} = 11,69$ $t_w = 16$ mm hrúbka plechu stenySúčiniteľ vydúvania šmykom: $\gamma_{wv} = h_w / (86,4 \cdot t_w \cdot \varepsilon) = 2520 / 86,4 \cdot 16 \cdot 0,814 = 2,24$ $\rightarrow \chi_w = 0,466$ $a = 2100$ mm vzdialenosť výstuh

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -524,04 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$A_{w,net} = 80640,0 \text{ mm}^2$$

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{\chi_w \cdot A_{w,net} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\chi_w = 0,466 \text{ (podľa STN EN 1993-1-5, kap.5)}$$

$$\eta_3 = \frac{524,04 \cdot \sqrt{3}}{0,466 \cdot 80640 \cdot 355} = 0,068$$

$$< 0,5$$

vplyv šmyku možno zanedbať!

$$< 1,0$$

vyhovuje

Overenie odolnosti od normálových napätí

posúdenie v mieste I (stred rozpätia hlavného nosníka)

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$N_{Ed} = 2996,83 \text{ kN}$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355,0 \text{ Mpa}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$M_{y,Ed} = -2732,10 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -542,95 \text{ kNm}$$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{y,d}} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_{y,d}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{y,d}} +$$

$$\eta_{1h} = \frac{2996,83}{152,64 \cdot 355} - \frac{-2732,10}{123,818 \cdot 355} - \frac{-542,95}{49,087 \cdot 355}$$

$$\eta_{1d} = \frac{2996,83}{152,64 \cdot 355} + \frac{-2732,10}{123,818 \cdot 355} + \frac{-542,95}{49,087 \cdot 355}$$

$$\eta_{1h} = 0,055 - 0,062 - 0,031 =$$

$$0,148 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = 0,055 + 0,062 + 0,031 =$$

$$-0,038 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Overenie odolnosti rovinného namáhania steny

posúdenie v mieste I (stred rozpätia hlavného nosníka)

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_{1,w,d} = 0,143$$

$$\eta_{1,w,h} = 0,021$$

$$\eta_{2,w} = 0,000$$

$$\eta_{3,w} = 0,058$$

$$(\eta_{1,w})^2 + (\eta_{2,w})^2 - (\eta_{1,w}) \cdot (\eta_{2,w}) + 3 \cdot (\eta_{3,w})^2 \leq 1,0$$

Dolné vlákna:

$$(0,143) \cdot (0,143) + (0,021) \cdot (0,021) - (0,143) \cdot (0,021) + 3 \cdot (0,058)^2 < 1,0$$

$$0,031 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Horné vlákna:

$$(0,021) \cdot (0,021) + (0,021) \cdot (0,021) - (0,021) \cdot (0,021) + 3 \cdot (0,058)^2 < 1,0$$

$$0,011 < 1,0 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Napätia [Mpa] v mieste z=30mm od spodu nosníka a v mieste y=1116mm od ľavého okraja nosníka								
	horné vlákna		dolné vlákna		miesto posúdenia	napätie "N"	napätie "My"	napätie "Mz"
	$\sigma_{h,L}$	$\sigma_{h,P}$	$\sigma_{d,L}$	$\sigma_{d,P}$				
σ	30,64	52,76	-13,49	8,63	7,59	19,63	-21,55	9,51
η	0,086	0,149	0,038	0,024	0,021	0,055	0,061	0,027

Napätia [Mpa] v mieste z=2550mm od spodu nosníka a v mieste y=1116mm od ľavého okraja nosníka								
	horné vlákna		dolné vlákna		miesto posúdenia	napätie "N"	napätie "My"	napätie "Mz"
	$\sigma_{h,L}$	$\sigma_{h,P}$	$\sigma_{d,L}$	$\sigma_{d,P}$				
σ	30,64	52,76	-13,49	8,63	50,70	19,63	21,55	9,51
η	0,086	0,149	0,038	0,024	0,143	0,055	0,061	0,027

Hlavný nosník pre posúdenie v mieste I - max.(-)My **vyhovuje.****d) Posúdenie krčných zvarov**

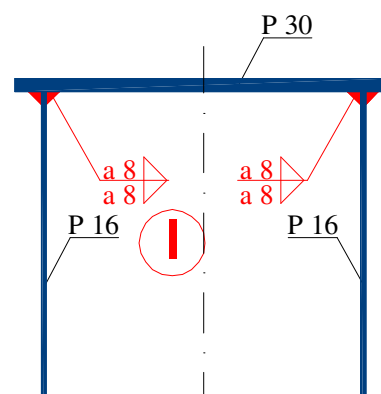
I - Spoj stien a hornej pásnice:

Pripojenie stien trámu a plechu hornej pásnice je riešené pomocou obojstranných kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{max.}=30\text{mm}$, $a_{wmin}=6\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru $a_w=8\text{mm}$.

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	8,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}}=$	4,590E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	1,567E+11 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	-524,04 kN
	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	0,00 Mpa



Výpočet:

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_{y,\text{eff}}}{I_{y,\text{eff}} \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{524,04 \cdot 45900}{156725,09 \cdot 4 \cdot 8} = 4,80 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 4,8^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$8,31 < 453,3 \text{ Mpa vyhovuje}$$

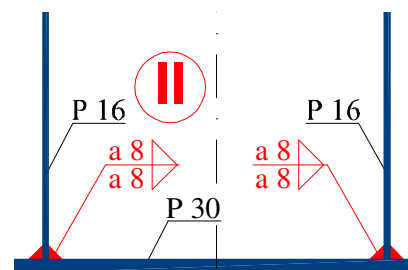
II - Spoj stien a dolnej pásnice:

Pripojenie stien trámu a plechu dolnej pásnice je riešené pomocou obojstranných kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\text{max}}=30\text{mm}$, $a_{w\text{min}}=6\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru $a_w=8\text{mm}$.

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	8,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}}=$	4,590E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	1,567E+11 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	-524,04 kN
	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	0,00 Mpa



Výpočet:

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_{y,\text{eff}}}{I_{y,\text{eff}} \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{524,04 \cdot 45900}{156725,09 \cdot 4 \cdot 8} = 4,80 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

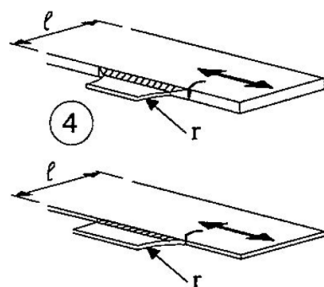
$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 4,8^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$8,31 < 453,3 \text{ Mpa vyhovuje}$$

4.8.1.5 Overenie únavovej odolnosti

Posúdenie únavovej odolnosti trámu sa vykoná na základe maximálnych rozkmitov napätí $\Delta\sigma$ od dopravy reprezentovanej modelom LM71 (bez súčiniteľov). Dynamické účinky sú zohľadnené dynamickým súčiniteľom (ϕ_2). Dynamické súčinitele sú uvedené v kap. 4.4.2.4. Maximálne rozkmity normálových napätí pre riešenie kategóriu detailu vrátane dynamickým súčiniteľov sú uvedené v priložených tabuľkách.

Detail I**Prípoj priečnika na spodnú pásnicu hlavného nosníka**

/kategória detailu - 71, tab.8.4 STN EN 1993-1-9/

hladký polomer prechodu r

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste z=0mm od spodu nosníka a v mieste y=0mm od ľavého okraja nosníka													
	horné vlákna			dolné vlákna		miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"		napätie "Mz"	
	$\sigma_{h,E,LM71}$	$\sigma_{h,P,LM71}$		$\sigma_{d,E,LM71}$	$\sigma_{d,P,LM71}$	$\sigma_{(z,y),Q,LM71}$		$\sigma_{(z,y),N}$	$\sigma_{(z),My}$	$\sigma_{(y),Mz}$			
max.	33,31	36,05	min.	-21,28	-18,55	min.	-21,28	3,83		-21,63		0,76	
min.	-46,78	-44,04	max.	58,81	61,54	max.	58,81	10,93		47,12		-3,49	
						$\Delta\sigma_{(z,y)}^{\phi_2} =$	80,09	$\Delta\sigma_{(z,y),N}^{\phi_2}$	7,10	$\Delta\sigma_{(z),My}^{\phi_2}$	68,75	$\Delta\sigma_{(y),Mz}^{\phi_2}$	4,25

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$\gamma_{Ff} = 1,00$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$\gamma_{Mf} = 1,15$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$\Delta\sigma_p^{\phi_2} = 80,09 \text{ Mpa}$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$\lambda_{1,\sigma} = 0,64 \quad L/2=37,8\text{m} + \text{štandardný vlak (EC Mix)}$

$\lambda_2 = 1,00 \quad \text{objem dopravy } 25 \cdot 10^6 \text{ t / koľaj / ročne}$

$\lambda_3 = 1,00 \quad \text{životnosť mosta uvažujem 100 rokov}$

$\lambda_{4,\sigma} = 0,78 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste } [\Delta\sigma_1/(\Delta\sigma_{1+2})=0,71]$

$\lambda_{\sigma} = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\sigma} = 0,64 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 0,78 = 0,50 < 1,4$

$\lambda_{\sigma} = 0,50$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi_2} \cdot \lambda_{\sigma} = 80,09 \cdot 0,50$

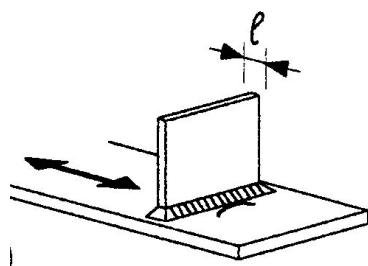
$\Delta\sigma_{E2} = 40,05 \text{ Mpa}$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$\Delta\sigma_c = 71,00 \text{ Mpa}$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 40,05 \leq 71,0 / 1,15 \quad 40,05 \text{ Mpa} \leq 61,74 \text{ Mpa} \quad \text{..... vyhovuje}$$

Detail II**Prípoj styčnickového plechu zvislice na hornú pásnicu hlavného nosníka**

/kategória detailu - 71, tab.8.4 STN EN 1993-1-9/

Kde: $50 < l \leq 80 \text{ mm}$

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste z=2580mm od spodu nosníka a v mieste y=150mm od ľavého okraja nosníka													
	horné vlákna			dolné vlákna		miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"	napätie "Mz"		
	$\sigma_{h,E,LM71}$	$\sigma_{h,P,LM71}$		$\sigma_{d,E,LM71}$	$\sigma_{d,P,LM71}$	$\sigma_{(zy),Q,LM71}$		$\sigma_{(zy),N}$	$\sigma_{(z),My}$	$\sigma_{(y),Mz}$			
max.	33,31	36,05	min.	-21,28	-18,55	min.	-45,91	3,83		21,63	0,57		
min.	-46,78	-44,04	max.	58,81	61,54	max.	33,12	10,93		-47,12	-2,62		
						$\Delta\sigma_{(z,v)}^{\phi^2} =$	79,03	$\Delta\sigma_{(z,v),N}^{\phi^2}$	7,10	$\Delta\sigma_{(z),My}^{\phi^2}$	68,75	$\Delta\sigma_{(y),Mz}^{\phi^2}$	3,19

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$\gamma_{Ff} = 1,00$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$\gamma_{Mf} = 1,15$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 79,03 \text{ Mpa}$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$\lambda_{\sigma} = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_{2,\sigma} \cdot \lambda_{3,\sigma} \cdot \lambda_{4,\sigma} = 0,64 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,78 = 0,50 < 1,4$

$\lambda_{\sigma} = 0,50$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_{\sigma} = 79,03 \cdot 0,50$

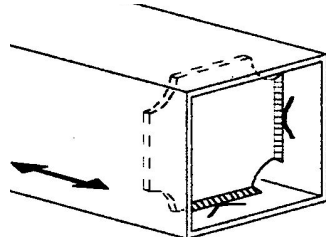
$\Delta\sigma_{E2} = 39,52 \text{ Mpa}$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

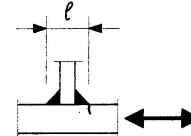
$\Delta\sigma_c = 71,00 \text{ Mpa}$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 39,52 \leq 71,0 / 1,15 \quad 39,52 \text{ Mpa} \leq 61,74 \text{ Mpa} \quad \dots \text{vyhovuje}$

Detail III**Prípoj plechu diafragmy na dolnú pásnicu hlavného nosníka**

/kategória detailu - 71, tab.8.4 STN EN 1993-1-9/

Kde: $50 < l \leq 80 \text{ mm}$ 

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste z=30mm od spodu nosníka a v mieste y=130mm od ľavého okraja nosníka																	
	horné vlákna			dolné vlákna		miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"		napätie "Mz"					
	$\sigma_{h,E,LM71}$	$\sigma_{h,P,LM71}$		$\sigma_{d,E,LM71}$	$\sigma_{d,P,LM71}$	$\sigma_{(zy),Q,LM71}$		$\sigma_{(zy),N}$		$\sigma_{(z),My}$		$\sigma_{(y),Mz}$					
max.	33,31	36,05	min.	-21,28	-18,55	min.	-20,03	3,83		-21,12		0,59					
min.	-46,78	-44,04	max.	58,81	61,54	max.	57,55	10,93		46,03		-2,74					
						$\Delta\sigma_{(z,y)}^{\phi^2} =$		77,57	$\Delta\sigma_{(zy),N}^{\phi^2}$		7,10	$\Delta\sigma_{(z),My}^{\phi^2}$		67,15	$\Delta\sigma_{(y),Mz}^{\phi^2}$		3,33

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$\gamma_{Ff} = 1,00$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$\gamma_{Mf} = 1,15$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 77,57 \text{ Mpa}$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$\lambda_{\sigma} = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_{2,\sigma} \cdot \lambda_{3,\sigma} \cdot \lambda_{4,\sigma} = 0,64 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,78 = 0,50 < 1,4$

$\lambda_{\sigma} = 0,50$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_{\sigma} = 77,57 \cdot 0,50$

$\Delta\sigma_{E2} = 38,79 \text{ Mpa}$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$\Delta\sigma_c = 71,00 \text{ Mpa}$

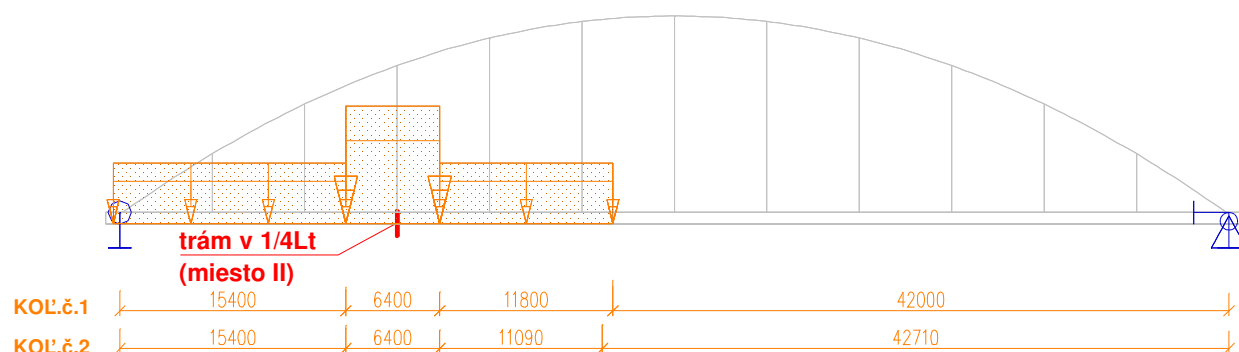
Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 38,79 \leq 71,0 / 1,15 \quad 38,79 \text{ Mpa} \leq 61,74 \text{ Mpa} \quad \dots \text{vyhovuje}$

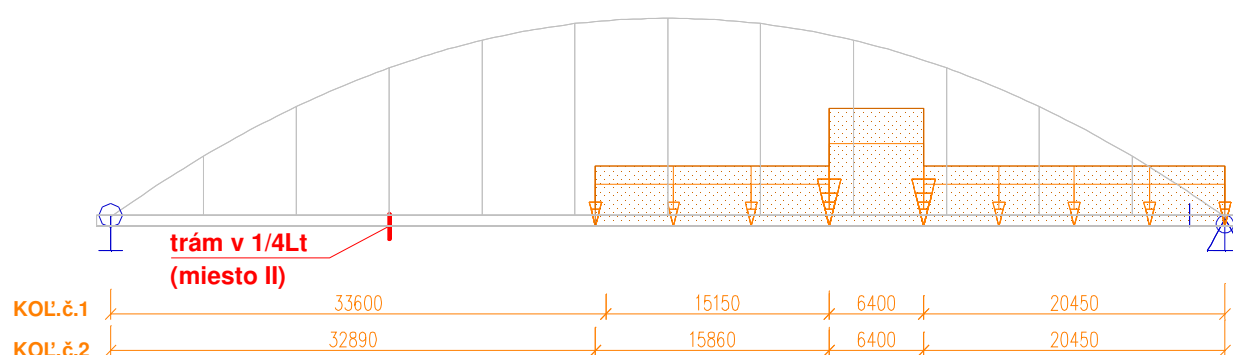
4.8.2 Posúdenie prierezu trámu v poli – v mieste II

Rozhodujúca schéma zaťaženia LM71+LM71 v najnepriaznivejších polohách – poloha zaťaženia reprezentujúca lokomotívu, resp. vagóny je pre max. kladné a max. záporne hodnoty momentov podľa nasledujúcich obr.. V priečnom smere sa uvažuje možná poloha koľaje

s posunom +100mm pre koľaj č.1 k hlavnému nosníku a +100mm pre koľaj č.2 taktiež k tomu istému nosníku. Takéto rozloženie zaťaženia najviac priťažuje vybraný nosník.



Obr. Postavenie zaťaženia dopravou pre **max +My v 1/4 Lt**



Obr. Postavenie zaťaženia dopravou pre **max -My v 1/4 Lt**

4.8.2.1 Materiálové charakteristiky

	Oceľ	t [mm]	f_y [Mpa]	f_u [Mpa]	ϵ_m [-]
Pásnice	S355	40,0	355	510	0,814
Steny	S355	16,0	355	510	0,814

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

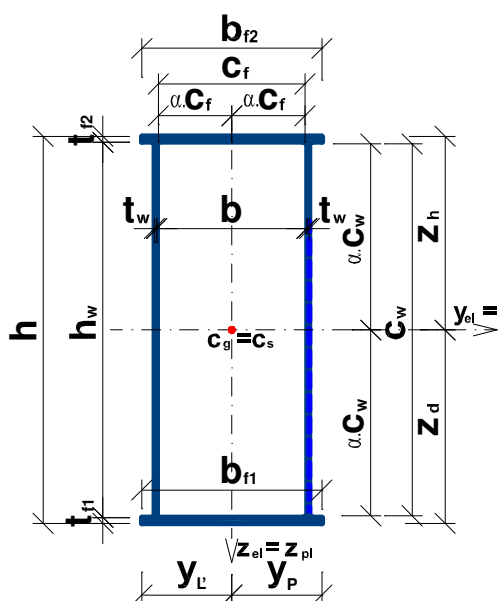
$$\gamma_{M1} = 1,00$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

4.8.2.2 Prierezové charakteristiky

a) Geometria plného prierezu

t_{f1}	=	40 mm
b_{f1}	=	1200 mm
t_{f2}	=	40 mm
b_{f2}	=	1200 mm
t_w	=	16 mm
h_w	=	2520 mm
b	=	1000 mm
a	=	2100 mm
h	=	2600 mm
a_w	=	8 mm
c_w	=	2497,4 mm
c_f	=	977,4 mm
$z_{h,el.}$	=	-1300,0 mm
$z_{d,el.}$	=	1300,0 mm
$z_{h,pl.}$	=	-1300,0 mm
$z_{d,pl.}$	=	1300,0 mm
$y_{L,el.}$	=	-600 mm
$y_{P,el.}$	=	600 mm



A_f	=	96000 mm ²
A_w	=	80640 mm ²
A	=	176640 mm ²
I_y	=	199973888000 mm ⁴
I_z	=	32332001280 mm ⁴
I_t	=	72977269920 mm ⁴
I_{ω}	=	2,30E+16 mm ⁶
$S_{y,f1}$	=	61440000,0 mm ³
$S_{y,f2}$	=	61440000,0 mm ³
$S_{z,w}$	=	20482560,0 mm ³
$W_{y,d,el.}$	=	153826067,7 mm ³
$W_{y,h,el.}$	=	153826067,7 mm ³
$W_{z,el.}$	=	53886668,8 mm ³
$W_{y,pl.}$	=	173683200,0 mm ³
$W_{z,pl.}$	=	69765120,0 mm ³

b) Zatriedenie prierezu**Horná pásnica**

tlačená časť prierezu (kladný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814$$

$$\beta_{f2} = c_{f2} / t_{f2} = 977,4/40 = 24,434 \quad \text{ak } \beta_{f2} < \begin{matrix} 33 \cdot \varepsilon_m = 33 \cdot 0,81 = 26,85 \\ 38 \cdot \varepsilon_m = 38 \cdot 0,81 = 30,92 \text{ ► trieda 1} \\ 42 \cdot \varepsilon_m = 42 \cdot 0,81 = 34,17 \end{matrix}$$

Dolná pásnica

tlačená časť prierezu (záporný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814$$

$$\beta_{f1} = c_{f1} / t_{f1} = 977,4/40 = 24,434 \quad \text{ak } \beta_{f1} < \begin{matrix} 33 \cdot \varepsilon_m = 33 \cdot 0,81 = 26,85 \\ 38 \cdot \varepsilon_m = 38 \cdot 0,81 = 30,92 \text{ ► trieda 1} \\ 42 \cdot \varepsilon_m = 42 \cdot 0,81 = 34,17 \end{matrix}$$

Steny

ťahaná a ohýbaná časť prierezu (kladný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814 \quad z_w = a_w \cdot \sqrt{2} = 11 \text{ mm}$$

$$\alpha = z_{h,pl} / c_w = 1300/2497 = 0,521$$

$$\psi = \frac{(z_{d,el} - t_{f1} - z_w)}{(z_{h,el} + t_{f2} + z_w)} = \frac{(1300 - 40 - 11)}{-1300 + 40 + 11} = -1,00$$

$$\beta_w = c_w / t_w = 2497/16 = 156,09 \quad \text{ak } \beta_w > \begin{matrix} 72 \cdot \varepsilon_m = 72 \cdot 0,81 = 58,58 \\ 83 \cdot \varepsilon_m = 83 \cdot 0,81 = 67,53 \text{ ► trieda 4} \\ 124 \cdot \varepsilon_m = 124 \cdot 0,81 = 100,89 \end{matrix}$$

Steny ťahaná a ohýbaná časť prierezu (záporný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814 \quad z_w = a_w \cdot \sqrt{2} = 11 \text{ mm}$$

$$\alpha = z_{d,pl} / c_w = 1300/2497 = 0,521$$

$$\psi = \frac{(z_{h,el} + t_d + z_w)}{(z_{d,el} - t_f - z_w)} = \frac{-1300+40+11}{(1300-40-11)} = -1,00$$

$$\beta_w = c_w / t_w = 2497/16 = 156,09 \quad \text{ak } \beta_w > 396 \cdot \varepsilon_m / (13 \cdot \alpha - 1) = 55,87$$

$$> 456 \cdot \varepsilon_m / (13 \cdot \alpha - 1) = 64,33 \quad \text{trieda 4}$$

$$> 42 \cdot \varepsilon_m / (0,67 + 0,33 \cdot \psi) = 100,51$$

Prierez trámu pre posúdenie v mieste II (v štvrtine rozpätia) **trieda 4****c) Vplyv ochabnutia šmykom**

$$b_0 = 508 \text{ mm} \quad b_0 < L_e/50$$

$$L_e = 37800 \text{ mm} \quad 508 < 756 \text{ [mm]}$$

miesto kladného momentu	pretože $b_0 < L_e/50$	ochabnutie šmyku môžeme zanedbať
-------------------------	------------------------	----------------------------------

MS únosnosti: $b_{eff} = \beta^k \cdot b_0$ Ms používateľnosti a únavy: $b_{eff} = \beta \cdot b_0$ *Účinná šírka plechu so zohľadnením ochabnutia šmykom*

Overenie v mieste:	L_2 [mm]	L_e [mm]	b_0 [mm]	$t_{min.}$ [mm]	α_0	κ	β_1	β_2	β	β^k	b_{eff} [mm]
kladného momentu	37800	37800	508	40	1,00	0,01344	1	1	1	1	508,0
											508,0
x=18,9m	37800	37800	508	40	1,00	0,01344	1	1	1	1	508,0
											508,0

* - efektívna šírka v MS používateľnosti a únavy

Prierezové charakteristiky v MS únosnosti

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$I_{z,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$S_{y,t2,eff}$ [mm ³]
						$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f1,eff}$ [mm ³]
kladného momentu	176640,0	-1300,0	1300,0	199973888000,0	32332001280,0	153826067,7	61440000,0
						153826067,7	61440000,0

Sy,eff - statický moment plochy efektívneho prierezu

Prierezové charakteristiky v MS používateľnosti a únavy

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$I_{z,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$S_{y,t2,eff}$ [mm ³]
						$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f1,eff}$ [mm ³]
kladného momentu	176640,0	-1300,0	1300,0	199973888000,0	32332001280,0	153826067,7	61440000,0
						153826067,7	61440000,0

d) Vplyv vydúvania štíhlych prvkov*Návrhové vnútorné sily v posudzovanom priereze:*

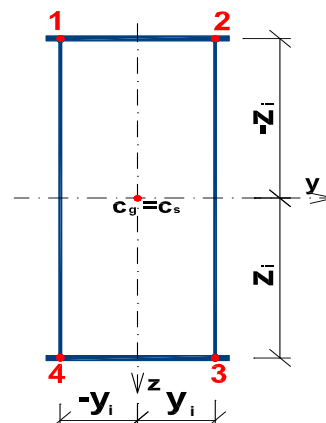
Kombinácia síl pre:	N_{ed} [kN]	M_{yed} [kNm]	M_{zed} [kNm]	M_{xed} [kNm]	V_{zed} [kN]	V_{yed} [kN]
max +My	10816,46	20002,42	1216,38	3276,87	-362,60	-364,99

Podľa kapitoly 4 STN EN 1993-1-5

Normálové napätie v rohoch strednice prierezu

(s vplyvom ochabnutia šmykom)

bod	z_i [mm]	y_i [mm]	σ_i [Mpa]
1	-1280,0	-508,0	-85,91
2	-1280,0	508,0	-47,69
3	1280,0	508,0	208,38
4	1280,0	-508,0	170,15

**Vplyv vydúvania štíhlych tlačných stien a pásnic:**

Stena	σ_1 [Mpa]	σ_2 [Mpa]	$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	k_σ	$\bar{\lambda}_p$	$\bar{\lambda}_{p,red.}$	ρ	Poznámka
1↔2	-85,91	-47,69	0,555	5,109	0,468	0,230	1,00	nevýdúva
4↔3	170,15	208,38	-	-	-	-	-	táhaná
1↔4	-85,91	170,15	-1,981	53,127	0,927	0,456	1,00	nevýdúva
2↔3	-47,69	208,38	-4,370	-	-	-	-	zväčša táhaná

Pozn.: σ_1 je vždy väčšie "tlakové" napätie v riešenej stene**Účinné šírky stien vplyvom vydúvania**

Stena	ρ	ψ	\bar{b} [mm]		b_t	b_c	b_{eff} [mm]	b_{e1} [mm]	b_{e2} [mm]	šírka neúčinných častí [mm]
			c_f	c_w						
1↔2	1,00	0,56	977,4		0,0	977,4	977,4	-	-	-
4↔3	-	-	977,4		977,4	0,0	-	-	-	-
1↔4	1,00	-1,98		2497,4	1659,5	837,9	837,9	-	-	-
2↔3	-	-4,37		2497,4	2032,3	465,1	-	-	-	-

Prierezové charakteristiky v MS únosnosti

A_{eff}	y_r	y_p	z_h	z_d	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{z,r,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f2,eff}$ [mm ³]
[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	$I_{z,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$W_{z,p,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f1,eff}$ [mm ³]
176640,0	-600,0	600,0	-1300,0	1300,0	199973888000,0	153826067,7	53886668,8	61440000,0
					32332001280,0	153826067,7	53886668,8	61440000,0

Prierezové charakteristiky v MS používateľnosti a únavy

A_{eff}	y_r	y_p	z_h	z_d	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{z,r,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f2,eff}$ [mm ³]
[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	$I_{z,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$W_{z,p,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f1,eff}$ [mm ³]
176640,0	-600,0	600,0	-1300,0	1300,0	199973888000,0	153826067,7	53886668,8	61440000,0
					32332001280,0	153826067,7	53886668,8	61440000,0

Vplyv klopeniaKedže sa jedná o komorový uzatvorený prierez - veľká torzná tuhosť - s klopením neuvažujeme ► $\chi_{LT} = 1,0$ **Vplyv vzperu**Kedže je prierez namáhaný ťahovou silou - so vzperom neuvažujeme ► $\chi = 1,0$ **4.8.2.3 Posúdenie trámu hlavného nosníka v mieste II – max +My**

Po vyhodnotení vnútorných síl a kombinácii boli získané výsledné návrhové sily. Posúdenie je vykonané pre max. kladné momenty (**max +My**) v priereze a k nim prislúchajúce ostatné vnútorné sily a tiež pre max. záporné momenty (**max -My**) v priereze. Sily od premenného zaťaženia dopravou sú od postavenia zaťaženia podľa vplyvových čiar vyšetrovaných veličín pre miesto II.

a) Vnútročné sily

Vnútročné sily sú z výpočtového modelu získane bez súčiniteľov. Tie sú zahrnuté aj v rámci dynamického súčiniteľa v tabuľke vnútorných síl. Hodnoty výsledných návrhových vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Trám hlavného nosníka

Max. kladné momenty + prisluchajúce sily

trám pri koľ.č.2 v mieste II (štvrtina rozpätia)

Zaťažovací stav			z výpočt. modelu			súčinitele			návrhové hodnoty			charakter. hodnoty				
			My	Mz	N		γ _F	φ _s	α	My _d	Mz _d	N _d	My _k	Mz _k	N _k	
			[kNm]	[kNm]	[kN]	koef.	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)		432,59	75,17	1557,44	1	1,35	-	-	584,00	101,48	2102,54	432,59	75,17	1557,44	
	doplňok k tiaži (zábradlie)		8,51	2,09	30,00	1	1,35	-	-	11,49	2,82	40,50	8,51	2,09	30,00	
	tiaž izolácie		24,17	3,14	86,94	1,20	1,35	-	-	39,16	5,09	140,84	29,00	3,77	104,33	
	tiaž štrkového lôžka		655,52	84,21	2362,42	1,30	1,35	-	-	1150,44	147,79	4146,05	852,18	109,47	3071,15	
	tiaž železničný zvršok		42,00	5,28	152,08	1	1,35	-	-	56,70	7,13	205,31	42,00	5,28	152,08	
	účinnok trakčných závesov		10,46	0,96	3,68	1	1,35	-	-	14,12	1,30	4,97	10,46	0,96	3,68	
	účinnok nerovnomerného sadnutia opôr		1,34	-3,01	-1,91	1	1,35	-	-	1,81	-4,06	-2,58	1,34	-3,01	-1,91	
	suma G _{sup} + G _{inf}		1174,59	167,84	4190,65					1857,71	261,54	6637,63	1376,08	193,73	4916,76	
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)		2800,33	52,86	316,85	1	1,40	1,15	1,21	5455,32	102,98	617,26	3896,66	73,55	440,90	
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)		6246,34	49,27	789,37	1	1,40	1,15	1,21	12168,49	95,98	1537,77	8691,78	68,56	1098,41	
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé		3613,34	60,19	358,49	1	1,20	1,15	1,00	4986,41	83,06	494,72	4155,34	69,22	412,26	
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé		8136,54	45,35	979,50	1	1,20	1,15	1,00	11228,43	62,58	1351,71	9357,02	52,15	1126,43	
	rozjazdové sily- koľ.1 (+)(-)		62,38	14,03	62,79	1	1,40	-	1,21	105,67	23,77	106,37	75,48	16,98	75,98	
	rozjazdové sily- koľ.2 (+)(-)		130,36	-7,21	162,95	1	1,40	-	1,21	220,83	-12,21	276,04	157,74	-8,72	197,17	
	brzdné sily - koľ.1 (+)(-)		42,34	9,27	44,02	1	1,40	-	1,21	71,72	15,70	74,57	51,23	11,22	53,26	
	brzdné sily - koľ.2 (+)(-)		-86,09	5,99	-114,45	0	0,00	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)		20,74	69,31	139,01	1	1,40	-	1,21	35,13	117,41	235,48	25,10	83,87	168,20	
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (P)		28,53	68,49	140,56	1	1,40	-	1,21	48,33	116,02	238,11	34,52	82,87	170,08	
		Ov _{max} - max.zvislé (len pritažujúce účinky)		10936,87	98,21	1296,35					17623,82	198,96	2155,03	13253,68	125,71	1567,32
	Ol _{max} - max.pozdĺžne (len pritažujúce účinky)		172,70	2,06	206,97					292,55	3,49	350,61	208,97	2,49	250,43	
	Os _{max} - max.priečne (len pritažujúce účinky)		49,27	137,80	279,57					83,46	233,43	473,59	59,62	166,74	338,28	
W	vietor zľava na konštrukciu		79,17	405,30	998,94	1	1,50		-	118,76	607,95	1498,41	79,17	405,30	998,94	
	vietor zprava na konštrukciu		6,85	-360,77	-644,64	1	1,50		-	10,28	-541,16	-966,96	6,85	-360,77	-644,64	
	vietor zľava na vlak		86,70	159,75	277,86	1	1,50		-	130,05	239,63	416,79	86,70	159,75	277,86	
	suma W _{max} (len pritažujúce účinky)		165,87	565,05	1276,80					248,81	847,58	1915,20	165,87	565,05	1276,80	

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	My _E	Mz _E	N _E		My _{Ed}	Mz _{Ed}	N _{Ed}	My _{Ek}	Mz _{Ek}	N _{Ek}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]
C01: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	12433,20	760,80	6791,36		20002,42	1216,38	10816,46	14992,94	829,09	7861,26
C02: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	12371,48	828,67	6827,66		19897,87	1331,36	10877,95	14918,26	911,21	7905,18
C03: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S$	12308,80	337,01	5833,76		19815,81	580,70	9380,06	14868,54	405,30	6903,66
C04: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S$	12247,08	404,88	5870,06		19711,27	695,67	9441,55	14793,86	487,42	6947,58
C05: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + 0,5 Q_S$	12222,45	335,98	5730,27		19669,53	578,96	9204,76	14764,05	404,05	6778,44
C06: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax}$	12111,46	266,05	5487,00		19481,53	460,50	8792,66	14629,76	319,44	6484,09
C07: $G_{sup} + G_{inf} + W_{max}$	1340,46	732,89	5467,45		2106,51	1109,11	8552,83	1541,95	758,78	6193,56
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	12433,20	828,67	6791,36		20002,42	1216,38	10816,46	14992,94	911,21	7861,26
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	12431,86	831,68	6793,27		20000,61	1220,45	10819,04	14991,60	914,22	7863,17

Nx, osová sila	N _{Ed} = 10816,46 kN
My, maximálny kladný ohybový moment	My _{Ed} = 20002,42 kNm
Mz, prisluchajúci rozhodujúcej kombinácii pre max.+My, N	Mz _{Ed} = 1216,38 kNm
Mx	Mx _{Ed} = 3276,87 kNm
Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre max. +My, N	Vz _{Ed} = -362,6 kN
Vy	Vy _{Ed} = -364,99 kN

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Štíhlosť steny:	hw/tw= 2520/16 = 157,5	>	(31.ε.√k _p)/η= 31.0.814.√11,69/1,2=71.917	zohľadniť	výdúvanie šmykom
a/hw ≥ 1:	▶ k _τ =5,34+4,00.(h _w /a) ² + k _{tsl} =			h _w = 2520 mm	výška steny
a/hw < 1:	▶ k _τ =4,00+5,34.(h _w /a) ² + k _{tsl} =	11,69		t _w = 16 mm	hrúbka plechu steny
Súčiniteľ vydúvania šmykom:	χ _w =h _w /(86,4.t _w .ε)=	2520/86,4.16.0.814 = 2,24	▶ γ _w =	a= 2100 mm	vzdialenosť výstuh
					0,466

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -362,60 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$A_{w,net} = 80640,0 \text{ mm}^2$$

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{\chi_w \cdot A_{w,net} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\chi_w = 0,466 \text{ (podľa STN EN 1993-1-5, kap.5)}$$

$$\eta_3 = \frac{362,6 \cdot \sqrt{3}}{0,466 \cdot 80640 \cdot 355} = 0,047$$

$$< 0,5$$

vplyv šmyku možno zanedbať!

$$< 1,0$$

vyhovuje

Overenie odolnosti od normálových napätí

posúdenie v mieste II (štvrtina rozpätia hlavného nosníka)

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$N_{Ed} = 10816,46 \text{ kN}$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355,0 \text{ Mpa}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$M_{y,Ed} = 20002,42 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 1216,38 \text{ kNm}$$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{y,d}} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_{y,d}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{y,d}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,eff} \cdot f_{y,d}} \leq 1,0$$

$$\eta_{1h} = \frac{10816,46}{176,64 \cdot 355} - \frac{20002,42}{153,826 \cdot 355} - \frac{1216,38}{53,887 \cdot 355}$$

$$\eta_{1d} = \frac{10816,46}{176,64 \cdot 355} + \frac{20002,42}{153,826 \cdot 355} + \frac{1216,38}{53,887 \cdot 355}$$

$$\eta_{1h} = 0,172 - 0,366 - 0,064 = -0,258$$

$$< 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = 0,172 + 0,366 + 0,064 = 0,602$$

$$< 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

Overenie odolnosti rovinného namáhania steny

posúdenie v mieste II (štvrtina rozpätia hlavného nosníka)

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_{1,w,d} = 0,582$$

$$\eta_{1,w,h} = 0,237$$

$$\eta_{2,w} = 0,000$$

$$\eta_{3,w} = 0,047$$

$$(\eta_{1,w})^2 + (\eta_{2,w})^2 - (\eta_{1,w}) \cdot (\eta_{2,w}) + 3 \cdot (\eta_{3,w})^2 \leq 1,0$$

Dolné vlákna:

$$(0,582) \cdot (0,582) + (0) \cdot (0) - (0,582) \cdot (0) + 3 \cdot (0,047) \cdot (0,047) < 1,0$$

$$0,345 < 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

Horné vlákna:

$$(0,237) \cdot (0,237) + (0) \cdot (0) - (0,237) \cdot (0) + 3 \cdot (0,047) \cdot (0,047) < 1,0$$

$$0,063 < 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

Napätia [Mpa] v mieste z=40mm od spodu nosníka a v mieste y=84mm od ľavého okraja nosníka									
	horné vlákna			dolné vlákna		miesto posúdenia	napätie "N"	napätie "My"	napätie "Mz"
	$\sigma_{h,L}$	$\sigma_{h,P}$		$\sigma_{d,L}$	$\sigma_{d,P}$	$\sigma_{(z,y)}$	$\sigma_{(z,y),N}$	$\sigma_{(z),My}$	$\sigma_{(y),Mz}$
σ	-46,23	-91,37		213,84	168,69	206,68	61,23	126,03	19,41
η	0,130	0,257		0,602	0,475	0,582	0,172	0,355	0,055

Napätia [Mpa] v mieste z=2560mm od spodu nosníka a v mieste y=1116mm od ľavého okraja nosníka									
	horné vlákna			dolné vlákna		miesto posúdenia	napätie "N"	napätie "My"	napätie "Mz"
	$\sigma_{h,L}$	$\sigma_{h,P}$		$\sigma_{d,L}$	$\sigma_{d,P}$	$\sigma_{(z,y)}$	$\sigma_{(z,y),N}$	$\sigma_{(z),My}$	$\sigma_{(y),Mz}$
σ	-46,23	-91,37		213,84	168,69	-84,21	61,23	-126,03	-19,41
η	0,130	0,257		0,602	0,475	0,237	0,172	0,355	0,055

Hlavný nosník pre posúdenie v mieste II - max.(+)My..... **vyhovuje.**

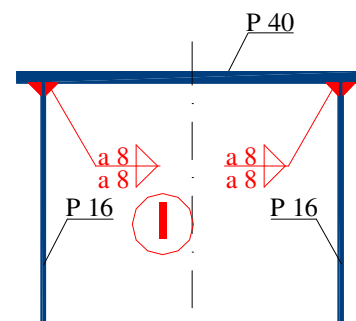
d) Posúdenie krčných zvarov**I - Spoj stien trámu a hornej pásnice:**

Pripojenie stien trámu a plechu hornej pásnice je riešené pomocou obojstranných kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max.}=40\text{mm}$, $a_{w\min}=8\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=8\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	8,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}}=$	6,144E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	2,000E+11 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	-362,60 kN
	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	0,00 Mpa

**Výpočet:**

šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru :

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_{y,\text{eff}}}{I_{y,\text{eff}} \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{362,6 \cdot 61440}{199973,89 \cdot 4 \cdot 8} = 3,48 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 3,48^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$6,03 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \text{vyhovuje}$$

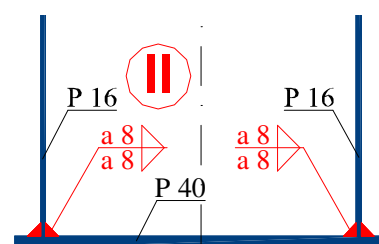
II - Spoj stien trámu a dolnej pásnice:

Pripojenie stien trámu a plechu dolnej pásnice je riešené pomocou obojstranných kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max.}=40\text{mm}$, $a_{w\min}=8\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=8\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	8,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}}=$	6,144E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	2,000E+11 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	-362,60 kN
	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	0,00 Mpa



Výpočet:

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_{y,eff}}{I_{y,eff} \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{362,6 \cdot 61440}{199973,89 \cdot 4 \cdot 8} = 3,48 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 3,48^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$6,03 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots\dots \text{vyhovuje}$$

4.8.2.4 Posúdenie trámu hlavného nosníka v mieste II – max -My**a) Vnútrotné sily**

Vnútrotné sily sú z výpočtového modelu získane bez súčiniteľov. Tie sú zahrnuté aj v rámci dynamického súčiniteľa v tabuľke vnútorných síl. Hodnoty výsledných návrhových vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Trám hlavného nosníka

Max. záporné momenty + prisluchajúce sily

trám pri koľ.č.2 v mieste II (štvrtina rozpätia)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu			súčinitele				návrhové hodnoty			charakter. hodnoty		
		My	Mz	N	koef.	γ_F	ϕ_S	α	Myd	Mzd	Nd	Myk	Mzk	Nk
		[kNm]	[kNm]	[kN]		[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	432,59	75,17	1557,44	1	1,00	-	-	432,59	75,17	1557,44	432,59	75,17	1557,44
	doplňok k tiaži (zábradlie)	8,51	2,09	30,00	1	1,00	-	-	8,51	2,09	30,00	8,51	2,09	30,00
	tiaž izolácie	24,17	3,14	86,94	0,80	1,00	-	-	19,34	2,51	69,55	19,34	2,51	69,55
	tiaž štrkového lôžka	655,52	84,21	2362,42	0,70	1,00	-	-	458,86	58,95	1653,69	458,86	58,95	1653,69
	tiaž železničný zvršok	42,00	5,28	152,08	1	1,00	-	-	42,00	5,28	152,08	42,00	5,28	152,08
	účinkok trakčných závesov	10,46	0,96	3,68	1	1,00	-	-	10,46	0,96	3,68	10,46	0,96	3,68
	účinkok nerovnomerného sadnutia opôr	1,34	-3,01	-1,91	1	1,00	-	-	1,34	-3,01	-1,91	1,34	-3,01	-1,91
	suma Gsup + Ginf	1174,59	167,84	4190,65					973,10	141,95	3464,54	973,10	141,95	3464,54
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	-2284,96	14,77	561,65	1	1,40	1,15	1,21	-4451,33	28,77	1094,15	-3179,52	20,55	781,54
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	-5021,13	26,49	1333,94	1	1,40	1,15	1,21	-9781,66	51,61	2598,65	-6986,90	36,86	1856,18
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	-2718,34	19,52	602,11	1	1,20	1,15	1,00	-3751,31	26,94	830,91	-3126,09	22,45	692,43
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	-6044,04	31,62	1435,13	1	1,20	1,15	1,00	-8340,78	43,64	1980,48	-6950,65	36,36	1650,40
	rozjazdové sily- koľ.1 (+)(-)	56,34	13,40	21,37	0	0,00	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	rozjazdové sily- koľ.2 (+)(-)	105,76	0,32	-8,80	0	0,00	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	brzdne sily - koľ.1 (+)(-)	46,96	10,69	17,19	0	0,00	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	brzdne sily - koľ.2 (+)(-)	-90,46	-2,11	4,30	1	1,40	-	1,21	-153,24	-3,57	7,28	-109,46	-2,55	5,20
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	-20,74	69,31	139,01	1	1,40	-	1,21	-35,13	117,41	235,48	-25,10	83,87	168,20
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (P)	-28,53	68,49	140,56	1	1,40	-	1,21	-48,33	116,02	238,11	-34,52	82,87	170,08
	Qvmax - max.zvislé (len pritažujúce účinky)	-8329,00	46,39	1996,78					-14232,99	80,36	3692,80	-10166,42	57,41	2637,71
	Qlmax - max.pozdĺžne (len pritažujúce účinky)	-90,46	-2,11	4,30					-153,24	-3,57	7,28	-109,46	-2,55	5,20
	Qsmax - max.priečne (len pritažujúce účinky)	-49,27	137,80	279,57					-83,46	233,43	473,59	-59,62	166,74	338,28
W	viator zľava na konštrukciu	79,17	405,30	998,94	0	0,00		-	0,00	0,00	0,00	0,00	405,30	0,00
	viator zprava na konštrukciu	6,85	-360,77	-644,64	0	0,00		-	0,00	0,00	0,00	0,00	-360,77	0,00
	viator zľava na vlak	-114,21	0,25	31,84	1	1,50		-	-171,32	0,38	47,76	-114,21	0,25	31,84
	suma Wmax (len pritažujúce účinky)	-35,04	405,55	1030,78					-171,32	0,38	47,76	-114,21	0,25	31,84

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	My _E	Mz _E	N _E		My _{Ed}	Mz _{Ed}	N _{Ed}	My _{Ek}	Mz _{Ek}	N _{Ek}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kNm]	[kN]		[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]
C01: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	-7295,79	585,18	7104,60		-13583,35	335,75	7437,23	-9418,25	280,37	6300,47
C02: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S + \psi_0 \cdot W_{max}$	-7275,19	655,14	7242,24		-13548,46	454,25	7670,39	-9393,33	365,01	6467,01
C03: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S$	-7269,51	281,02	6331,52		-13454,86	335,47	7401,41	-9332,59	280,18	6276,59
C04: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + Q_S$	-7248,91	350,98	6469,15		-13419,98	453,97	7634,57	-9307,67	364,82	6443,13
C05: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax} + 0,5 \cdot Q_{la/lb} + 0,5 \cdot Q_S$	-7224,28	282,08	6329,37		-13378,25	337,26	7397,77	-9277,86	281,45	6273,99
C06: $G_{sup} + G_{inf} + Q_{vmax}$	-7154,41	214,23	6187,43		-13259,89	222,33	7157,33	-9193,32	199,36	6102,25
C07: $G_{sup} + G_{inf} + W_{max}$	1139,55	573,39	5221,43		801,79	142,32	3512,30	858,89	142,20	3496,38
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	-7295,79	214,23	7104,60		-13583,35	335,75	7437,23	-9418,25	142,20	6300,47
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	-7297,13	217,24	7106,51		-13584,69	338,76	7439,14	-9419,59	145,21	6302,38

Nx, osová sila	N _{Ed} =	7439,14 kN
My, maximálny záporný ohybový moment	My _{Ed} =	-13584,69 kNm
Mz, prisluchajúci rozhodujúcej kombinácii pre max. -My, N	Mz _{Ed} =	338,76 kNm
Mx	Mx _{Ed} =	3242,43 kNm
Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre max. -My, N	Vz _{Ed} =	-214,31 kN
Vy	Vy _{Ed} =	-205,11 kN

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Štíhlosť steny:	$hw/tw = 2520/16 = 157,5$	$>$	$(31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_{\tau}})/\eta = 31 \cdot 0,814 \cdot \sqrt{11,69/1,2} = 71,917$	zohľadniť	výdutie šmykom
$a/hw \geq 1$:	$\tau = 5,34 + 4,00 \cdot (h_w/a)^2 + k_{\tau sl} =$		$h_w =$	2520 mm	výška steny
$a/hw < 1$:	$\tau = 4,00 + 5,34 \cdot (h_w/a)^2 + k_{\tau sl} =$	11,69	$t_w =$	16 mm	hrúbka plechu steny
Súčiniteľ vydutia šmykom:	$\chi_w = h_w / (86,4 \cdot t_w \cdot \varepsilon) =$	$2520 / (86,4 \cdot 16 \cdot 0,814) = 2,24$	$a =$	2100 mm	vzdialenosť výstuh
			$\chi_w =$	0,466	

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -214,31 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$A_{w,net} = 80640,0 \text{ mm}^2$$

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{\chi_w \cdot A_{w,net} \cdot f_{y,d}} \leq 1,0$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\chi_w = 0,466 \text{ (podľa STN EN 1993-1-5, kap.5)}$$

$$\eta_3 = \frac{214,31 \cdot \sqrt{3}}{0,466 \cdot 80640 \cdot 355} = \mathbf{0,028}$$

$< 0,5$ ► **vpływ šmyku można zanedbać!**

$< 1,0$ ► **vyhovuje**

Overenie odolnosti od normálových napätí

posúdenie v mieste II (štvrtina rozpätia hlavného nosníka)

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$N_{z,Ed} = 7439,14 \text{ kN}$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_{M0} = 355,0 \text{ Mpa}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$M_{y,Ed} = -13584,69 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 338,76 \text{ kNm}$$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{y,d}} = \frac{N_{z,Ed}}{A_{eff} \cdot f_{y,d}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{y,d}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,eff} \cdot f_{y,d}} \leq 1,0$$

$$\eta_{1h} = \frac{7439,14}{176,64 \cdot 355} - \frac{-13584,69}{153,826 \cdot 355} + \frac{338,76}{53,887 \cdot 355}$$

$$\eta_{1d} = \frac{7439,14}{176,64 \cdot 355} + \frac{-13584,69}{153,826 \cdot 355} - \frac{338,76}{53,887 \cdot 355}$$

$$\eta_{1h} = 0,119 - 0,249 + 0,018 = \mathbf{0,386 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}}$$

$$\eta_{1d} = 0,119 + 0,249 - 0,018 = \mathbf{-0,148 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}}$$

Overenie odolnosti rovinného namáhania steny

posúdenie v mieste II (štvrtina rozpätia hlavného nosníka)

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_{1,w,d} = -0,138$$

$$\eta_{1,w,h} = 0,375$$

$$\eta_{2,w} = 0,000$$

$$\eta_{3,w} = 0,028$$

$$(\eta_{1,w})^2 + (\eta_{2,w})^2 - (\eta_{1,w}) \cdot (\eta_{2,w}) + 3 \cdot (\eta_{3,w})^2 \leq 1,0$$

Dolné vlákna:

$$(-0,138) \cdot (-0,138) + (0,000) \cdot (-0,138) + 3 \cdot (0,028)^2 < 1,0$$

$$\mathbf{0,021 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}}$$

Horné vlákna:

$$(0,375) \cdot (0,375) + (0,000) \cdot (0,375) + 3 \cdot (0,028)^2 < 1,0$$

$$\mathbf{0,143 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}}$$

Napätia [Mpa] v mieste z=2560mm od spodu nosníka a v mieste y=84mm od ľavého okraja nosníka								
	horné vlákna		dolné vlákna		miesto posúdenia	napätie "N"	napätie "My"	napätie "Mz"
	$\sigma_{h,L}$	$\sigma_{h,P}$	$\sigma_{d,L}$	$\sigma_{d,P}$	$\sigma_{(z,y)}$	$\sigma_{(z,y),N}$	$\sigma_{(z,y),My}$	$\sigma_{(z,y),Mz}$
σ	136,71	124,14	-39,91	-52,48	133,12	42,11	85,59	5,41
η	0,385	0,350	0,112	0,148	0,375	0,119	0,241	0,015

Napätia [Mpa] v mieste z=40mm od spodu nosníka a v mieste y=1116mm od ľavého okraja nosníka								
	horné vlákna		dolné vlákna		miesto posúdenia	napätie "N"	napätie "My"	napätie "Mz"
	$\sigma_{h,L}$	$\sigma_{h,P}$	$\sigma_{d,L}$	$\sigma_{d,P}$	$\sigma_{(z,y)}$	$\sigma_{(z,y),N}$	$\sigma_{(z,y),My}$	$\sigma_{(z,y),Mz}$
σ	136,71	124,14	-39,91	-52,48	-48,89	42,11	-85,59	-5,41
η	0,385	0,350	0,112	0,148	0,138	0,119	0,241	0,015

Hlavný nosník pre posúdenie v mieste II - **max.(-)My** **vyhovuje.**

d) Posúdenie krčných zvarov

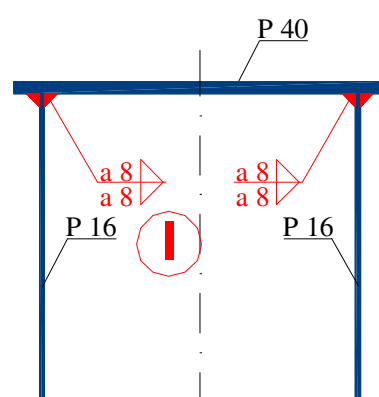
I - Spoj stien a hornej pásnice:

Pripojenie stien trámu a plechu hornej pásnice je riešené pomocou obojstranných kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max}=40\text{mm}$, $a_{\min}=8\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=8\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	8,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}}=$	6,144E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	2,000E+11 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	-214,31 kN
	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	0,00 Mpa



Výpočet:

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{\parallel} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_{y,\text{eff}}}{I_{y,\text{eff}} \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{214,31 \cdot 61440}{199973,89 \cdot 4 \cdot 8} = \mathbf{2,06 \text{ Mpa}}$$

Posúdenie:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 2,06^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$\mathbf{3,56 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}}$$

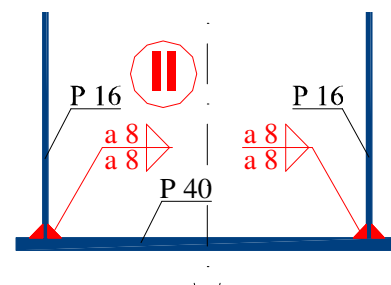
II - Spoj stien a dolnej pásnice:

Pripojenie stien trámu a plechu dolnej pásnice je riešené pomocou obojstranných kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\max}=40\text{mm}$, $a_{\min}=8\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru **$a_w=8\text{mm}$** .

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	8,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}}=$	6,144E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	2,000E+11 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	-214,31 kN
	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	0,00 Mpa



Výpočet:

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{II} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_{y,eff}}{I_{y,eff} \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{214,31 \cdot 61440}{199973,89 \cdot 4 \cdot 8} = \mathbf{2,06 \text{ Mpa}}$$

Posúdenie:

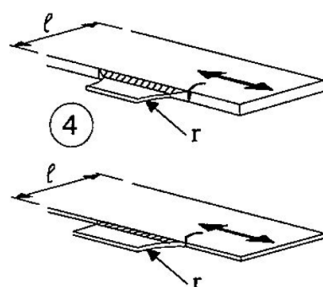
$$[\sigma_T^2 + 3 \cdot (\tau_T^2 + \tau_{II}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 2,06^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$\mathbf{3,56 < 453,3 \text{ Mpa} \dots\dots \text{vyhovuje}}$$

4.8.2.5 Overenie únavovej odolnosti

Posúdenie únavovej odolnosti trámu v štvrtine rozpätia sa vykoná na základe maximálnych rozkmitov napätí $\Delta\sigma$ od dopravy reprezentovanej modelom LM71 (bez súčiniteľov). Dynamické účinky sú zohľadnené dynamickým súčiniteľom (ϕ_2). Dynamické súčinitele sú uvedené v kap. 4.4.2.4. Maximálne rozkmit normálových napätí pre riešenie kategóriu detailu vrátane dynamickým súčiniteľov sú uvedené v priložených tabuľkách.

Detail I**Prípoj priečnika na spodnú pásnicu hlavného nosníka**

/kategória detailu - 71, tab.8.4 STN EN 1993-1-9/

hladký polomer prechodu r

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste z=0mm od spodu nosníka a v mieste y=0mm od ľavého okraja nosníka													
	horné vlákna			dolné vlákna		miesto posúdenia		napätie "N"		napätie "My"		napätie "Mz"	
	$\sigma_{h,E,LM71}$	$\sigma_{h,P,LM71}$		$\sigma_{d,E,LM71}$	$\sigma_{d,P,LM71}$	$\sigma_{(z,y),Q,LM71}$		$\sigma_{(z,y),N}$		$\sigma_{(z),My}$		$\sigma_{(y),Mz}$	
max.	65,68	62,86	min.	-43,65	-46,47	min.	-43,65	9,82		-51,25		4,60	
min.	-56,17	-58,99	max.	78,20	75,38	max.	78,20	9,39		63,78		-1,78	
						$\Delta\sigma_{(z,y)}^{\phi_2} =$	121,85	$\Delta\sigma_{(z,y),N}^{\phi_2}$	0,42	$\Delta\sigma_{(z),My}^{\phi_2}$	115,04	$\Delta\sigma_{(y),Mz}^{\phi_2}$	6,39

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$\gamma_{Ff} = \mathbf{1,00}$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$\gamma_{Mf} = \mathbf{1,15}$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$\Delta\sigma_p^{\phi_2} = \mathbf{121,85 \text{ Mpa}}$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$\lambda_{1,\sigma} = 0,64 \quad L/2 = 37,8 \text{ m} + \text{štandardný vlak (EC Mix)}$

$\lambda_2 = 1,00 \quad \text{objem dopravy } 25 \cdot 10^6 \text{ t / koľaj / ročne}$

$\lambda_3 = 1,00 \quad \text{životnosť mostu uvažujem 100 rokov}$

$\lambda_{4,\sigma} = 0,78 \quad \text{závislosť stret. sa vlakov na moste } [\Delta\sigma_1 / (\Delta\sigma_{1+2}) = 0,71]$

$\lambda_\sigma = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_{4,\sigma} = 0,64 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,78 = 0,50 < 1,4$

$\blacktriangleright \lambda_\sigma = \mathbf{0,50}$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi_2} \cdot \lambda_\sigma = 121,85 \cdot 0,50$

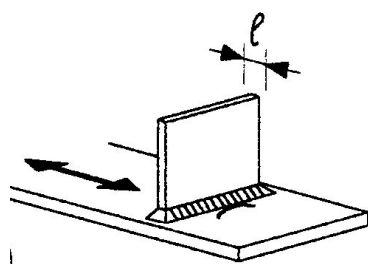
$\Delta\sigma_{E2} = \mathbf{60,93 \text{ Mpa}}$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$\Delta\sigma_c = \mathbf{71,00 \text{ Mpa}}$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 60,93 \leq 71,0 / 1,15 \quad 60,93 \text{ Mpa} \leq 61,74 \text{ Mpa} \quad \dots\dots \text{vyhovuje}$$

Detail II**Prípoj styčnickového plechu zvislice na hornú pásnicu hlavného nosníka**

/kategória detailu - 71, tab.8.4 STN EN 1993-1-9/

Kde: $50 < l \leq 80\text{mm}$

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste z=2600mm od spodu nosníka a v mieste y=150mm od ľavého okraja nosníka													
	horné vlákna			dolné vlákna		miesto posúdenia		napätie "N"	napätie "My"	napätie "Mz"			
	$\sigma_{h,E,LM71}$	$\sigma_{h,P,LM71}$		$\sigma_{d,E,LM71}$	$\sigma_{d,P,LM71}$	$\sigma_{(z,y),Q,LM71}$		$\sigma_{(z,y),N}$	$\sigma_{(z),My}$	$\sigma_{(y),Mz}$			
max.	65,68	62,86	min.	-43,65	-46,47	min.	-55,73	9,82	51,25	3,45			
min.	-56,17	-58,99	max.	78,20	75,38	max.	64,52	9,39	-63,78	-1,34			
						$\Delta\sigma_{(z,y)}^{\phi^2} =$	120,25	$\Delta\sigma_{(z,y),N}^{\phi^2}$	0,42	$\Delta\sigma_{(z),My}^{\phi^2}$	115,04	$\Delta\sigma_{(y),Mz}^{\phi^2}$	4,79

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$\gamma_{Ff} = 1,00$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$\gamma_{Mf} = 1,15$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 120,25\text{Mpa}$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$\lambda_{\sigma} = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_{2,\sigma} \cdot \lambda_{3,\sigma} \cdot \lambda_{4,\sigma} = 0,64 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 0,0,78 = 0,50 < 1,4$

$\lambda_{\sigma} = 0,50$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_{\sigma} = 120,25 \cdot 0,50$

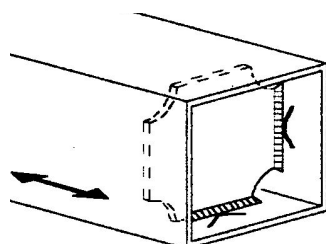
$\Delta\sigma_{E2} = 60,13\text{Mpa}$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

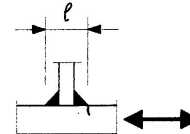
$\Delta\sigma_c = 71,00\text{Mpa}$

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0 \cdot 60,13 \leq 71,0 / 1,15 \quad 60,13\text{Mpa} \leq 61,74\text{Mpa} \quad \text{..... vyhovuje}$$

Detail III**Prípoj plechu diafragmy na dolnú pásnicu hlavného nosníka**

/kategória detailu - 71, tab.8.4 STN EN 1993-1-9/

Kde: $50 < l \leq 80\text{mm}$ 

Napätia od Q (LM71) [Mpa] v mieste z=30mm od spodu nosníka a v mieste y=130mm od ľavého okraja nosníka													
	horné vlákna			dolné vlákna		miesto posúdenia		napätie "N"	napätie "My"	napätie "Mz"			
	$\sigma_{h,E,LM71}$	$\sigma_{h,P,LM71}$		$\sigma_{d,E,LM71}$	$\sigma_{d,P,LM71}$	$\sigma_{(z,y),Q,LM71}$	$\sigma_{(z,y),N}$	$\sigma_{(z),My}$	$\sigma_{(y),Mz}$				
max.	65,68	62,86	min.	-43,65	-46,47	min.	-42,08	9,82	-50,07	3,61			
min.	-56,17	-58,99	max.	78,20	75,38	max.	75,73	9,39	62,31	-1,40			
						$\Delta\sigma_{(z,v)}^{\phi^2} =$	117,81	$\Delta\sigma_{(z,v),N}^{\phi^2}$	0,42	$\Delta\sigma_{(z),My}^{\phi^2}$	112,38	$\Delta\sigma_{(v),Mz}^{\phi^2}$	5,00

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre únavové zaťaženie:

$\gamma_{Ff} = 1,00$

Parciálny súčiniteľ spoľahlivosti únavovej pevnosti:

$\gamma_{Mf} = 1,15$

Referenčný rozkmit normálového napätia (s dynamickým súčiniteľom):

$\Delta\sigma_p^{\phi^2} = 117,81\text{Mpa}$

Súčinitele ekvivalentného poškodenia:

$\lambda_{\sigma} = \lambda_{1,\sigma} \cdot \lambda_{2,\sigma} \cdot \lambda_{3,\sigma} \cdot \lambda_{4,\sigma} = 0,64 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 0,0,78 = 0,50 < 1,4$

$\lambda_{\sigma} = 0,50$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$\Delta\sigma_{E2} = \Delta\sigma_p^{\phi^2} \cdot \lambda_{\sigma} = 117,81 \cdot 0,50$

$\Delta\sigma_{E2} = 58,91\text{Mpa}$

Referenčná hodnota únavovej pevnosti:

$\Delta\sigma_c = 71,00\text{Mpa}$

Statický výpočet

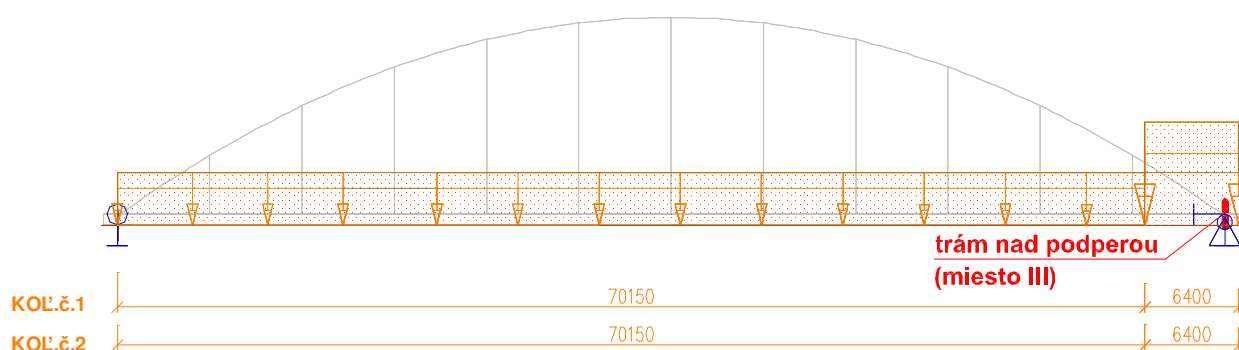
Strana 127/138

Overenie únavovej odolnosti riešeného detailu:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \Delta\sigma_c / \gamma_{Mf} \quad 1,0,58,91 \leq 71,0 / 1,15 \quad 58,91 \text{Mpa} \leq 61,74 \text{Mpa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

4.8.3 Posúdenie prierezu trámu nad podporou – v mieste III

Rozhodujúca schéma zaťaženia LM71+LM71 v najnepriaznivejších polohách – poloha zaťaženia reprezentujúca lokomotívu, resp. vagóny je pre max. namáhania prierezu nad podporou. V priečnom smere sa uvažuje možná poloha koľaje s posunom +100mm pre koľaj č.1 k hlavnému nosníku a +100mm pre koľaj č.2 taktiež k tomu istému nosníku. Takéto rozloženie zaťaženia najviac priťažuje vybraný nosník.



Obr. Postavenie zaťaženia dopravou pre **max. namáhanie prierezu nad podporou**

4.8.3.1 Materiálové charakteristiky

	Oceľ	t [mm]	f_y [Mpa]	f_u [Mpa]	ϵ_m [-]
Horná pásnica	S355	40,0	355	510	0,814
Dolná pásnica	S355	50,0	335	470	0,838
Steny	S355	25,0	355	510	0,814

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

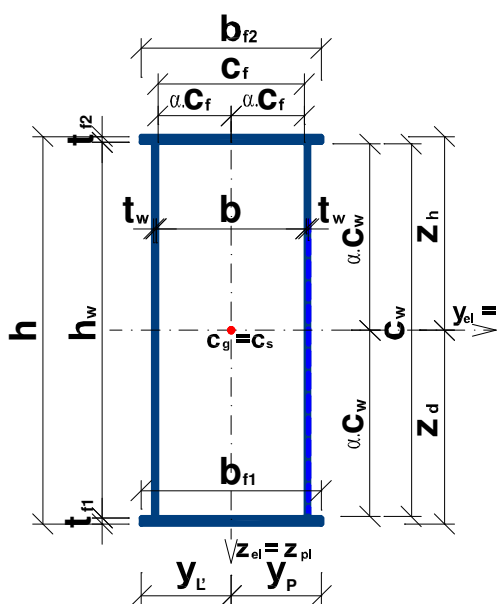
$$\gamma_{M1} = 1,00$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

4.8.3.2 Prierezové charakteristiky

a) Geometria plného prierezu

$t_{f1} =$	50 mm
$b_{f1} =$	1500 mm
$t_{f2} =$	40 mm
$b_{f2} =$	1200 mm
$t_w =$	25 mm
$h_w =$	2520 mm
$b =$	1000 mm
$a =$	2100 mm
$h =$	2610 mm
$a_w =$	10 mm
$c_w =$	2491,7 mm
$c_f =$	971,7 mm
$z_{h,el.} =$	-1440,3 mm
$z_{d,el.} =$	1169,7 mm
$z_{h,pl.} =$	-1570,0 mm
$z_{d,pl.} =$	1040,0 mm
$y_{L,el.} =$	-750 mm
$y_{P,el.} =$	750 mm



$A_f =$	123000 mm ²
$A_w =$	126000 mm ²
$A =$	249000 mm ²
$I_y =$	268473500000 mm ⁴
$I_z =$	529237500000 mm ⁴
$I_t =$	1,10014E+11 mm ⁴
$I_{\omega} =$	3,320E+16 mm ⁶
$S_{y,f1} =$	85852409,6 mm ³
$S_{y,f2} =$	55185542,2 mm ³
$S_{z,w} =$	32287500,0 mm ³
$W_{y,d,el.} =$	229523618,5 mm ³
$W_{y,h,el.} =$	171002229,3 mm ³
$W_{z,el.} =$	70565000,0 mm ³
$W_{y,pl.} =$	233550000,0 mm ³
$W_{z,pl.} =$	107100000,0 mm ³

b) Zatriedenie prierezu

Horná pásnica

tlačená časť prierezu (kladný moment)

$\varepsilon_m =$	$\sqrt{(235/f_y)} =$	$\sqrt{(235/355)} =$	0,814				
$\beta_{f2} =$	$c_{f2} / t_{f2} =$	$971,7/40 =$	24,293	ak $\beta_{f2} <$	$33 \cdot \varepsilon_m =$	$33 \cdot 0,81 =$	26,85
				$<$	$38 \cdot \varepsilon_m =$	$38 \cdot 0,81 =$	30,92 ► trieda 1
				$<$	$42 \cdot \varepsilon_m =$	$42 \cdot 0,81 =$	34,17

Dolná pásnica

tlačená časť prierezu (záporný moment)

$\varepsilon_m =$	$\sqrt{(235/f_y)} =$	$\sqrt{(235/355)} =$	0,814				
$\beta_{f1} =$	$c_{f1} / t_{f1} =$	$971,7/50 =$	19,434	ak $\beta_{f1} <$	$33 \cdot \varepsilon_m =$	$33 \cdot 0,81 =$	26,85
				$<$	$38 \cdot \varepsilon_m =$	$38 \cdot 0,81 =$	30,92 ► trieda 1
				$<$	$42 \cdot \varepsilon_m =$	$42 \cdot 0,81 =$	34,17

Steny

táhaná a ohýbaná časť prierezu (kladný moment)

$\varepsilon_m =$	$\sqrt{(235/f_y)} =$	$\sqrt{(235/355)} =$	0,814	$z_w = a_w \cdot \sqrt{2} =$	14mm		
$\alpha =$	$z_{h,pl} / c_w =$	$1570/2492 =$	0,630				
$\psi =$	$\frac{(z_{d,el} - t_{f1} - z_w)}{(z_{h,el} + t_{f2} + z_w)} =$	$\frac{(1169,7 - 50 - 14)}{-1440,3 + 40 + 14} =$	-0,80				
$\beta_w =$	$c_w / t_w =$	$2492/25 =$	99,67	ak $\beta_w >$	$72 \cdot \varepsilon_m =$	$72 \cdot 0,81 =$	58,58
				$>$	$83 \cdot \varepsilon_m =$	$83 \cdot 0,81 =$	67,53 ► trieda 3
				$<$	$124 \cdot \varepsilon_m =$	$124 \cdot 0,81 =$	100,89

Steny ťahaná a ohýbaná časť prierezu (záporný moment)

$$\varepsilon_m = \sqrt{(235/f_y)} = \sqrt{(235/355)} = 0,814 \quad z_w = a_w \cdot \sqrt{2} = 14 \text{ mm}$$

$$\alpha = z_{d,pl} / c_w = 1040/2492 = 0,417$$

$$\psi = \frac{(z_{h,el} + t_f + z_w)}{(z_{d,el} - t_f - z_w)} = \frac{-1440,3 + 40 + 14}{(1169,7 - 50 - 14)} = -1,25$$

$$\beta_w = c_w / t_w = 2492/25 = 99,67 \quad \text{ak } \beta_w > 36 \cdot \varepsilon_m / \alpha = 36 \cdot 0,81/0,42 = 70,18$$

$$> 41,5 \cdot \varepsilon_m / \alpha = 41,5 \cdot 0,81/0,42 = 80,90 \quad \text{trieda 3}$$

$$< 42 \cdot \varepsilon_m / (0,67 + 0,33 \cdot \psi) = 133,36$$

Prierez trámu pre posúdenie v mieste III (nad podperou) **trieda 3****c) Vplyv ochabnutia šmykom**

$$b_0 = 512,5 \text{ mm} \quad b_0 < L_e/50$$

$$L_e = 37800 \text{ mm} \quad 512,5 < 756 \text{ [mm]}$$

miesto záporného momentu	pretože $b_0 < L_e/50$	ochabnutie šmyku môžeme zanedbať
--------------------------	------------------------	----------------------------------

MS únosnosti: $b_{eff} = \beta^* \cdot b_0$ Ms použiteľnosti a únavy: $b_{eff} = \beta \cdot b_0$ *Účinná šírka plechu so zohľadnením ochabnutia šmykom*

Overenie v mieste:	L_2 [mm]	L_e [mm]	b_0 [mm]	$t_{min.}$ [mm]	α_0	κ	β_1	β_2	β	β^*	b_{eff} [mm]
záporného momentu	37800	37800	512,5	40	1,00	0,01356	1	1	1	1	512,5
											512,5
$x=0m$	37800	37800	512,5	40	1,00	0,01356	1	1	1	1	512,5
											512,5

* - efektívna šírka v MS použiteľnosti a únavy

Prierezové charakteristiky v MS únosnosti

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$I_{z,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f2,eff}$ [mm ³]
						$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f1,eff}$ [mm ³]
záporného momentu	249000,0	-1440,3	1169,7	268473500000,0	52923750000,0	186400941,1	68174457,8
						229523618,5	85852409,6

Sy,eff - statický moment plochy efektívneho prierezu

Prierezové charakteristiky v MS použiteľnosti a únavy

Overenie v mieste:	A_{eff} [mm ²]	z_h [mm]	z_d [mm]	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$I_{z,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f2,eff}$ [mm ³]
						$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f1,eff}$ [mm ³]
záporného momentu	249000,0	-1440,3	1169,7	268473500000,0	52923750000,0	186400941,1	68174457,8
						229523618,5	85852409,6

d) Vplyv vydúvania štíhlych prvkov*Návrhové vnútorné sily v posudzovanom priereze:*

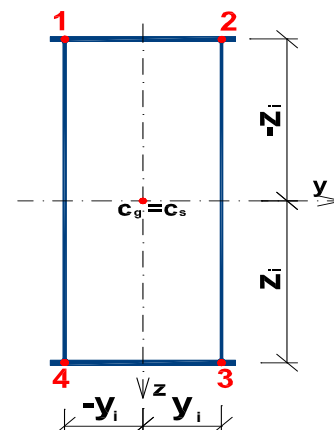
Kombinácia síl pre:	N_{ed} [kN]	M_{yed} [kNm]	M_{zed} [kNm]	M_{xed} [kNm]	V_{zed} [kN]	V_{yed} [kN]
max +My	21197,32	-13289,14	10227,97	-	-2323,88	955,37

Podľa kapitoly 4 STN EN 1993-1-5

Normálové napätie v rohoch strednice prierezu

(s vplyvom ochabnutia šmykom)

bod	z_i [mm]	y_i [mm]	σ_i [Mpa]
1	-1280,0	-512,5	49,44
2	-1280,0	512,5	247,53
3	1280,0	512,5	120,82
4	1280,0	-512,5	-77,27



Vplyv vydúvania štíhlych tlačných stien a pásnic:

Stena	σ_1 [Mpa]	σ_2 [Mpa]	$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	k_σ	λ_p	$\lambda_{p,red}$	ρ	Poznámka
1↔2	49,44	247,53	-	-	-	-	-	táhaná
4↔3	-77,27	120,82	-1,563	39,297	0,134	0,063	1,00	nevýdúva
1↔4	-77,27	49,44	-0,640	15,839	1,084	0,506	0,81	vydúva
2↔3	120,82	247,53	-	-	-	-	-	táhaná

Pozn.: σ_1 je vždy väčšie "tlakové" napätie v riešenej stene

Účinné šírky stien vplyvom vydúvania

Stena	ρ	ψ	b [mm]		b_t	b_c	b_{eff} [mm]	b_{e1} [mm]	b_{e2} [mm]	šírka neúčinnnej časti [mm]
			c_f	c_w						
1↔2	-	-	971,7		971,7	0	-	-	-	-
4↔3	1,00	-1,56	971,7		592,7	379,1	379,1	-	-	-
1↔4	0,81	-0,64		2491,7	972,2	1519,5	1230,8	492,3	738,5	288,7
2↔3	-	-		2491,7	2491,7	0	-	-	-	-

Prierezové charakteristiky v MS únosnosti

A_{eff}	y_r	y_p	z_h	z_d	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{z,f,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f2,eff}$ [mm ³]
[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	$I_{z,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$W_{z,p,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f1,eff}$ [mm ³]
241782,5	-661,8	838,2	-1463,1	1146,9	266827383753,3	182371647,2	80051337,3	69268649,1
					52980236899,2	232650320,4	63209285,2	84142735,7

Prierezové charakteristiky v MS použiteľnosti a únavy

A_{eff}	y_r	y_p	z_h	z_d	$I_{y,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,h,eff}$ [mm ³]	$W_{z,f,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f2,eff}$ [mm ³]
[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	$I_{z,eff}$ [mm ⁴]	$W_{y,d,eff}$ [mm ³]	$W_{z,p,eff}$ [mm ³]	$S_{y,f1,eff}$ [mm ³]
241782,5	-661,8	838,2	-1463,1	1146,9	266827383753,3	182371647,2	80051337,3	69268649,1
					52980236899,2	232650320,4	63209285,2	84142735,7

Vplyv klopenia

Kedže sa jedná o komorový uzatvorený prierez - veľká torzná tuhosť - s klopením neuvažujeme ► $\chi_{LT} = 1,0$

Vplyv vzperu

Kedže je prierez namáhaný ťahovou silou - so vzperom neuvažujeme ► $\chi = 1,0$

4.8.3.3 Posúdenie trámu hlavného nosníka v mieste III – nad podperou

a) Vnútročné sily

Vnútročné sily sú z výpočtového modelu získane bez súčiniteľov. Tie sú zahrnuté aj v rámci dynamického súčiniteľa v tabuľke vnútorných síl. Hodnoty výsledných návrhových vnútorných síl sú uvedené v tabuľke kombinácií uvedenej pod tabuľkou vnútorných síl.

Trám hlavného nosníka

Max.záporné momenty + prisluchajúce sily

trám pri koľ.č.2 v mieste III (nad podperou)

Zaťažovací stav		z výpočt. modelu				súčinitele				návrhové hodnoty			
		My	Mz	Vz	N	koef.	γ_F	γ_Q	α	Myd	Mzd	Vzd	Nd
		[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]		[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
G	vl. tiaž konšt. (generovaná)	-1444,46	613,51	-203,87	2401,11	1	1,35	-	-	-1950,02	828,24	-275,22	3241,50
	doplnok k tiaži (zábradlie)	-28,53	-18,31	-4,01	43,85	1	1,35	-	-	-38,52	-24,72	-5,41	59,20
	tiaž izolácie	-86,78	77,96	-14,54	137,05	1,20	1,35	-	-	-140,58	126,30	-23,55	222,02
	tiaž štrkového lôžka	-2350,80	2113,23	-393,65	3713,03	1,30	1,35	-	-	-4125,65	3708,72	-690,86	6516,37
	tiaž železničný zvršok	-149,86	133,10	-25,23	236,73	1	1,35	-	-	-202,31	179,69	-34,06	319,59
	účink traktčných závesov	-2,66	-0,50	-0,03	4,10	1	1,35	-	-	-3,59	-0,68	-0,04	5,54
	účink nerovnomerného sadnutia opôr	-9,50	9,90	-0,04	14,77	1	1,35	-	-	-12,83	13,37	-0,05	19,94
suma Gsup + Ginf		-4072,59	2928,89	-641,37	6550,64					-6473,50	4830,91	-1029,20	10384,14
Q	vlak LM71 - koľ.1-zvislé (s excentr. zaťažením)	-922,68	1198,10	-196,74	1452,60	1	1,40	1,15	1,21	-1797,47	2334,02	-383,27	2829,81
	vlak LM71 - koľ.2-zvislé (s excentr. zaťažením)	-1650,25	1309,67	-495,57	2604,19	1	1,40	1,15	1,21	-3214,85	2551,37	-965,42	5073,22
	vlak SW2 - koľ.1-zvislé	-1127,41	1463,85	-296,47	1820,00	1	1,20	1,15	1,00	-1555,83	2020,11	-409,13	2511,60
	vlak SW2 - koľ.2-zvislé	-2129,38	1667,94	-729,82	3472,76	1	1,20	1,15	1,00	-2938,54	2301,76	-1007,15	4792,41
	rozjazdové sily - koľ.1 (+)(-)	204,29	-6,96	-0,90	-319,29	0	0,00	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
	rozjazdové sily - koľ.2 (+)(-)	-424,70	1,18	-7,21	659,12	1	1,40	-	1,21	-719,44	2,00	-12,21	1116,55
	brzdne sily - koľ.1 (+)(-)	-328,43	14,41	0,78	516,06	1	1,40	-	1,21	-556,36	24,41	1,32	874,21
	brzdne sily - koľ.2 (+)(-)	634,65	-1,54	3,44	-1005,95	0	0,00	-	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
	bočné nárazy - koľ.1 (+)(-) (P)	-146,39	-40,98	-10,30	236,66	1	1,40	-	1,21	-247,98	-69,42	-17,45	400,90
	bočné nárazy - koľ.2 (+)(-) (P)	-144,93	-41,03	-6,22	234,68	1	1,40	-	1,21	-245,51	-69,50	-10,54	397,55
	Qvmax - max.zvislé (len priťažujúce účinky)	-3052,06	2866,04	-926,56	4925,36					-5012,32	4885,39	-1348,69	7903,03
	Qlmax - max.pozdĺžne (len priťažujúce účinky)	-753,13	15,59	-6,43	1175,18					-1275,80	26,41	-10,89	1990,75
	Qsmax - max.priečne (len priťažujúce účinky)	-291,32	-82,01	-16,52	471,34					-493,50	-138,92	-27,98	798,45
W	vietor zľava na konštrukciu	-225,27	486,95	-89,62	382,99	1	1,50		-	-337,91	730,43	-134,43	574,49
	vietor zprava na konštrukciu	-65,89	-280,51	-16,53	42,27	1	1,50		-	-98,84	-420,77	-24,80	63,41
	vietor zľava na vlak	-24,30	6,14	159,75	79,38	1	1,50		-	-36,45	9,21	239,63	119,07
	suma Wmax (len priťažujúce účinky)	-249,57	493,09	70,13	462,37					-374,36	739,64	105,20	693,56

b) Kombinácie

$\psi_0 = 0,75$	My _E	Mz _E	Vz _E	N _E		My _{Ed}	Mz _{Ed}	Vz _{Ed}	N _{Ed}
Tab. kombinácií:	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]		[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
C01: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +Q _{la/lb} +0,5.Q _S + ψ_0 .W _{max} .	-8210,62	6139,33	-1530,02	13233,63		-13289,14	10227,97	-2323,88	21197,32
C02: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +0,5.Q _{la/lb} +Q _S + ψ_0 .W _{max} .	-7979,71	6090,53	-1535,07	12881,71		-12897,99	10145,30	-2332,43	20601,17
C03: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +Q _{la/lb} +0,5.Q _S	-8023,44	5769,52	-1582,62	12886,85		-13008,38	9673,24	-2402,78	20677,16
C04: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +0,5.Q _{la/lb} +Q _S	-7792,54	5720,72	-1587,67	12534,93		-12617,22	9590,58	-2411,32	20081,00
C05: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax} +0,5.Q _{la/lb} +0,5.Q _S	-7646,88	5761,72	-1579,41	12299,26		-12370,48	9660,04	-2397,33	19681,78
C06: G _{sup} +G _{inf} +Q _{vmax}	-7124,65	5794,93	-1567,93	11476,00		-11485,83	9716,30	-2377,89	18287,18
C07: G _{sup} +G _{inf} +W _{max} .	-4322,16	3421,98	-571,24	7013,01		-6847,86	5570,54	-924,01	11077,70
max.hodnota (s nerovnomer. sadnutím)	-8210,62	3421,98	-1587,67	13233,63		-13289,14	10227,97	-2323,88	21197,32
max.hodnota (bez nerovnomer. sadnutia)	-8201,12	3412,08	-1587,63	13218,86		-13276,32	10214,60	-2323,83	21177,38

Nx, osová sila	N _{Ed} =	21197,32 kN
My, maximálny záporný ohybový moment	My _{Ed} =	-13289,14 kNm
Mz, prisluchajúci rozhodujúcej kombinácii pre max. -My, N	Mz _{Ed} =	10227,97 kNm
Mx	Mx _{Ed} =	-9828,48 kNm
Vz, prisluchajúca rozhodujúcej kombinácii pre max.-My, N	Vz _{Ed} =	-2323,88 kN
Vy	Vy _{Ed} =	955,37 kN

c) Overenie odolnosti prierezu v medznom stave únosnosti

Štíhlosť steny:

$$h_w/t_w = 2520/25 = 100,8$$

$$> (31 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_t})/\eta = 31 \cdot 0,814 \cdot \sqrt{11,69/1,2} = 71,917$$

zohľadniť vydúvanie šmykom

$$a/h_w \geq 1: \quad k_t = 5,34 + 4,00 \cdot (h_w/a)^2 + k_{ts1} =$$

$$a/h_w < 1: \quad k_t = 4,00 + 5,34 \cdot (h_w/a)^2 + k_{ts1} = 11,69$$

$$\text{Súčiniteľ vydúvania šmykom: } \gamma_{wv} = h_w / (86,4 \cdot t_w \cdot \varepsilon) = 2520 / (86,4 \cdot 25 \cdot 0,814) = 1,43$$

$$h_w = 2520 \text{ mm}$$

$$t_w = 25 \text{ mm}$$

$$a = 2100 \text{ mm}$$

$$\gamma_{wv} = 0,643$$

výška steny

hrúbka plechu steny

vzdialenosť výstuh

Overenie odolnosti od šmykových napätí

Rozhodujúca šmyková sila:

$$V_{z,Ed} = -2323,88 \text{ kN}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$A_{w,net} = 126000,0 \text{ mm}^2$$

$$\eta_3 = \frac{\tau_{Ed}}{f_{y,wd}} = \frac{V_{z,Ed} \cdot \sqrt{3}}{\chi_w \cdot A_{w,net} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

$$f_{yw,d} = f_{yw} / \gamma_{M0} = 355 / 1 = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\chi_w = 0,643 \text{ (podľa STN EN 1993-1-5, kap.5)}$$

$$\eta_3 = \frac{2323,88 \cdot \sqrt{3}}{0,643 \cdot 126.355} = 0,140$$

< 0,5 ► **vplyv šmyku možno zanedbať!**< 1,0 ► **vyhovuje****Overenie odolnosti od normálových napätí****posúdenie v mieste III (prierez nad podporou)**

Rozhodujúce vnútorné sily:

$$N_{Ed} = 21197,32 \text{ kN}$$

$$f_{yt1d} = f_{yt1} / \gamma_{M0} = 355,0 \text{ Mpa}$$

Podmienka spoľahlivosti:

$$M_{y,Ed} = -13289,14 \text{ kNm}$$

$$f_{yt2d} = f_{yt1} / \gamma_{M0} = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$M_{z,Ed} = 10227,97 \text{ kNm}$$

$$f_{yw,d} = f_{yw} / \gamma_{M0} = 355,0 \text{ Mpa}$$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,eff} \cdot f_{yd}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,eff} \cdot f_{yd}} \leq 1,0$$

$$\eta_{1h} = \frac{21197,32}{241,782 \cdot 355} - \frac{-13289,14}{182,372 \cdot 355} + \frac{10227,97}{63,209 \cdot 355}$$

$$\eta_{1d} = \frac{21197,32}{241,782 \cdot 335} + \frac{-13289,14}{232,65 \cdot 335} + \frac{10227,97}{63,209 \cdot 335}$$

$$\eta_{1h} = 0,247 - 0,205 + 0,456 = 0,908 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}$$

$$\eta_{1d} = 0,262 + 0,171 + 0,483 = 0,574 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}$$

Overenie odolnosti rovinného namáhania steny**posúdenie v mieste III (prierez nad podporou)**

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_{1,w,d} = 0,780$$

$$\eta_{1,w,h} = 0,375$$

$$\eta_{2,w} = 0,000$$

$$\eta_{3,w} = 0,140$$

$$(\eta_{1,w})^2 + (\eta_{2,w})^2 - (\eta_{1,w}) \cdot (\eta_{2,w}) + 3 \cdot (\eta_{3,w})^2 \leq 1,0$$

Dolné vlákna:

$$(0,78) \cdot (0,78) + (0) \cdot (0) - (0,78) \cdot (0) + 3 \cdot (0,14) \cdot (0,14) < 1,0$$

$$0,667 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}$$

Horné vlákna:

$$(0,375) \cdot (0,375) + (0) \cdot (0) - (0,375) \cdot (0) + 3 \cdot (0,14) \cdot (0,14) < 1,0$$

$$0,199 < 1,0 \text{ ► vyhovuje}$$

Napätia [Mpa] v mieste z=50mm od spodu nosníka a v mieste y=225mm od ľavého okraja nosníka							
	horné vlákna			dolné vlákna		miesto posúdenia	napätie "N"
	$\sigma_{h,L}$	$\sigma_{h,P}$		$\sigma_{d,L}$	$\sigma_{d,P}$		
σ	288,31	-1,27		158,32	-131,26	151,41	87,67
η	0,812	0,004		0,446	0,370	0,427	0,247
							napätie "My"
							$\sigma_{(z),My}$
							$\sigma_{(y),Mz}$
							-54,63
							0,154
							0,333

Napätia [Mpa] v mieste z=2570mm od spodu nosníka a v mieste y=225mm od ľavého okraja nosníka							
	horné vlákna			dolné vlákna		miesto posúdenia	napätie "N"
	$\sigma_{h,L}$	$\sigma_{h,P}$		$\sigma_{d,L}$	$\sigma_{d,P}$		
σ	288,31	-1,27		158,32	-131,26	276,92	87,67
η	0,812	0,004		0,446	0,370	0,780	0,247
							napätie "My"
							$\sigma_{(z),My}$
							$\sigma_{(y),Mz}$
							70,88
							0,200
							0,333

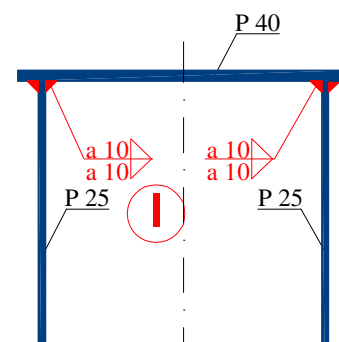
Hlavný nosník pre posúdenie v mieste III – nad podporou..... **vyhovuje.****d) Posúdenie krčných zvarov***I - Spoj stien a hornej pásnice:*

Pripojenie stien trámu a plechu hornej pásnice je riešené pomocou obojstranných kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{max.}=40\text{mm}$, $a_{wmin}=8\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru $a_w=10\text{mm}$.

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	10,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}}=$	6,927E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	2,668E+11 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	-2323,88 kN
	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	0,00 Mpa



Výpočet:

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{\parallel} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_{y,\text{eff}}}{I_{y,\text{eff}} \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{2323,88 \cdot 69268,65}{266827,38 \cdot 4 \cdot 10} = 15,08 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 15,08^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$26,12 < 453,3 \text{ Mpa vyhovuje}$$

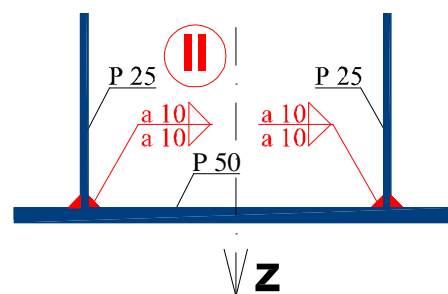
II - Spoj stien a dolnej pásnice:

Pripojenie stien trámu a plechu dolnej pásnice je riešené pomocou obojstranných kútových zvarov. Pre maximálnu hrúbku spájaných častí $t_{\text{max.}}=50\text{mm}$, $a_{w\text{min}}=9\text{mm}$.

► navrhujeme účinnú výšku zvaru $a_w=10\text{mm}$.

Dané:

účinná výška zvaru:	$a_w=$	10,00 mm
medza pevnosti materiálu	$f_u=$	510,00 Mpa
korelačný faktor pre kútové zvary:	$\beta_w=$	0,90
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre zvary:	$\gamma_{M2}=$	1,25
statický moment plochy prierezu:	$S_{y,\text{eff}}=$	8,414E+07 mm ³
moment zotrvačnosti prierezu:	$I_{y,\text{eff}}=$	2,668E+11 mm ⁴
max.šmyková sila v posudzovanom mieste:	$V_{z,\text{Ed}}=$	-2323,88 kN
	$\sigma_{\perp}=\tau_{\perp}=$	0,00 Mpa



Výpočet:

$$\text{šmykové napätie rovnobežné s osou zvaru : } \tau_{\parallel} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_{y,\text{eff}}}{I_{y,\text{eff}} \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{2323,88 \cdot 84142,74}{266827,38 \cdot 4 \cdot 10} = 18,32 \text{ Mpa}$$

Posúdenie:

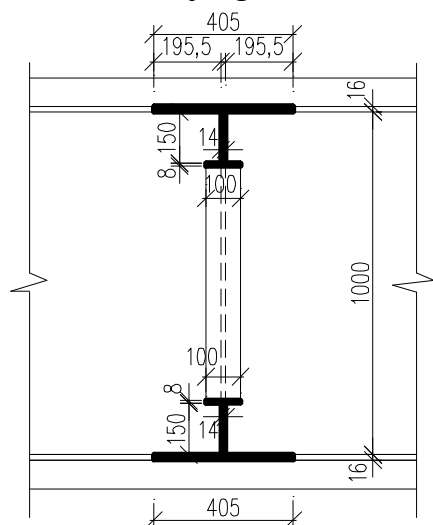
$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 18,32^2)]^{0,5} \leq 510 / (0,9 \cdot 1,25)$$

$$31,73 < 453,3 \text{ Mpa vyhovuje}$$

4.8.4 Diafragmy hlavného nosníka

4.8.4.1 Diafragma v mieste zvislíc



Efektívny prierez diafragmy:

$$t_w = 16 \text{ mm}, s_1 = 15 \cdot \varepsilon_m \cdot t_w = 15 \cdot 0,814 \cdot 16 = 195,36 \text{ mm}$$

Minimálny kvadratický moment plochy (1 strany):

$$I_y = 2,97 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4; I_z = 8,93 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_{st} = \min(I_y; I_z) = 2,97 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

a) Tuhostné posúdenie diafragmy

$$a / h_w < \sqrt{2} \Rightarrow 2,1 / 2,52 = 0,833 < 1,41$$

$$I_{st} \geq 1,5 \cdot h_w^3 \cdot t_w^3 / a^2$$

$$2,97 \cdot 10^{-5} \geq 1,5 \cdot 2,52^3 \cdot 0,016^3 / 2,1^2$$

$$2,97 \cdot 10^{-5} \geq 2,23 \cdot 10^{-5} \dots\dots\dots \text{vyhovuje}$$

b) Pevnostné posúdenie diafragmy

$V_{Ed} = 2019,06 \text{ kN}$ /posúvajúca sila v mieste prvej zvislice/

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot b^2} = 189800 \cdot \left[\frac{t_w}{h_w} \right]^2 = 189800 \cdot \left[\frac{0,016}{2,52} \right]^2 = 7,65 \text{ MPa}$$

$$\frac{a}{h_w} = \frac{2,1}{2,52} = 0,833 < 1,0 \Rightarrow k_\tau = 4,0 + 5,34 \cdot \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 + k_{tst}$$

$$k_\tau = 4,0 + 5,34 \cdot \left(\frac{2,52}{2,1} \right)^2 + 0 = 11,69$$

$$\tau_{CR} = k_\tau \cdot \sigma_E = 11,69 \cdot 7,65 = 89,43 \text{ MPa}$$

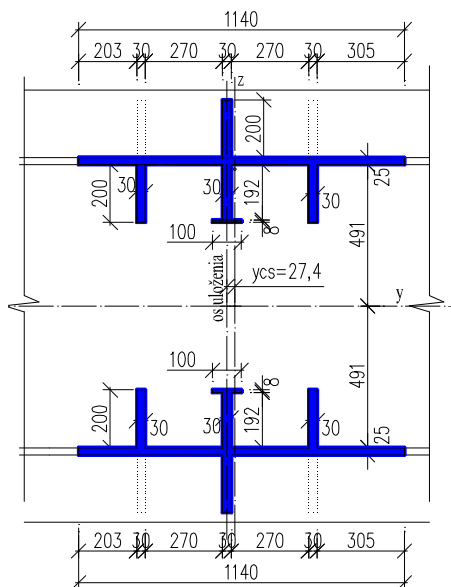
$$\bar{\lambda}_w = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{CR}}} = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{355}{89,43}} = 1,514 > 1,08 \Rightarrow \chi_w = \frac{0,83}{\bar{\lambda}_w} = \frac{0,83}{1,514} = 0,548$$

$$N_{Ed} = V_{Ed} - \frac{\chi_w \cdot f_{ywd} \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3}}$$

$$N_{Ed} = 2019,06 - \frac{0,548 \cdot 355 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 2,52 \cdot 0,016}{\sqrt{3}} = -7038,24 \text{ kN}$$

- diafragma nepreberá žiaden tlak (steny nosníka prenesú celé zaťaženie)
- diafragmu netreba pevnostne posúdiť.

4.8.4.2 Diafragma nad podperou



Efektívny prierez diagragmy:

$$t_w = 25 \text{ mm}, s_1 = 15 \cdot \epsilon_m \cdot t_w = 15 \cdot 0,814 \cdot 25 = 305,25 \text{ mm}$$

$$s_0 = 10 \cdot \epsilon_m \cdot t_w = 10 \cdot 0,814 \cdot 25 = 203,50 \text{ mm}$$

Minimálny kvadratický moment plochy (1 strany):

$$I_{y,1} = 36,81 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4; I_{z,1} = 418,31 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_{st,1} = \min(I_{y,1}; I_{z,1}) = 36,81 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4, y_{cs} = 27,4 \text{ mm}$$

a) Tuhostné posúdenie diafragmy

$$a / h_w < \sqrt{2} \Rightarrow 2,1 / 2,52 = 0,833 < 1,41$$

$$I_{st,1} \geq 1,5 \cdot h_w^3 \cdot t_w^3 / a^2$$

$$36,81 \cdot 10^{-5} \geq 1,5 \cdot 2,52^3 \cdot 0,025^3 / 2,1^2$$

$$36,81 \cdot 10^{-5} \geq 8,51 \cdot 10^{-5} \dots\dots\dots \text{vyhovuje}$$

b) Pevnostné posúdenie diafragmy

$V_{Ed} = 2323,88 \text{ KN}$ /posúvajúca sila v mieste podpery/

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot b^2} = 189800 \cdot \left[\frac{t_w}{h_w} \right]^2 = 189800 \cdot \left[\frac{0,025}{2,52} \right]^2 = 18,68 \text{ MPa}$$

$$\frac{a}{h_w} = \frac{2,1}{2,52} = 0,833 < 1,0 \Rightarrow k_\tau = 4,0 + 5,34 \cdot \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 + k_{\tau st}$$

$$k_\tau = 4,0 + 5,34 \cdot \left(\frac{2,52}{2,1} \right)^2 + 0 = 11,69$$

$$\tau_{CR} = k_\tau \cdot \sigma_E = 11,69 \cdot 18,68 = 218,37 \text{ MPa}$$

$$\bar{\lambda}_w = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{CR}}} = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{355}{218,37}} = 0,97 < 1,08 \Rightarrow \chi_w = \frac{0,83}{\bar{\lambda}_w} = \frac{0,83}{0,97} = 0,856$$

$$N_{Ed} = V_{Ed} - \frac{\chi_w \cdot f_{ywd} \cdot h_w \cdot t_w}{\sqrt{3}}$$

$$N_{Ed} = 2323,88 - \frac{0,856 \cdot 355 \cdot 10^3 \cdot 2,2 \cdot 2,52 \cdot 0,025}{\sqrt{3}} = -19782,22 \text{ KN}$$

$$F_{Ed} = A_{Ed} = 15627,37 \text{ KN}$$

$$\tau = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{2323,88 \cdot 10^3}{2,2 \cdot 2,52 \cdot 0,025} = 18,44 \text{ MPa}$$

$$\tau_m = \frac{\chi_w \cdot f_{ydw}}{\sqrt{3}} = \frac{0,856 \cdot 355}{\sqrt{3}} = 175,44 \text{ MPa}$$

$$M_{Ed} = \frac{(\tau - \tau_m) \cdot h_w \cdot A_w}{10 \cdot (\sqrt{1 + \alpha^2} - \alpha)} = \frac{(18,44 - 175,44) \cdot 2,52 \cdot 2,0 \cdot 0,025 \cdot 2,52}{10 \cdot (\sqrt{1 + 1,20^2} - 1,20)} = -13,77 \text{ KNm} \quad \blacktriangleright \text{ neuvažujem}$$

$$I_{y,st} = 24,72 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4, A_{st} = 105,88 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2, i_y = 0,483 \text{ m}, L_{cr} = 0,75 \cdot h_w = 0,75 \cdot 2,52 = 1,89 \text{ m}$$

$$I_{z,st} = 8,44 \cdot 10^{-3}; y_{cs} = 0,0274 \text{ m}; y_{max} = 0,593 \text{ m}$$

$$\lambda_{cr} = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{1,89}{0,483} = 3,91, \lambda_1 = 93,9, \varepsilon_m = 93,9 \cdot 0,814 = 76,43$$

$$\bar{\lambda}_{cr} = \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = \frac{3,91}{76,43} = 0,051 \Rightarrow \chi = 1,0$$

$$\frac{F_{Ed}}{\chi \cdot A_{st}} + \frac{M_{Ed} + F_{Ed} \cdot y_{cs}}{I_{z,st}} \cdot y_{max} \leq f_{yd}$$

$$\frac{15627,37 \cdot 10^3}{1,0 \cdot 105,88 \cdot 10^{-3}} + \frac{0 + 15627,37 \cdot 10^3 \cdot 0,0274}{8,44 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,593 \leq 355,0$$

$$177,68 \text{ MPa} \leq 355,0 \text{ MPa} \quad \text{.....} \quad \text{vyhovuje}$$

4.8.5 Posúdenie deformácií hlavného nosníka

4.8.5.1 Zvislé deformácie

Posúdenie je vykonané podľa kritérií uvedených v STN EN 1990/A1+NA.

a) Overenie priehybu

Maximálny priehyb od klasifikovaného charakteristického zvislého zaťaženia (STN EN 1991-2, kap.6.3.2 a kap. 6.3.3) umiestneného na oboch koľajach (max z {LM71+LM71, LM71+SW2, SW2+LM71} vrátane $\alpha=1,21$, vrátane dynamického súčiniteľa ϕ_3).

$$V \ 1/2 \ L_t: \ \delta=39,6\text{mm} < \delta_{lim}=L_t / 600 = 75600 / 600=126\text{mm} \quad \text{.....} \quad \text{vyhovuje.}$$

$$V \ 1/4 \ L_t: \ \delta=53,9\text{mm} < \delta_{lim}=L_t / 600 = 75600 / 600=126\text{mm} \quad \text{.....} \quad \text{vyhovuje.}$$

b) Overenie priehybu z hľadiska pohodlia cestujúcich pre $v=200\text{km/h}$:

Maximálny priehyb od zaťažovacieho modelu LM71 umiestneného len na jednej koľaji vrátane dynamického súčiniteľa ϕ_3 a súčiniteľa $\alpha=1,0$.

$$V \ 1/2 \ L_t: \ \delta=22,8\text{mm} < \delta_{lim}=L_t / 880 = 75600 / 880=85,9\text{mm} \quad \text{.....} \quad \text{vyhovuje.}$$

$$V \ 1/4 \ L_t: \ \delta=29,8\text{mm} < \delta_{lim}=L_t / 880 = 75600 / 880=85,9\text{mm} \quad \text{.....} \quad \text{vyhovuje.}$$

c) Nadvýšenie hlavných nosníkov konštrukcie

Oceľová konštrukcia sa vyrobí s nadvýšením rovnajúcim sa hodnote súčtu priehybu od všetkých stálych zaťažení na konštrukciu a štvrtine priehybu od dopravy. Výkres nadvýšenia je riešený v rámci **prílohy č.8.3**. Hodnota nadvýšenia v strede rozpätia:

$$n_{(L_t/2)} = \delta_{G(L_t/2)} + 0,25 \cdot \delta_{LM71(L_t/2)} = 36,7\text{mm} + 0,25 \cdot 39,6\text{mm} = 46,6\text{mm} \quad \blacktriangleright \quad 47\text{mm}$$

4.8.5.2 Premiestnenie hornej hrany mostovky pri opore

a) Premiestnenie (pozdĺžne) od brzdných (rozjazdových) síl

Maximálny posun δ_B od rozjazdových resp. brzdných síl vrátane dynamického súčiniteľa ϕ_3 .

$$\delta_B=1,8\text{mm} < \delta_{Blim}=5\text{mm} \quad \text{.....} \quad \text{vyhovuje.}$$

b) Horizontálne (pozdlžne) premiestnenie hrany konštrukcie od zvislých účinkov dopravyMaximálny posun δ_H od LM71 na max.2 koľajach vrátane dynamického súčiniteľa ϕ_3

$$\delta_H = 2,0 \text{ mm} < \delta_{H\text{lim}} = 10 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{vyhovuje.}$$

c) Vertikálne (zvislé) premiestnenie hrany konštrukcie vzhľadom k opore od zvislých účinkov dopravy**4.9 Výpočet dilatácií**Dilatácia vplyvom priehybu

$$\Delta L_{x,d} = 29,00 \text{ mm} - \text{skrátene}$$

Dilatácia vplyvom zmeny teploty konštrukcie

$$t_{\text{max}} = 45^\circ\text{C} \quad \text{maximálna teplota}$$

$$t_{\text{min}} = -35^\circ\text{C} \quad \text{minimálna teplota}$$

$$t_{\text{mont}} = 10^\circ\text{C} \quad \text{základná montážna teplota}$$

$$\text{pre predĺženie: } \Delta T^+ = t_{\text{max}} - t_{\text{mont}} = 45 - 10 = 35^\circ\text{C}$$

$$\text{pre skrátene: } \Delta T^- = t_{\text{mont}} - t_{\text{min}} = 10 - (-35) = 45^\circ\text{C}$$

$$\text{Súčiniteľ: } \alpha_T = 1,2 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Dĺžka mosta: } L = 0,95 + 75,6 + 0,95 = 77,5 = 77500 \text{ mm}$$

$$\text{Predĺženie: } \Delta L_{t,k}^+ = \Delta T^+ \cdot \alpha_T \cdot L = 35 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 77500 = 32,6 \text{ mm}; \quad \Delta L_{t,d}^+ = 1,5 \cdot 32,6 = 48,9 \text{ mm}$$

$$\text{Skrátene: } \Delta L_{t,k}^- = \Delta T^- \cdot \alpha_T \cdot L = 45 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 77500 = 41,90 \text{ mm} \quad \Delta L_{t,d}^- = 1,5 \cdot 41,9 = 62,9 \text{ mm}$$

Dilatácia vplyvom trenia konštrukcie v ložiskách (približný výpočet):

$$h = 300 \text{ mm} - \text{predpokladaná výška ložiska}$$

$$\mu = 0,02$$

$$T = R_z \cdot \mu = 16000 \cdot 0,02 = 320 \text{ kN}$$

$$\Delta L_{tr} = T \cdot (h/R_z) = 320,0 \cdot (300/16000) = 6,0 \text{ mm}$$

Návrhové predĺženie:

$$\Delta L^+ = \Delta L_{t,d}^+ + \Delta L_{tr} = 48,9 + 6,0 = 54,9 \text{ mm}$$

Návrhové skrátene:

$$\Delta L^- = \Delta L_{x,d} + \Delta L_{t,d}^- + \Delta L_{tr} = 29,0 + 62,9 + 6,0 = 97,9 \text{ mm}$$

Pre ložiská a mostné závery sa vypracuje VTD, ktorá bude rešpektovať navrhované dilatačné pohyby. Vzhľadom na pomerne veľké vodorovné sily musia byť však vyrobené atypické ložiská.

5. Záver

Statický výpočet mostného objektu je vypracovaný v zmysle platných noriem a predpisov. Statickým výpočtom bola posúdená navrhnutá konštrukcia mosta. Posúdenie bolo vypracované na základe výsledkov výpočtu maximálnych účinkov zaťaženia a podľa geologického profilu určeného na základe geologického prieskumu.

Po rekapitulácii výsledkov je možné skonštatovať, že predmetný objekt bude za predpokladaných podmienok spoľahlivo plniť svoju funkciu.

Vypracoval: Ing. Peter Vyšlan