

OBSAH

1 TECHNICKÁ SPRÁVA K STATICKÉMU VÝPOČTU	6
1.1 Identifikačné údaje o moste	6
1.2 Spracovatelia statického výpočtu	6
1.3 Technické riešenie	7
1.4 Predpoklady výpočtu.....	7
1.4.1 Nosná konštrukcia.....	7
1.4.2 Ložiská.....	8
1.4.3 Spodná stavba	8
1.4.4 Dopravné zaťaženie mosta	8
2 POUŽITÉ PODKLADY A NORMY	9
3 DISPOZIČNÉ RIEŠENIE.....	10
4 STATICKÝ VÝPOČET NOSNEJ KONŠTRUKCIE MOSTA.....	15
4.1 Predpoklady geometrie koľaje	15
4.1.1 Opis výpočtového modelu.....	16
4.1.2 Prierezy a hrúbky plechov v modeli.....	18
4.1.3 Materiály v modeli	21
4.2 Zaťaženie na nosnú konštrukciu mosta.....	21
4.2.1 Stále zaťaženia	21
4.2.2 Zaťaženie dopravou	22
4.2.3 Zaťaženie vetrom	27
4.2.4 Stav počas nadvihnutia konštrukcie a výmeny ložísk	29
4.3 Výpočet vnútorných síl.....	30
4.3.1 Polohy krátkodobého zaťaženia	30
4.3.2 Zaťažovacie stavy	48
4.3.3 Kombinácie	50
4.4 Vnútorné sily a systém posudzovania	51
4.5 Posúdenie pozdĺžnej výstuhy	52
4.5.1 Pozdĺžna výstuha.....	52
4.5.2 Únavová odolnosť pozdĺžnej výstuhy	55
4.6 Posúdenie priečnej výstuhy.....	57
4.6.1 Vnútna priečna výstuha - plná	57
4.6.2 Vnútna priečna výstuha - oslabená	60
4.6.3 Krajná priečna výstuha - pod vaňou.....	62
4.6.4 Krajná priečna výstuha - kraj	65
4.6.5 Únavová odolnosť priečnej výstuhy.....	66
4.7 Posúdenie trámu	68
4.7.1 Prierez v poli	68
4.7.2 Prierez nad podperou.....	71
4.7.3 Únavová odolnosť trámu.....	75
4.8 Posúdenie oblúka	77
4.8.1 Posúdenie prierezu oblúka	77
4.8.2 Stabilitný výpočet	80
4.8.3 Rozhodujúce vnútorné sily.....	81
4.8.4 Posúdenie stability oblúka.....	83
4.9 Posúdenie zvislice.....	87

4.9.1	Posúdenie zvislice	87
4.9.2	Prípoj zvislice na trám /oblúk.....	88
4.9.3	Únavová odolnosť zvislice.....	88
4.10	Posúdenie stužidla	91
4.11	Posúdenie deformácií NK	93
4.12	Zmeny v DRS v roku 2024 oproti pôvodnému stupňu DRS	94
4.12.1	Posúdenie zvislice na MSÚ.....	94
4.12.2	Posúdenie zvislice na MSP (obmedzenie napätí).....	96
4.12.3	Posúdenie prípoja zvislice na únavu	97
4.12.4	Posúdenie styčnickového plechu na MSÚ	98
4.12.5	Posúdenie styčnickového plechu na MSP (obmedzenie napätí)	100
4.12.6	Posúdenie prípoja styčnickového plechu na únavu.....	100
4.12.7	Posúdenie zvislice na odtrhávajúce vŕtočky	101
4.13	Záver posudku nosnej konštrukcie	105
5	ĎALŠIE POŽADOVANÉ OVERENIA	106
5.1	Dynamická analýza konštrukcie	106
5.1.1	Vlastné tvary kmitania	106
5.1.2	Overenie potreby dynamickej analýzy	109
5.2	Posúdenie seizmicity	109
5.3	Posúdenie kombinovanej odozvy konštrukcie a koľaje	110
6	LOŽISKÁ A REAKCIE NA SPODNÚ STAVBU	111
6.1	Zaťaženie ložísk	111
6.2	Výpočet dilatácií	112
6.3	Návrh ložísk - požiadavky na ložiská.....	112
6.4	Posúdenie ukotvenie ložísk	113
6.5	Reakcie na opory	114
7	SPODNÁ STAVBA	115
7.1	Podklady k výpočtom spodnej stavby.....	115
7.2	Výpočet mostnej opory O1.....	115
7.2.1	Vstupné údaje.....	115
7.2.2	Zaťažovacie stavy konštrukcie	118
7.2.3	Posúdenie mostnej opory O1.....	121
7.2.4	Dimenzovanie prierezov	122
7.2.5	Výpočet stability svahu s oporou	123
7.3	Výpočet mostnej opory O2.....	126
7.3.1	Vstupné údaje.....	126
7.3.2	Zaťažovací stav	128
7.3.3	Posúdenie mostnej opory O2.....	131
7.3.4	Dimenzovanie prierezov	132
7.3.5	Výpočet stability svahu	133
8	POSÚDENIE DOČASNÝCH PAŽENÍ A ZAKLADANIA PROVIZÓRIA	134
8.1	Posúdenie štetovnicovej steny ŠS4	134
8.1.1	Vstupné údaje.....	134
8.1.2	Výsledky výpočtu (Fáza budovania 1).....	136
8.1.3	Výsledky výpočtu (Fáza budovania 2).....	137
8.2	Posúdenie dočasného piliera provizórneho mostu	137

8.2.1	Vstupný model a charakteristiky.....	137
8.2.2	Údaje o zaťažení	138
8.2.3	Model piliera a fázy výpočtu.....	139
8.3	Posúdenie konštrukcie dočasnej opory 2.....	142
8.3.1	Vstupné údaje.....	142
8.3.2	Údaje o zaťažení	143
8.3.3	Výsledky výpočtu (Fáza budovania 1).....	144
8.3.4	Výsledky výpočtu (Fáza budovania 2).....	146
8.3.5	Výsledky výpočtu (Fáza budovania 3).....	148
8.3.6	Posúdenie celkovej stability opory.....	149
8.4	Literatúra k spodnej stavbe.....	151
9	ZÁVER	152

1 TECHNICKÁ SPRÁVA K STATICKÉMU VÝPOČTU

Predmetom tohto statického výpočtu je návrh hlavných častí železničného mosta SO 408.33.08, ktorý premostuje rieku Belá pre žst. Liptovský hrádok v smere od Žiliny.

Nové smerové vedenie železničnej trate navrhnuté v rámci modernizácie železničnej trate Liptovský Mikuláš - Poprad Tatry pre traťovú rýchlosť do 160 km/h si vyžiadalo rekonštrukciu železničného mosta v sžkm 247,096 ponad rieku Belá. Pôvodné nosné konštrukcie s prvkovými mostovkami nevyhovujú na traťovú rýchlosť 160 km/h, kedy je požadované priebežné koľajové lôžko. Navyše je z nového vedenia železničnej trate nutné zabezpečiť na moste prechodový prierez MPP3, čo pôvodné konštrukcie neumožňujú.

Pri posúdení mostnej konštrukcie je plne použitá sústava nových európskych noriem STN EN pre navrhovanie a posudzovanie mostných konštrukcií.

1.1 IDENTIFIKAČNÉ ÚDAJE O MOSTE

Stavba:	Modernizácia železničnej trate Žilina - Košice, úsek trate Liptovský Mikuláš - Poprad Tatry (mimo) - 5. Etapa
UČS:	408 - Žst. Liptovský Hrádok
Miesto objektu:	Kataster obce Liptovský Hrádok
Okres:	Liptovský Mikuláš
Kraj:	Žilinský
Stavebník:	Železnice Slovenskej republiky Bratislava, Klemensova 8, 813 61 Bratislava
Budúci užívateľ:	Železnice Slovenskej republiky Bratislava, Klemensova 8, 813 61 Bratislava
Generálny projektant:	REMING Consult a.s. Trnavská cesta 27, 831 04 Bratislava 3
MP stavby:	Ing. Ján Kušnír
Spracovateľ PD objektu:	Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra stavebných konštrukcií a mostov, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina
Stupeň PD:	DRS

1.2 SPRACOVATELIA STATICKÉHO VÝPOČTU

Zodpovedným statikom/projektantom objektu je prof. Ing. Josef. Vičan, CSc. (KSKM, SvF, ŽU Žilina).

Statický výpočet vypracoval doc. Ing. Jaroslav Odrobiňák, PhD. a Ing. Jozef Prokop, PhD. (KSKM, SvF, ŽU Žilina), okrem posúdenia spodnej stavby, ktoré vykonal prof. Ing. Marián Drusa, PhD. (KGt, SvF, ŽU Žilina).

Traja z menovaných autorov sú autorizovaný stavební inžinieri pre oblasť statiky stavieb.

prof. Ing. Josef Vičan, CSc. - A. I. 1633*SP*I3

Ing. Jaroslav Odrobiňák, PhD. - A. I. 5256*I3

doc. Ing. Marián Drusa PhD. - A. I. 4692*Z*I3

1.3 TECHNICKÉ RIEŠENIE

Navrhovaný mostný objekt je navrhnutý ako jednopoložný most s rozpätím 66,0 m. Nosná konštrukcia je navrhnutá ako jednoducho uložený dvojkoľajný ocel'ový trámový most vystužený oblúkom (Langerov trám). Mostovka je navrhnutá ako ortotropná doska v tvare vane pre štrkové lôžko. Nosná konštrukcia bude uložená na novej spodnej stavbe. Táto pozostáva z dvoch gravitačných opôr. Zemné teleso za oporami je zabezpečené dvoma rovnobežnými krídlami na košickej aj žilinskej strane.

Hlavné údaje o novo navrhovanom moste:

- Traťová rýchlosť: 160 kmh⁻¹
- Smerové pomery: šíra trať, v priamej, prevýšenie 0 mm
- Sklonové pomery: stúpa 0,455 ‰ v smere staničenia
- šírkové uspor.: MPP3 + 2x250 mm
- Zvršok: UIC60-B91
- Prekážka: koryto rieky Belá
- Uhol kríženia: 74°
- Rozpätie: 66 m

1.4 PREDPOKLADY VÝPOČTU

1.4.1 Nosná konštrukcia

Nosná konštrukcia premostenia je riešená pomocou oblúkovej konštrukcie v podobe tuhého trámu vystuženého voľným oblúkom – Langerov trám s priebežným koľajovým lôžkom na plechovej ortotropnej mostovke. Rozpätie nosnej konštrukcie je 66,00 m. Vzhľadom na smerové pomery prevádzaných koľají nachádzajúcich sa v tesnej blízkosti zhlavia žst. Liptovský Hrádok bolo nutné most navrhnuť ako dvojkoľajný.

Hlavné nosníky mostu situované v osovej vzdialenosti 12,50 m sú tvorené komorovým trámom vystuženým voľným oblúkom vzopätia 12,00 m. Komorový trám má konštantný prierez v celej dĺžke mosta. Jeho výška 2030 mm a vnútorná šírka 936 mm umožňujú priechodnosť trámu. Steny sú vysoké priemerne 1970 mm a majú v poli hrúbku 12 mm, ktorá nad oporami v mieste napojenia oblúka prechádza do hrúbky 24 mm. Pásnice komorového prierezu sú navrhnuté z profilu P 30 x 1000 mm a sú konštantné v celej dĺžke mosta. Komorové prierezy trámov sú vystužené priečnymi diafragmami P 14 mm situovanými v miestach napojenia priečných výstuh a mm v miestach závesov sú doplnené lemovaním z P 18 x 200. Oválne otvory min. rozmerov 600 x 1300 mm zabezpečujú priechodnosť trámov. Priečne diafragmy v mieste napojenia závesov sú v hornej časti navrhnuté z P 30 mm. Na trámy sú s excentricitou 400 mm napojené kružnicovo zakrivené oblúky teoretického vzopätia 12,00 m navrhnuté z uzatvorených prierezov tvorených stenami P 30 x 1100 mm, hornou pásnicou P 34 x 1000 mm a dvoch dolných pásnic P 34 x 900 mm. Prierezy oblúkov sú vystužené plnostennými diafragmami P 30 mm v miestach napojenia zvislíc a v tretinách dĺžky medzi závesmi z plechu P 14. V diafragmách sú kruhové otvory 600 mm.

Mostný prierez je hore uzavretý rámovým nadmostovkovým stužením tvoreným len priečkami z rúrok R 610/16 mm situovaných v osových vzdialenostiach po 13,20 m. Priečky sú na oblúk pripojené tupými zvarmi.

Nosná konštrukcia má dolnú plechovú ortotropnú mostovku s priebežným koľajovým lôžkom. Plech mostovky hrúbky 16 mm je tvarovaný do profilu žľabu koľajového lôžka s šikmými bočnými stenami P 16 x 685 mm a rímsovým plechom P 16 x 350 mm. Pozdĺžne ploché výstuhy situované v osovej vzdialenosti

po 460 mm sú navrhnuté z profilu P 22 x 250 mm. Priečne výstuhy sú po 2200 mm a majú premenný prierez tvaru \perp tvorený stenou P 14 x 1170 mm v najnižšom mieste mostovky a v strede mosta má stena priečnej výstuhy parametre P 14 x 1239 mm. V mieste pripojenia priečnej výstuhy na trám dosahuje stena výšku v hodnote celej výšky koľajového žľabu až po rímsové plechy, t.j. P 14 x 1247 mm. Dolné pásnice priečných výstuh sú navrhnuté z profilu P 30 x 320 mm. Nadpodperové priečniky sú mohutnejšie, majú stenu v strede z P 14, ale od miesta pre osadenie lisov po nosníky je navrhnutá hrubšia stena z plechu P 24, pričom pásnicu majú konštantne P 40 x 400.

Dolná časť nosnej konštrukcie – mostovka s nosníkmi - je priečne členená na 5 montážnych dielcov spájaných montážnymi zvarovými spojmi. a sú navrhnuté z ocele S355.

Plánovaná životnosť mosta je 100 rokov.

1.4.2 Ložiská

Nosná konštrukcia sa osadí na hrncové ložiská typu RW. Konštrukcia je uložená na jednom pevnom, jednom jednosmerne a dvoch všesmerne posuvných ložiskách. Ich usporiadanie a poloha na spodnej stavbe – pozri výkresová časť a technická správa. Ložiská sú osadené na výstupkoch úložných prahov opôr.

1.4.3 Spodná stavba

Spodnú stavbu mosta tvoria dve železobetónové gravitačné opory O1, O2 s hrúbkou driekov 3,60 m a dĺžkou 15,00 m, v rímsovej časti majú opory celkovú šírku 15,20 m. Na opory nadväzujú rovnobežné krídla s hrúbkou drieku 2,25 m a dĺžky 4,20 m. Drieky opôr ako aj krídiel ležia na samostatných plošných blokových základoch výšky 2,00 m s rovnakou dĺžkou ako drieky a s rozšírením oproti driekom o 1,00 m. Pod základovými blokmi opôr a krídiel je vrstva z podkladového betónu C12/15 hrúbky 200 mm uloženého na zhutnenej cca 500 mm hrubej štrkopieskovej vrstve.

Úložné prahy obidvoch opôr sú navrhnuté z betónu C30/37 a sú vystužené v pozdĺžnom aj priečnom smere vo viacerých výškových úrovniach. V oblasti pod ložiskovými blokmi je pozdĺžna aj priečna výstuž s ohľadom na sústredené namáhanie zväčšená. Do ložiskových blokov sú do káps na plastmaltu osadené úložné dosky ložísk s navarenými trňami. Je potrebné dostatočne presne výškovo osadiť úložné dosky, nakoľko výška jednotlivých ložiskových blokov, resp. úložných dosiek je pre každé ložisko iná a je navrhnutá pre presne špecifikovaný typ ložiska. Úložné prahy sú monoliticky prepojené so závernými múrmi, ktoré sú zhotovené tiež z betónu C30/37

Prechodové dosky sú z betónu C30/37.

Drieky rovnobežných krídiel sú navrhnuté z betónu C25/30. Horná časť krídiel je odstupňovaná na hrúbku 1,20 m a je navrhnutá z betónu C30/37.

Založenie spodnej stavby je plošné.

1.4.4 Dopravné zaťaženie mosta

Most je navrhnutý na účinky LM71 so súčiniteľom $\alpha = 1,21$ a súpravy SW/2 vrátane ich dynamických účinkov podľa STN EN 1991-2 Zaťaženie mostov dopravou. Rovnako sú zohľadnené aj príslušné vodorovné účinky dopravy.

2 POUŽITÉ PODKLADY A NORMY

- [1] Schválená dokumentácia pre stavebné povolenie objektu SO 408.33. 08 - Žst. Liptovský Hrádok, rekonštrukcia železničného mosta cez Belú v nžkm 244,013 (sžkm 247,096). Reming Consult, a.s. 11/2010.
- [2] Schválené zmeny a riešenia z rokovaní o celej stavbe, ucelenej časti stavby (UČS 408) alebo o predmetnom stavebnom objekte (SO 408.33.08).
- [3] Podklady z inžiniersko-geologických prieskumov vypracované bv rámci „Doplňkového inžinierskogeologického prieskumu“, CAD-ECO, a.s., Bratislava 05/2010.
- [4] Odborný posudok dokumentácie pre stavebné povolenie (č. 06850/2011/O420).
- [5] Schvaľovacie rozhodnutie dokumentácie pre stavebné povolenie (č. 1847/2011 – SRP/55010).
- [6] Špecifikácia technicko-kvalitatívnych podmienok spracovania.
- [7] Obhliadka miesta stavby.
- [8] STN EN 1990 + Národná príloha: Zásady navrhovania konštrukcií.
- [9] STN EN 1990/A1 + Národná príloha: Zásady navrhovania. Zmena A1: Príloha A2: Použitie pre mosty.
- [10] **Súbor noriem, zmien a národné prílohy k STN EN 1991:** Zaťaženie stavebných konštrukcií. (časti 1-1, 1-4 a 2).
- [11] **Súbor noriem, zmien a národné prílohy STN EN 1992:** Navrhovanie betónových konštrukcií. (časti 1-1 a 2).
- [12] **Súbor noriem, zmien a národné prílohy k STN EN 1993:** Navrhovanie oceľových konštrukcií. (časti 1-1, 1-5, 1-6, 1-8, 1-9, a 2).
- [13] **Súbor noriem a národné prílohy k STN EN 1994:** Navrhovanie spriahnutých oceľobetónových konštrukcií. (časti 1-1 a 2)
- [14] **Súbor noriem, zmien a národné prílohy k STN EN 1997:** Navrhovanie geotechnických konštrukcií. (časti 1 a 2).
- [15] STN 73 6201: Projektovanie mostných objektov.
- [16] STN EN 206-1: Betón – Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda.
- [17] STN 28 0315: Priechodové prierezy celoštátnych tratí a vlečiek s rozchodom koľají 1435 mm a 1520 (1524) mm. Základné ustanovenia.
- [18] Technický predpis S3: Železničný zvršok. GR ŽSR.
- [19] TNŽ 73 6312: Navrhovanie konštrukčných vrstiev podvalového podlažia. GR ŽSR 2005.
- [20] Mostní vzorový list MVL 102 (Přechod mezi nosnými konstrukcemi, přechod mezi nosnou konstrukcí a opěrou, přechod mezi spodní stavbou a zemním tělesem). ČD Praha 1996.
- [21] Úložné prahy podpěr železničních mostů. Typizační směrnice (Tsm-V). SUDOP Praha 1987.
- [22] EN 1536 Execution of special geotechnical work. Bored piles, 2003.
- [23] KOLÁŘ V., NĚMEC I.: Contact Stress and Settlement in the Structure - Soil Interface. Study ČSAV 16.91, ACADEMIA Praha, 1991.
- [24] STN EN 14475 (73 1009) - Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Vystužené zemné konštrukcie, 2007
- [25] Manuál výpočtového systému SCIA Engineer 2009.
- [26] Manuál výpočtového systému GEO 5.

* hrubou vyznačený je súbor zjednotených Európskych noriem "Eurokódov"

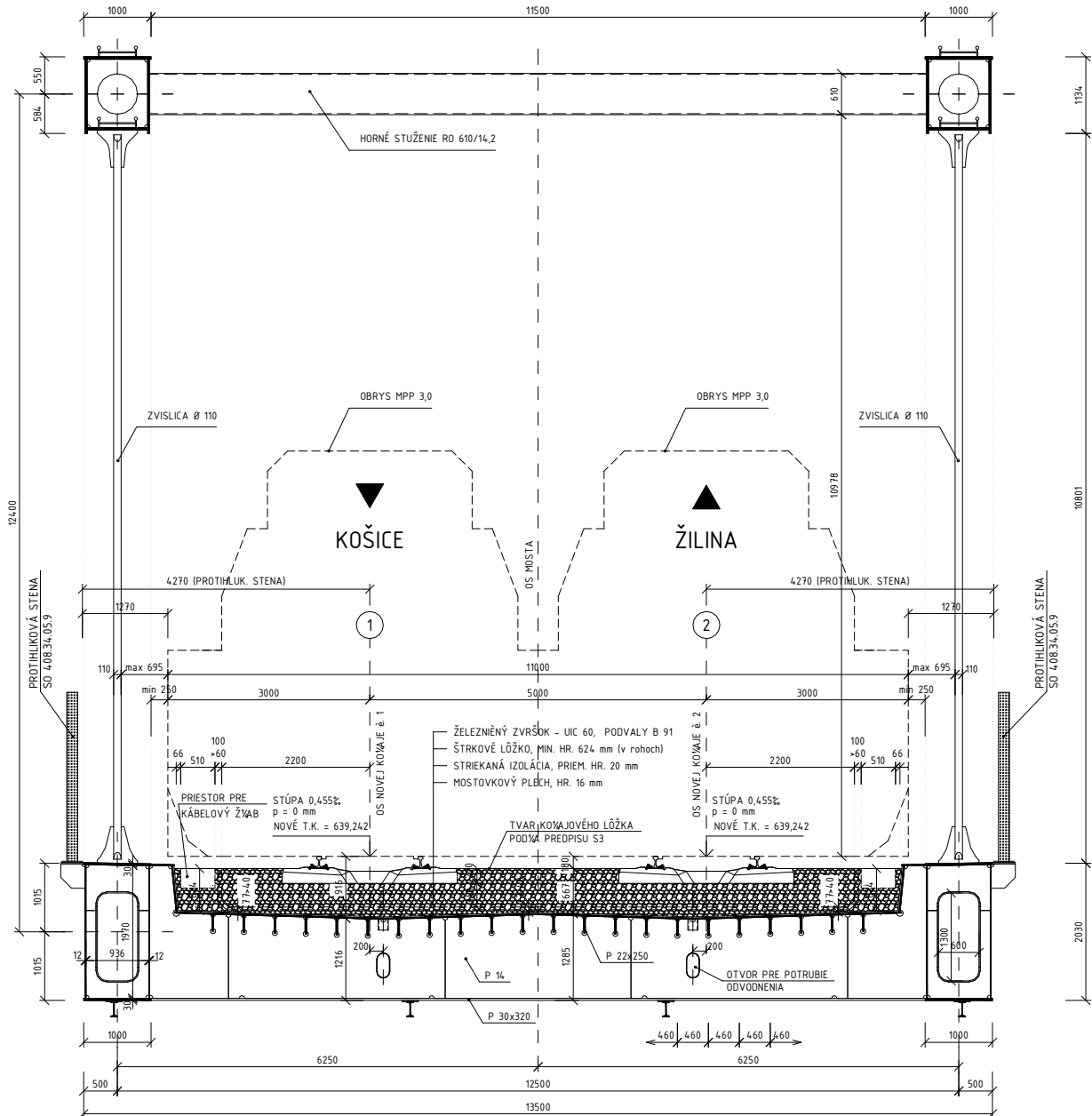
M 1:100



REZ A-A
M 1:100



REZ UPROSTRED ROZPÄTIA REZ F-F - km 244,013000 M 1:50

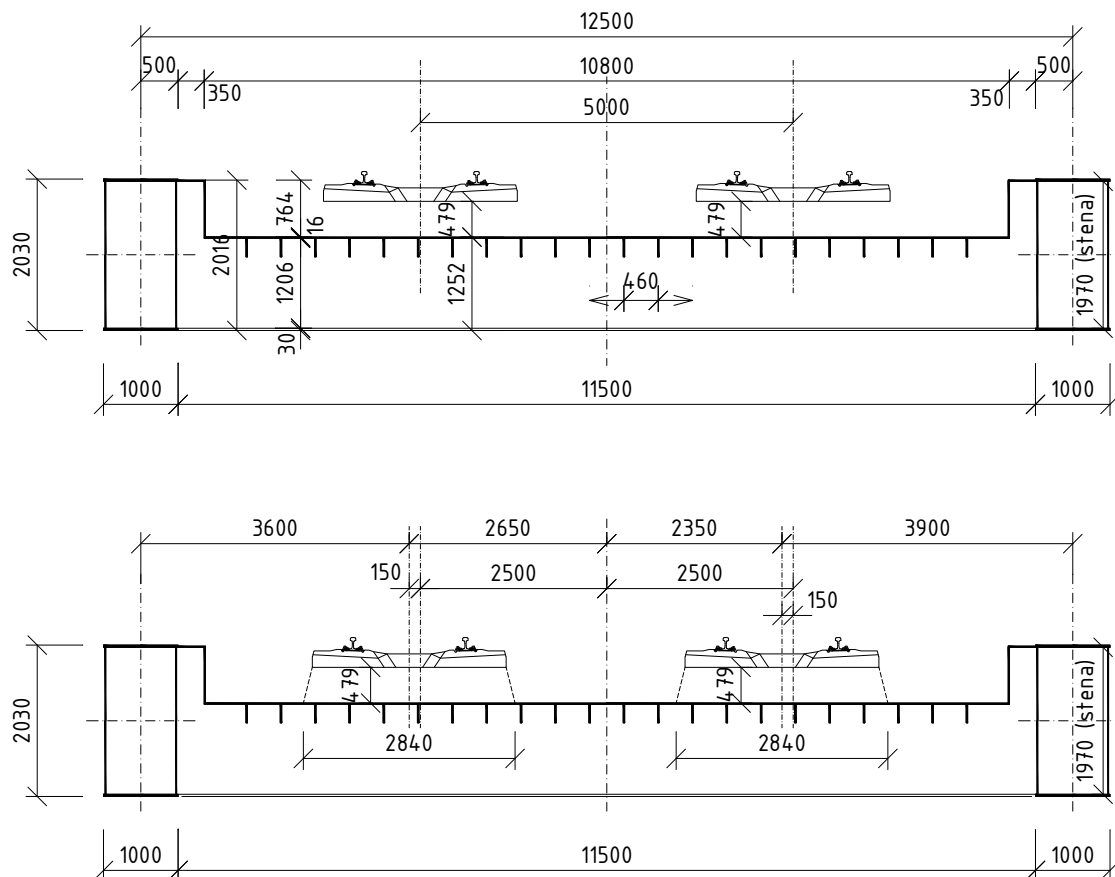


4 STATICKÝ VÝPOČET NOSNEJ KONŠTRUKCIE MOSTA

4.1 PREDPOKLADY GEOMETRIE KOĽAJE

Pre potreby statického výpočtu boli zavedené určité zjednodušenia a predpoklady.

V prípade geometrie mostovky ide hlavne o zanedbanie vyspádovania dna vane, jej bokov a chodníkového plechu. Rovnako bol zanedbaný aj priečny sklon hornej pásnice hlavného nosníka.



Model mostovky a uvažované krajné polohy koľaje

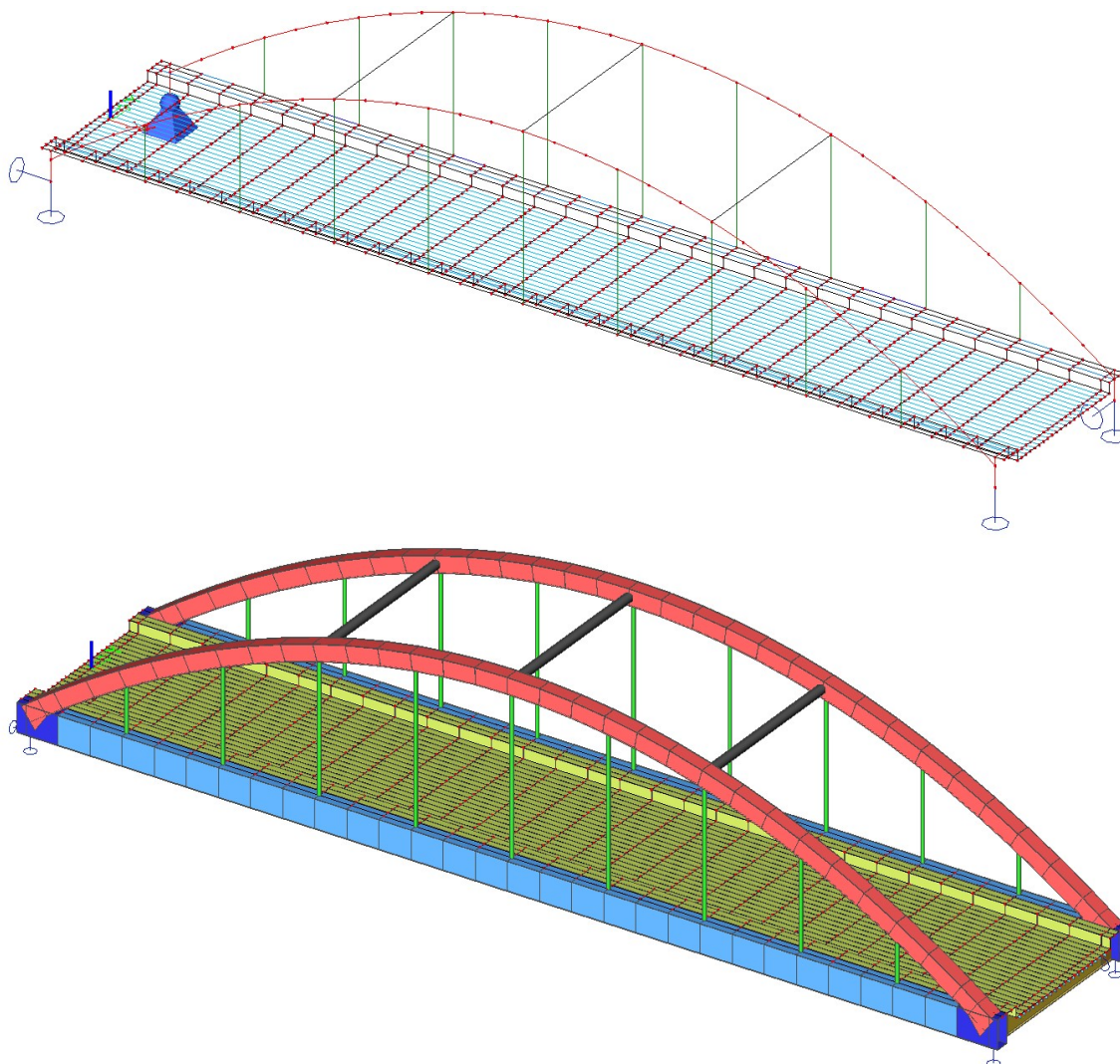
Vzhľadom k možnosti zmeny polohy koľaje na moste od projektovanej polohy, je potrebné uvažovať zaťažovacie stavy vyvolávajúce najnepriaznivejšie vnútorné sily. V súlade s STN EN 1991-2 je uvažované s najkrajnejšou možnou polohou koľaje. V prípade analyzovaných konštrukcií je tak počítané nie s projektovanou polohou, ale s najnepriaznivejšou možnou polohou koľaje, kedy je koľaj posunutá o maximálnu možnú vzdialenosť, ktorú dovoľuje štrkové lôžko s potrebnou rezervou po okrajoch. V našom prípade ide o hodnotu **150 mm**, kedy je vynechaný priestor pre osadenie káblových žľabov šírky až 580 mm. Teda jedna z koľají je vzdialená **2650 mm** a druhá **2350 mm** od osi mosta, resp. 3600 a 3900 mm od osi hlavných nosníkov.

Z dispozičného riešenia vyplýva plocha štrkového lôžka cca 7,19 m²/bm, čo predstavuje priemernú hrúbku 666 mm na šírke vane cca 10,8 m. Túto priemernú hrúbku (plochu) lôžka po šírke aj dĺžke mosta budeme ďalej uvažovať pre určenie zaťaženia s možným rozptylom $\pm 30\%$ podľa STN EN 1990.

Oblúk je uvažovaný so zaobleným, nie polygonálne zalomeným tvarom. Pripojenie oblúka na trám je uvažované v súlade s dispozičiou teda s excentricitou voči ťažisku bežného trámu 400 mm.

4.1.1 Opis výpočtového modelu

Výpočtový model zohľadňuje všetky relevantné geometrické a materiálové charakteristiky konštrukcie.

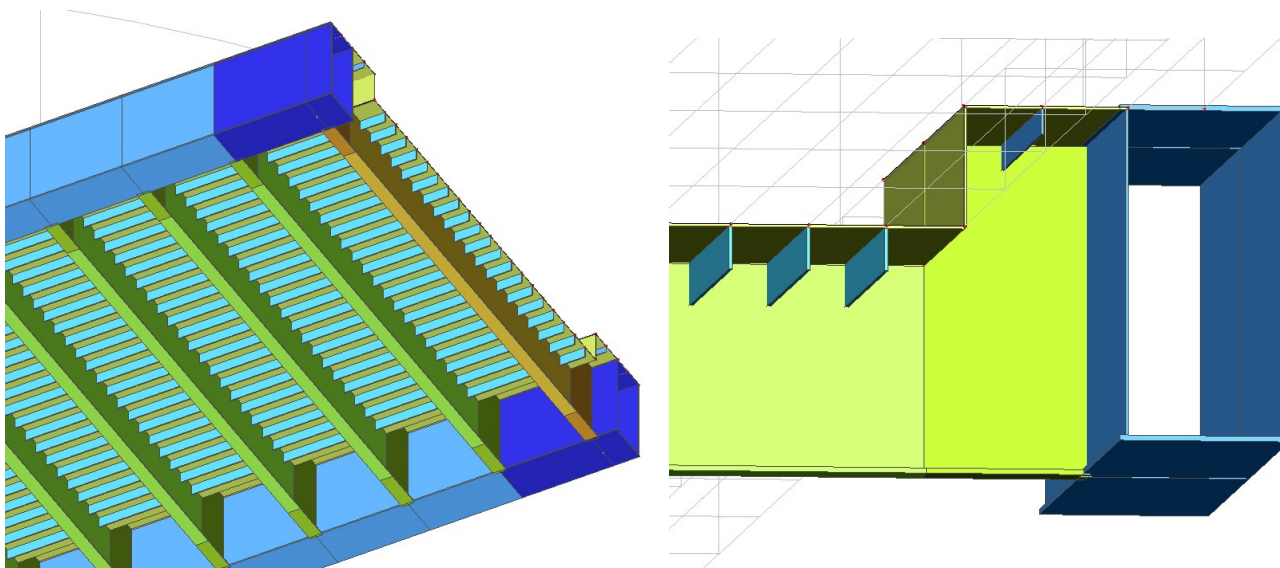


Pohľad na výpočtový model a jeho vizualizáciu

Mostovkový plech hr. 16 mm je modelovaná plošnými prvkami v projektovanej polohe. Ploché pozdĺžne výstuhy 22x250 v osových vzdialenostiach 460 mm sú modelované ako prúťové rebrá dosky so zarovnaním na spodnú hranu plechu dna vane. Pričné výstuhy sú modelované tiež ako rebrá, ale tvaru obráteného T. Sklony plechu vane sa zanedbali. Priemerná výška steny priečnej výstuhy je tak 1206 mm pod dnom vane a 1970 mm pod chodníkovou časťou.

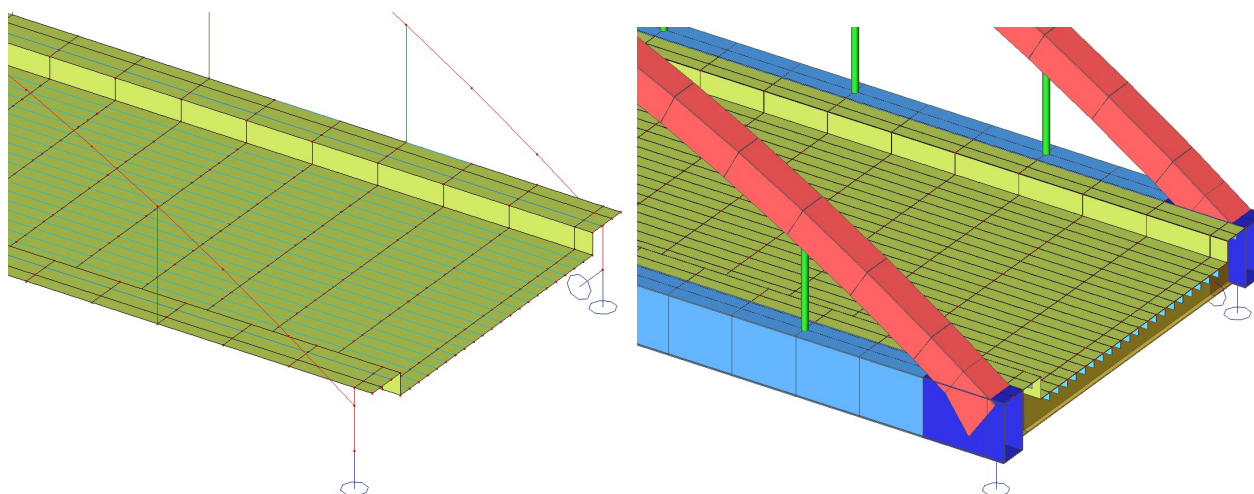
Komorové hlavné nosníky so stenami 12x1970 mm a pásnicami 30x1000 mm sú modelované prúťmi konštantného prierezu spojito pozdĺžne pripevnenými k rohu plechu mostovky so zvislou excentricitou - 1001 mm tak, aby sa plech mostovky pripájal k hornej pásnici hlavného nosníka, a kedy je zároveň splnené, aby horné plochy spodných pásnic hlavných nosníkov a priečných výstuh boli v jednej úrovni. V modeli je rešpektované odstupňovanie pásnic. Steny v podperových častiach s dĺžkami cca 2,8 m sú namodelované s hrúbkou 26 mm.

V modeli je taktiež zabezpečené, aby priečne výstuhy boli tuho popripájané k hlavnému nosníku.



Detaily mostovky v modeli

Prípoj oblúka na trám je modelovaný ako tuhý v oboch rovinách s excentricitou voči ťažisku bežného základného prierezu hlavného nosníka +400 mm. Pri uložení a pripojení oblúka je zároveň aproximovaný navrhovaný nábeh v hlavnom nosníku. Nábeh je modelovaný aj v koncovej časti oblúka, aby sa tak zohľadnila zvýšená tuhosť v prípoji.



Detaily na ukončenie mosta a prípoj oblúka na trám

Zvislice sú prúty kruhového prierezu 110 mm pripojené k hlavnému nosníku kĺbom, ktorý neprenáša momenty v oboch rovinách spoja. Ostatné zložky vnútorných síl je uzol schopný prenášať.

Prvky horného stuženia nahradené prútmi s rúrovými prierezmi ϕ 610x14,2 sú predpokladané tuho spojené s oblúkmi.

Hlavný nosník aj mostovka je modelovaná za oporu s presahom 600 mm.

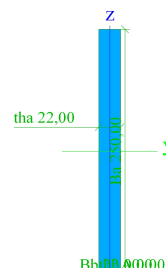
Poloha ložiska je uvažovaná cca 60 mm pod spodnou pásnicou hlavného nosníka. Ložiská rešpektujú možné posuny navrhovaných typov ložísk.

4.1.2 Prierezy a hrúbky plechov v modeli

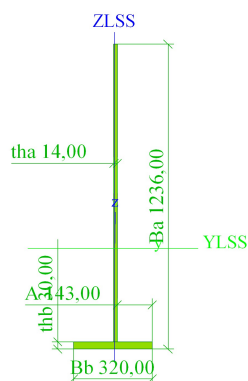
Vaňa mostovky bola modelovaná hrúbkou 16 mm z materiálu S355.

Prierezy namodelovaných prvkov:

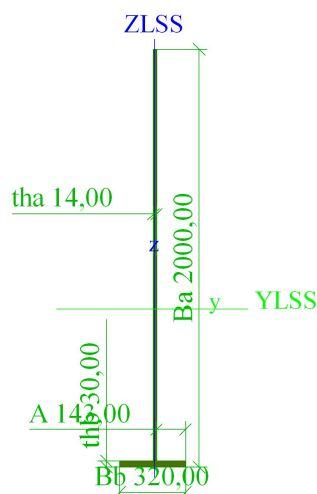
Názov	Pozdĺžna výstuha	
Typ	Lw	
Detailný	250,00; 22,00; 22,00; 0,0 ; 0,00	
Materiálová položka	S 355 - výstuhy	
A [m ²]	5,5000e-03	
A y, z [m ²]	4,5833e-03	4,6105e-03
I y, z [m ⁴]	2,8646e-05	2,2183e-07
I w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+ 0	8,8733e-07
Wel y, z [m ³]	2,2917e-04	2,0167e-05
Wpl y, z [m ³]	3,4375e-04	3,0250e-05
d y, z [mm]	0,00	0,00
c YLSS, ZLSS [mm]	-11,00	125,00
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	5,8800e-01	



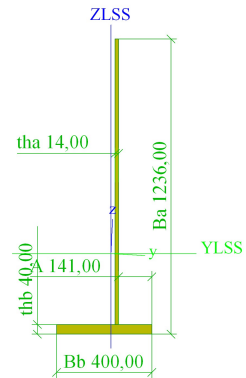
Pričná výstuha (bežná výstuha pod vaňou)		
Typ	Lw	
Detailný	1236,00; 14,00; 320,0 ; 30,00; 143,00	
Materiálová položka	S 355 - výstuhy	
A [m ²]	2,6484e-02	
A y, z [m ²]	8,3280e-03	1,4831e-02
I y, z [m ⁴]	4,3849e-03	8,2475e-05
I YLSS, ZLSS [m ⁴]	4,3845e-03	8,2808e-05
I w [m ⁶], t [m ⁴]	1,1256e-38	3,9968e-06
Wel y, z [m ³]	5,3017e-0	4,9772e-04
Wpl y, z [m ³]	9,3728e-03	2,5028e-03
d y, z [mm]	6,98	-390,90
c YLSS, ZLSS [mm]	-10,62	378,99
alfa [deg]	-0,50	
IYZLSS [m ⁴]	3,7823e-05	
AL [m ² /m]	3,1400e+00	



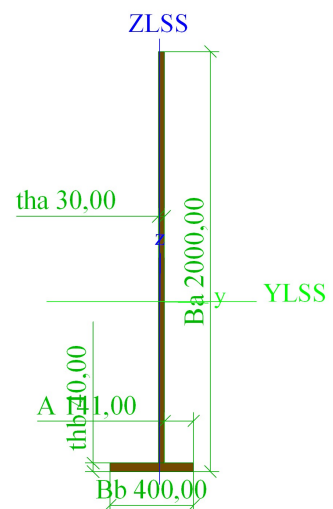
Pričná výstuha 2 (bežná výstuha pod chodníkom)		
Typ	Lw	
Detailný	2 00,00; 14,00; 320,00; 30,00; 143,00	
Materiálová položka	S 355 - výstuhy	
A [m ²]	3,7180e-02	
A y, z [m ²]	8,9989e-03	2,4508e-02
I y, z [m ⁴]	1,6042e-02	8,2765e-05
I YLSS, ZLSS [m ⁴]	1,6042e-02	8,3083e-05
I w [m ⁶], t [m ⁴]	7,91 9e-34	4,6956e-06
Wel y, z [m ³]	1,2903e-02	4,9626e-04
Wpl y, z [m ³]	2,1536e-02	5,4421e-03
d y, z [mm]	5,81	-737,65
c YLSS, ZLSS [mm]	-9,58	726,80
alfa [deg]	-0,26	
IYZLSS [m ⁴]	7,1212e-05	
AL [m ² /m]	4,6680e+00	



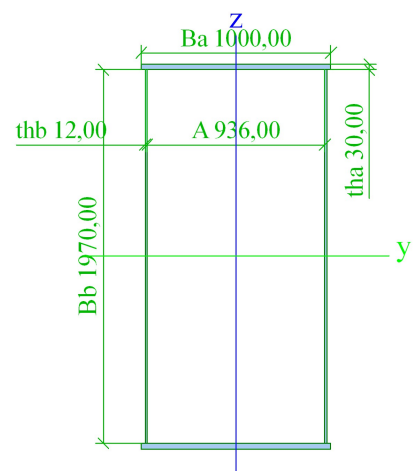
Priečna výstuha koncová (koncová výstuha pod vaňou - väčšia pásnica)		
Typ	Lw	
Detailný	1236,00; 14,00; 400,00; 40,00; 141,00	
Materiálová položka	S 355 - vystuhy	
A [m ²]	3,2744e-02	
A y, z [m ²]	1,2352e-02	1,4541e-02
I y, z [m ⁴]	5,1370e-03	2,2163e-04
I YLSS, ZLSS [m ⁴]	5,1 29e-03	2,3573e-04
I w [m ⁶], t [m ⁴]	1,3977e-34	9,6456e-06
Wel y, z [m ³]	5,6922e-03	1,0403e-03
Wpl y, z [m ³]	1,0342e-02	4,4367e-03
d y, z [mm]	41,72	-311,66
c YLSS, ZLSS [mm]	-32,41	296,02
alfa [deg]	-3,07	
IYZLSS [m ⁴]	2,6293e-04	
AL [m ² /m]	3,3000e+00	



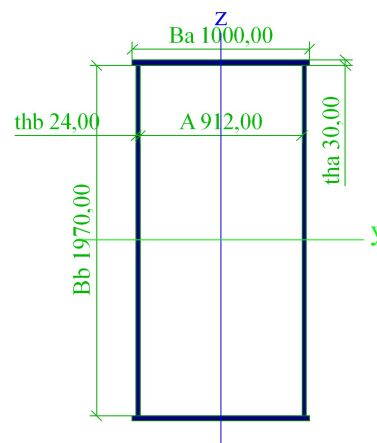
Priečna výstuha koncová 2 (koncová výstuha pod chodníkom - hrubšia stena, väčšia pásnica)		
Typ	Lw	
Detailný	2000,00; 30,00; 400,00; 40,00; 141,00	
Materiálová položka	S 355 - vystuhy	
A [m ²]	7,4800e-02	
A y, z [m ²]	1,1211e-02	5,2189e-02
I y, z [m ⁴]	3,1 13e-02	2,3227e-04
I YLSS, ZLSS [m ⁴]	3,1404e-02	2,4209e-04
I w [m ⁶], t [m ⁴]	3,7255e-36	2,6353e-05
Wel y, z [m ³]	2,6303e-02	1,0320e-03
Wpl y, z [m ³]	4,2666e-02	1,9824e-02
d y, z [mm]	22,89	-779,64
c YLSS, ZLSS [mm]	-24,41	766,10
alfa [deg]	-1,02	
IYZLSS [m ⁴]	5,5341e-04	
AL [m ² /m]	4,8600e+00	



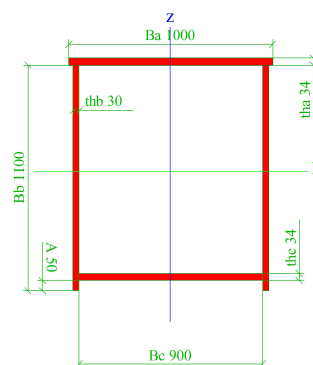
Hlavný nosník 1		
Typ	Pásnica komory	
Detailný	1000,00; 30,00; 1970,00; 12,00; 936,00	
Materiálová položka	S 355 - hlavný nosník	
A [m ²]	1,0728e-01	
A y, z [m ²]	5,6880e-02	4,8000e-02
I y, z [m ⁴]	7,5295e-02	1,5623e-02
I w [m ⁶], t [m ⁴]	7,8547e-03	3,6262e-02
Wel y, z [m ³]	7,4183e-02	3,1246e-02
Wpl y, z [m ³]	8,3285e-02	3,7411e-02
d y, z [mm]	0,00	0,00
c YLSS, ZLSS [mm]	500,00	-985,00
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,2048e+01	



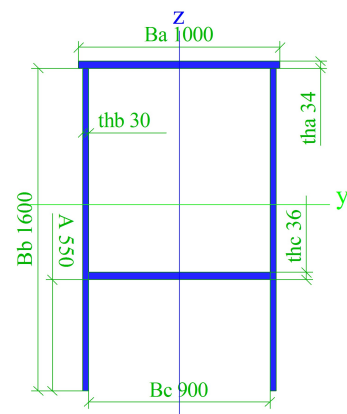
Hlavný nosník 3 - pri podpere (zhrubšené steny) Koncové časti hl. nosníkov na dĺžke 2,2 m pred teoretickým podopretím a 0,6 m za podopretím majú hrubšiu stenu oproti bežnému prierezu		
Typ	Pásnica komory	
Detailný	1000,00; 30,00; 1970,00; 24,00; 912,00	
Materiálová položka	S 355 - hlavný nosník	
A [m ²]	1,5456e-01	
A y, z [m ²]	5,6160e-02	9,6000e-02
I y, z [m ⁴]	9,0586e-02	2,5715e-02
I w [m ⁶], t [m ⁴]	1,1109e-02	6,1194e-02
Wel y, z [m ³]	8,9247e-02	5,1431e-02
Wpl y, z [m ³]	1,0657e-01	5,9254e-02
d y, z [mm]	0,00	0,00
c YLSS, ZLSS [mm]	500,00	-985,00
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,2096e+01	



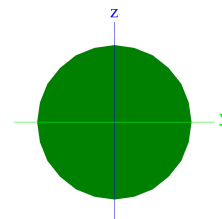
Oblúk uzavretý 1		
Typ	Stena komory	
Detailný	1000; 34; 1100; 30; 900; 34; 50	
Materiálová položka	S 355 - hlavný nosník	
A [m ²]	1,3060e-01	
A y, z [m ²]	6,3240e-02	6,3000e-02
I y, z [m ⁴]	2,4576e-02	1,9175e-02
I w [m ⁶], t [m ⁴]	2,5078e-03	3,0586e-02
Wel y, z [m ³]	4,2050e-02	3,8349e-02
Wpl y, z [m ³]	5,2164e-02	4,6075e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLSS, ZLSS [mm]	500	-516
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	8,4560e+00	



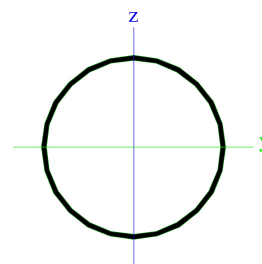
Oblúk uzavretý 3 (teoretický bod votknutia) V rámci posledných cca 1,3 m teoretickej dĺžky oblúka je namodelovaný nábeh z prierezu "Odlúk uzavretý 1" na prierez "Oblúk uzavretý 3".		
Typ	Stena komory	
Detailný	1000; 34; 1600; 30; 900; 36; 550	
Materiálová položka	S 355 - hlavný nosník	
A [m ²]	1,6240e-01	
A y, z [m ²]	6,5100e-02	6,2940e-02
I y, z [m ⁴]	4,2397e-02	2,5785e-02
I w [m ⁶], t [m ⁴]	2,5756e-03	3,0921e-02
Wel y, z [m ³]	4,5847e-02	5,1570e-02
Wpl y, z [m ³]	7,3733e-02	6,0430e-02
d y, z [mm]	0	0
c YLSS, ZLSS [mm]	500	-675
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,0460e+01	



Zvislica		
Typ	RD110	
Popis zdroja	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1	
Materiálová položka	S 355	
Výroba	valcovaný	
Vzper y-y, z-z	c	c
Výpočet MKP	x	
A [m ²]	9,4985e-03	
A y, z [m ²]	8,0737e-03	8,0737e-03
I y, z [m ⁴]	7,0363e-06	7,0363e-06
I w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	1,4073e-05
Wel y, z [m ³]	1,2793e-04	1,2793e-04
Wpl y, z [m ³]	2,1834e-04	2,1834e-04
d y, z [mm]	0,00	0,00
c YLSS, ZLSS [mm]	0,00	0,00
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	3,4556e-01	



Stuženie		
Typ	RO610X16	
Popis zdroja	Stahl im Hochbau / 14.Auflage Band I / Teil 1	
Materiálová položka	S 355	
Výroba	valcovaný	
Vzper y-y, z-z	a	a
A [m ²]	2,9900e-02	
A y, z [m ²]	1,9035e-02	1,9035e-02
I y, z [m ⁴]	1,3180e-03	1,3180e-03
I w [m ⁶], t [m ⁴]	0,0000e+00	2,6337e-03
Wel y, z [m ³]	4,3210e-03	4,3210e-03
Wpl y, z [m ³]	5,5648e-03	5,5648e-03
d y, z [mm]	0,00	0,00
c YLSS, ZLSS [mm]	0,00	0,00
alfa [deg]	0,00	
AL [m ² /m]	1,9163e+00	



4.1.3 Materiály v modeli

Názov	Typ	Merná hmotnosť [kg/m ³]	E modul [MPa]	Poisson - nu	G modul [MPa]	Tepel. rozťažnosť [m/mK]	Poznámka
S 355	Oceľ	7850,0	210000,00	0,3	80769	0,00	plech vane mostovky, stužidlá, zvislice,
S 355 - vystuhy	Oceľ	8007,0	210000,00	0,3	80769	0,00	pozdlžne a priečne vystuhy
S 355 - hlavný nosník	Oceľ	8328,0	210000,00	0,3	80769	0,00	hlavné nosníky, oblúky
S355 - bez tiaže	Oceľ	1,0	210000,00	0,3	80769	0,00	doplňujúce prvky v modeli (tuhosť áno, hmotnosť nie)

4.2 ZAŤAŽENIE NA NOSNÚ KONŠTRUKCIU MOSTA

4.2.1 Stále zaťaženia

a) Vlastná tiaž OK

Vlastná tiaž ocelej konštrukcie je generovaná výpočtovým programom. Tiaž ocele plechu vane mostovky a kruhových stužidiel bola uvažovaná hodnotou 7850 kg/m³. Tiaž ostatných zvaraných prvkov bola zväčšená o 2% prirážku na zvary, teda 8007 kg/m³. Navyše sme uvažovali pre tiaž hlavných

nosníkov, oblúkov a zvislíc ďalšiu 4% prirážku (8328 kg/m^3), čím sa aproximovala tiaž výstuh, diafragiem, skrutiek a pod. Pozri tabuľku v 4.1.3.

b) Doplnok k vlastnej tiaži

Modelovaná je tiaž protihlukovej steny cca $2,2 \text{ kN/m'}$ na druhom nosníku. V týchto hodnotách je aj zahrnutá aj rozmazaná tiaž revízneho vozíka jeho nosníkov.

c) Izolácia

Plošné zaťaženie pôsobiace na dno vane a boky vane vo zvislom smere o intenzite:

$$14 \cdot 0,020 = 0,28 \text{ kN / m}^2 \quad \text{pre medzné stavy únavy a používateľnosti}$$

Pre medzné stavy únosnosti berieme charakteristickú hodnotu o 20% väčšiu alebo menšiu – v súlade s odporúčaniami STN EN 1990, teda

$$1,20 \cdot 14 \cdot 0,020 = 0,336 \text{ kN / m}^2 \quad \text{resp.} \quad 0,8 \cdot 14 \cdot 0,020 = 0,224 \text{ kN / m}^2$$

d) Tiaž štrkového lôžka

V tomto zaťažovacom stave je tiaž štrkového lôžka s priemernou hrúbkou 626 mm v rámci šírky vane. Priemerná tiaž pôsobiaca na dno vane šírky $9,66 \text{ m}$ je tak:

$$0,666 \cdot 20 = 13,32 \text{ kN / m}^2 \quad \text{pre medzné stavy únavy a používateľnosti}$$

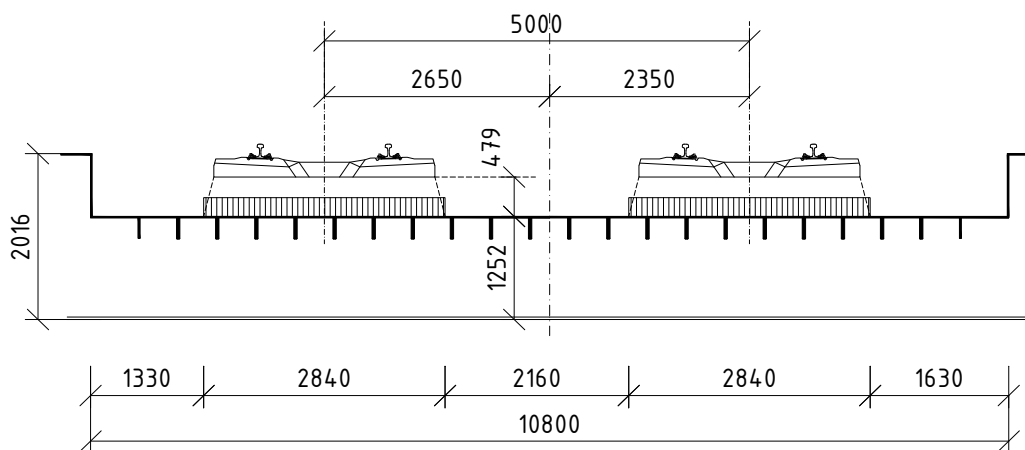
Pre medzné stavy únosnosti berieme charakteristickú hodnotu o 30% väčšiu alebo menšiu – v súlade s odporúčaniami STN EN 1990, teda:

$$1,30 \cdot 13,32 = 17,32 \text{ kN / m}^2 \quad \text{resp.} \quad 0,70 \cdot 13,32 = 9,32 \text{ kN / m}^2$$

e) Tiaž zvršku

Podvaly, koľajnice a upevňovadlá – odhadom $6,8 \text{ kN/m'}$ jednej koľaje – sa roznesú cez štrkové lôžko v sklone 4:1 (podobne ako účinky vlaku opísané v kapitole 4.2.2 na šírku $2,84 \text{ m}$, podľa obrázka

$$6,80 / 2,84 = 2,40 \text{ kN / m}^2$$



Roznos tiaže zvršku (podvalov, koľajníc a upevňovadiel)

4.2.2 Zaťaženie dopravou

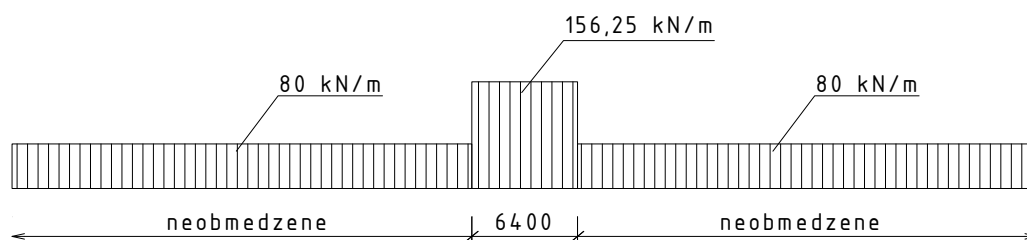
4.2.2.1 Zvislé účinky železničnej dopravy

Uvažovali sa tieto modely podľa STN EN 1991-2

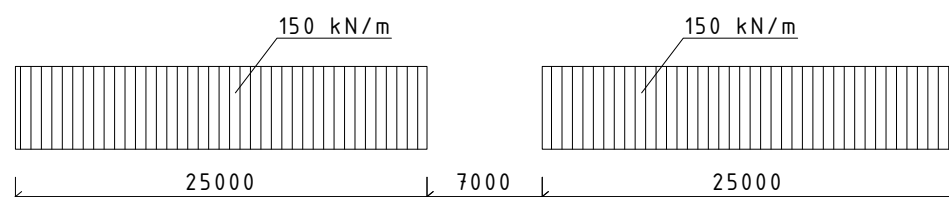
zaťažovací model 71

zaťažovací model SW/2

Uvažujeme rovnomerný roznos cez štrkové lôžko v pozdĺžnom smere. V prípade roznosu kolesových síl z LM 71 ide o čiastočné zjednodušenie, ktoré nijako významne neovplyvní výsledky. **Hodnoty q_{vk} :**



Load Model 71 - v pozdĺžnom smere



Load Model SW/2 - v pozdĺžnom smere

V priečnom smere na most uvažujeme roznos cez lôžko pod uhlom 4:1. Pri Modeli 71 uvažujeme aj so zohľadnením možnej excentricity „e“ (nerovnomerne rozmiestnenie tiaže na jednotlivé koľajnice). Budeme konzervatívne uvažovať vždy roznášaciu šírku o hodnote $b = 2840$ mm.

Hodnota plošného rovnomerného zaťaženia pod podvalmi je potom daná vzťahom:

$$p_{v, p(I)} = \frac{q_{vk}}{b} \cdot \left(1 \pm 6 \cdot \frac{h_v - e}{b} \right)$$

Pre koľaj bez prevýšenia ($h_v = 0$) a možnú excentricitu $e = 83,3$ mm dostávame:

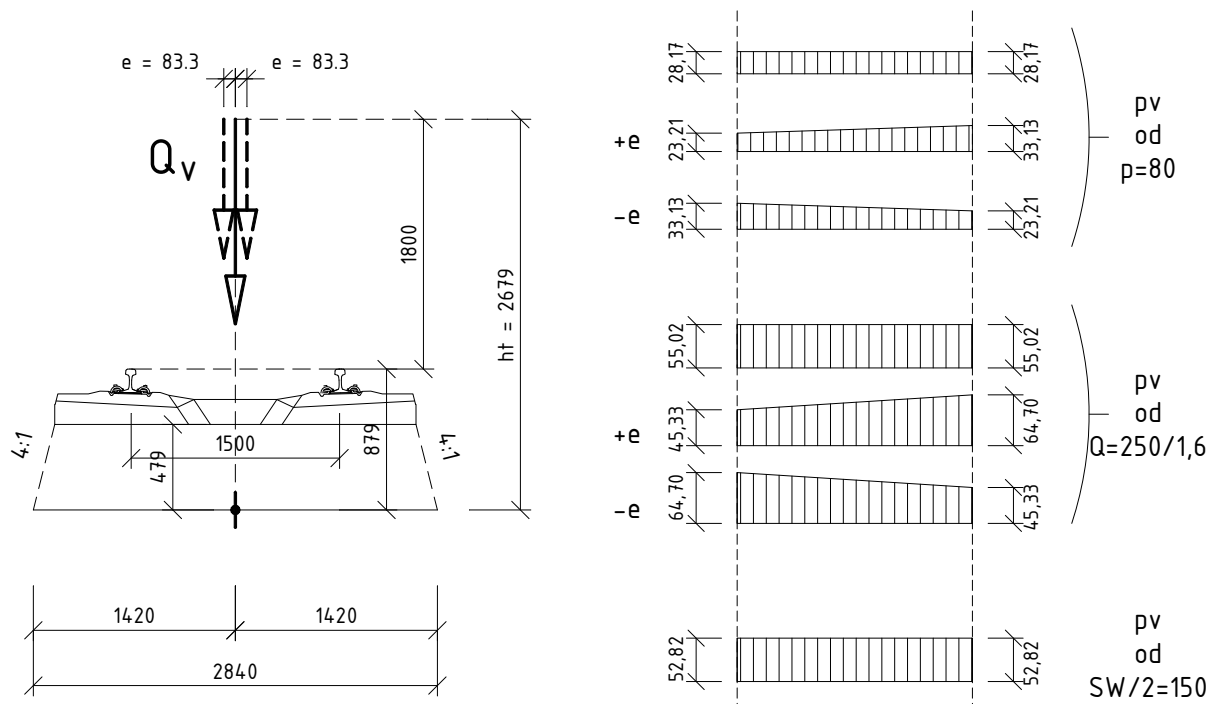


Schéma roznosu zaťaženie cez koľajové lôžko a hodnoty plošných zaťažení p_v [kN/m^2] pod podvalmi

Hodnoty od modelu 71 je ešte potrebné prenásobiť v relevantných prípadoch súčiniteľom **klasifikovaného zvislého zaťaženia**, ktorý má hodnotu $\alpha = 1,21$.

Prenásobenie je vykonané až pri tvorbe jednotlivých kombinácií zaťaženia, nakoľko v niektorých prípadoch (napríklad overenie deformácií, únavovej odolnosti, ...) sa vychádza z charakteristických hodnôt zvislého zaťaženia, teda bez súčiniteľa α .

4.2.2.2 Odstredivé sily

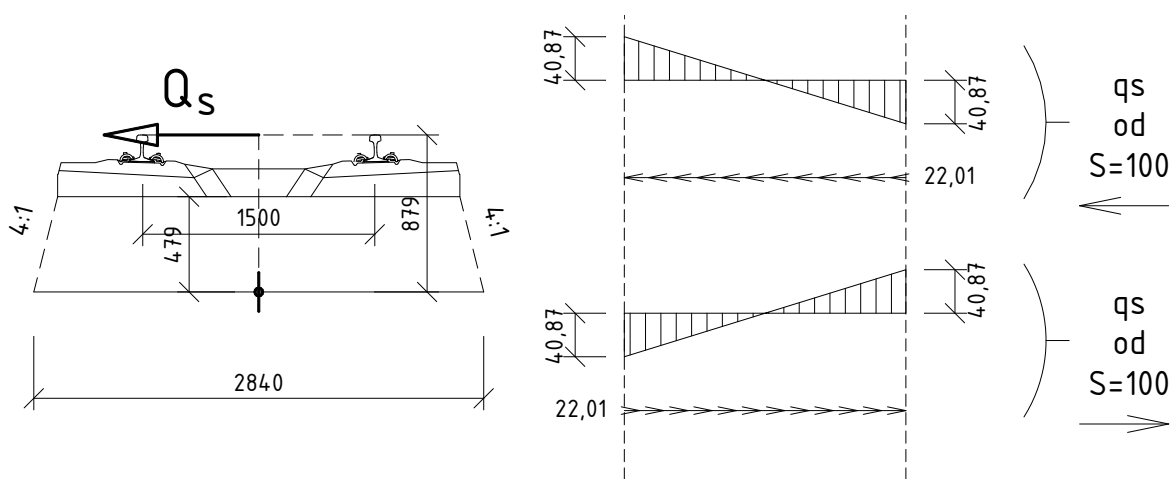
Trať na moste je v priamej. Odstredivú silu neuvažujeme.

4.2.2.3 Bočné nárazy

Uvažujeme silu $Q_{sk} = 100 \text{ kN}$. Uvažujeme s jej roznosom v priečnom smere v sklone 4:1 na šírku $b = 2,84$ (ako zvislé zaťaženie) a v pozdĺžnom smere mosta na dĺžku 1,6 m (čo odpovedá rovnomernému roznosu na 3 podvaly so zanedbaním sklonu 4:1 v pozdĺžnom smere). Teda hodnoty plošných zaťažení uvažovaných na povrchu plechu na ploche $2,84 \times 1,6 \text{ m}$ určíme zo vzťahov

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

$$p_{s,y} = Q_{sk} / (b \cdot 1,6) \quad \text{pre horizontálne plošné zaťaženie pôsobiaceho naprieč mosta}$$



Pôsobenie bočných nárazov a hodnoty plošných zaťažení $p_{t,z}$ a $p_{t,y}$ [kN/m^2] pod podvalmi na šírke $b = 2,84 \text{ m}$ a dĺžke $1,6 \text{ m}$

Zaťaženie sa uvažuje vždy 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 zaťaženia.

4.2.2.4 Rozjazdové a brzdné sily

Rozjazdové sily pre LM71 a SW/2

Má sa uvažovať hodnotou $Q_{la} = 33 \text{ kN} \cdot L_{ab} \leq 1000 \text{ kN}$. Roznos uvažujeme na šírku $b = 2,84 \text{ m}$. Modelované je ako excentrické zaťaženie na plech vane s excentricitou 879 mm. Hodnota plošného zaťaženia je

$$p_{la,x} = 33 / b = 33 / 2,84 = 11,62 \text{ kN / m}^2 \quad \text{s excentricitou } e_z = 0,879 \text{ m}$$

s maximálnou dĺžkou zaťaženia: $L_{ab,max} = 1000 / 33 = 30,3 \text{ m}$. Zaťaženie sa uvažuje na rovnakej dĺžke ako zaťaženie zvislými účinkami, ak však presiahne dĺžka zaťaženia zvislými účinkami túto dĺžku, uvažuje sa zaťaženie rozjazdovými silami iba na tejto dĺžke.

Brzdné sily pre LM71

Má sa uvažovať hodnotou $Q_{lb} = 20 \text{ kN} \cdot L_{ab} \leq 6000 \text{ kN}$. Roznos uvažujeme na šírku $b = 2,84 \text{ m}$. Modelované je ako excentrické zaťaženie na plech vane s excentricitou 879 mm. Hodnota plošného zaťaženia je

$$p_{lb, x} = 20 / b = 20 / 2,84 = 7,04 \text{ kN} / \text{m}^2 \quad \text{s excentricitou } e_z = 0,879 \text{ m}$$

s maximálnou dĺžkou zaťaženia: $L_{ab, \max} = 6000 / 20 = 300 \text{ m}$. Zaťaženie sa uvažuje na rovnakej dĺžke ako zaťaženie zvislými účinkami, ak však presiahne dĺžka zaťaženia zvislými účinkami túto dĺžku, uvažuje sa zaťaženie rozjazdovými silami iba na tejto dĺžke. Pri porovnaní s hodnotou Q_{la} , je zrejmé, že brzdné sily majú pre LM 71 väčší účinok ako rozjazdové ak zaťažovacia dĺžka L_{ab} presiahne **50 m!**

Brzdné sily pre SW/2

Má sa uvažovať hodnotou $Q_{lb} = 35 \text{ kN} \cdot L_{ab}$. Roznos uvažujeme na šírku $b = 2,84 \text{ m}$. Modelované je ako excentrické zaťaženie na plech vane s excentricitou 879 mm. Hodnota plošného zaťaženia je

$$p_{lb, x} = 35 / b = 35 / 2,84 = 12,32 \text{ kN} / \text{m}^2 \quad \text{s excentricitou } e_z = 0,879 \text{ m}$$

Zaťaženie sa uvažuje na rovnakej dĺžke ako zaťaženie zvislými účinkami, čím je daná jeho maximálna dĺžka – 2x25 m (ako model SW/2) Pri porovnaní s hodnotou Q_{la} , je zrejmé, že brzdné sily majú pre SW/2 väčší účinok ako rozjazdové sily!

Hodnoty zaťaženia od brzdnych 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 zaťaženia.

4.2.2.5 Dynamické účinky železničného zaťaženia

Zohľadňujeme dynamickým súčiniteľom Φ_3 (resp. pri niektorých posúdeniach sa dovoľuje použiť

Φ_2 - napr. únava) podľa STN EN 1991-2 a Národnej prílohy.

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73 \quad \begin{cases} \leq 2,00 \\ \geq 1,15 \end{cases} \quad \Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73 \quad \begin{cases} \leq 2,00 \\ \geq 1,15 \end{cases}$$

Pre jednotlivé prvky potom dostávame:

Prvok		Náhrad. dĺžka L_Φ	Dynamický súčiniteľ Φ_3	Dynamický súčiniteľ Φ_2
Hlavný nosník		$L / 2 = 66 / 2 = 33 \text{ m}$	1,15	1,08
Oblúk		$L / 2 = 66 / 2 = 33 \text{ m}$	1,15	1,08
Horné stuženie		$L / 2 = 66 / 2 = 33 \text{ m}$	1,15	1,08
Závesy (zvislice)		$4 \times 3a = 4 \times 3 \times 2,2 = 4 \times 6,6 = 26,4 \text{ m}$	1,17	1,11
Priečne výstuhy	bežné	$2 \times b_{pr} = 2 \times 11,585 = 23,17$	1,20	1,13
	koncové	3,6 m	2,00	1,67
Pozdĺžne výstuhy		$3 \times a = 3 \times 2,2 = 6,6 \text{ m}$	1,64	1,43
Ložiská		$L = 66$	1,15	1,00

4.2.2.6 Zaťaženie neverejných chodníkov

Nakoľko nebolo poskytnuté žiadne špeciálne požiadavky zo strany ŽSR. Uvažujeme na ploche pochôdzneho plechu od štrkového lôžka po os hlavného nosníka so zaťažením neverejného chodníka o intenzite 5 kN/m^2 .

4.2.2.7 Ďalšie zaťaženia od dopravy

Aerodynamické zaťaženie od prechádzajúcich vlakov nemá na NK zásadný význam. Je potrebné overiť najmä konštrukciu protihlukovej steny a konzoly na NK pre jej uchytenie. Pre tento účel bola pre rýchlosť 160 km/hod a vzdialenosť PHS od osi koľaje $> 4,1 \text{ m}$ uvažovaná hodnota $q_{l.k} = 0,33 \text{ kN/m}^2$, čo je zaťaženie na m^2 plochy protihlukovej steny.

Zaťaženie vykoľajenými vozidlami

Vykoľajenie železničnej dopravy na železničnom moste spadá do mimoriadnych návrhových stavov. Treba zohľadniť dva návrhové stavy:

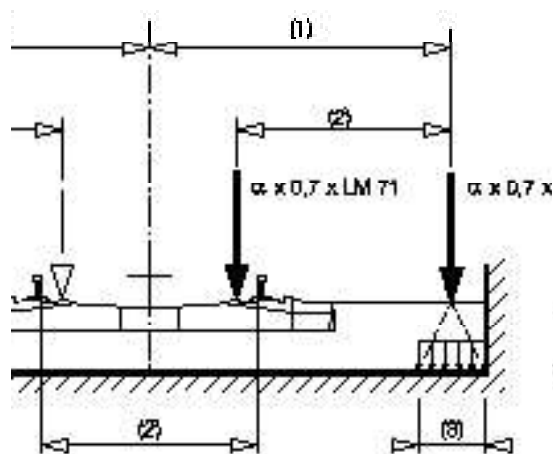
Stav I:

Vykoľajenie rušňa alebo ťažkých nákladných vozňov s vykoľajenými vozidlami, ktoré zostali v oblasti koľaje na mostovke. Kritéria overenia pre stav I sú stanovené tak, aby vylúčili haváriu podstatnejšej časti nosnej konštrukcie. Pripúšťajú sa však lokálne poškodenia.

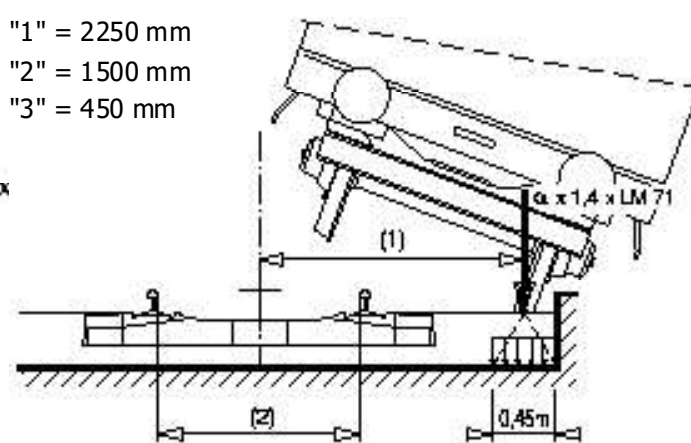
Stav II:

Vykoľajenie rušňa a ťažkých vagónov s vykoľajenými vozidlami, ktoré sa nachádzajú na hrane a zaťažujú hranu mostnej konštrukcie (s výnimkou iných ako konštrukčných prvkov ako sú napríklad chodníky). Kritéria overenia pre stav II sú stanovené tak, aby nedošlo k preklopeniu mosta alebo jeho havárii.

Návrhové situácie I a II sa vyšetrujú oddelene. Neuvažuje sa kombinácia týchto zaťažení. Zanedbávajú sa účinky od vykoľajenia iných zaťažovacích stavov. Zaťaženia železničnou dopravou v susedných koľajach majú uvažovať v kombináciách zaťažení ako sprievodné zaťaženia svojimi komb1250inačnými hodnotami.



Stav I



Stav II

Obidva stavy nie je potrebné pri overovanom moste vyšetrovať, lebo nemajú dominantný účinok na hlavný nosník a oblúk nakoľko:

- sú prípustné lokálne deformácie - teda v mostovke.
- porovnanie poradníc vplyvovej čiary reakcie priečnika naznačuje, že účinok na hlavný nosník bude menší
- zaťaženia v stavoch I a II vstupujú do mimoriadnych kombinácií so súčiniteľom $\gamma_F = 1,0$
- na druhej koľaji sa uvažuje zvislé zaťaženie dopravou a to

buď $\psi_1 \times \gamma_F \times LM71 = 0,7 \times 1,0 \times LM71$ pre LM1
 alebo $\psi_1 \times \gamma_F \times LM71 = 1,0 \times 1,0 \times SW/2$ pre SW/2

- ostatné zložky zaťaženia vzhľadom na STN EN 1991-2, STN EN 1990/A2 a STN EN 1990/A2-NA
- všetky stále zaťaženia vstupujú do výpočtu so súčiniteľom $\gamma_F = 1,0$

4.2.3 Zaťaženie vetrom

4.2.3.1 Úvod

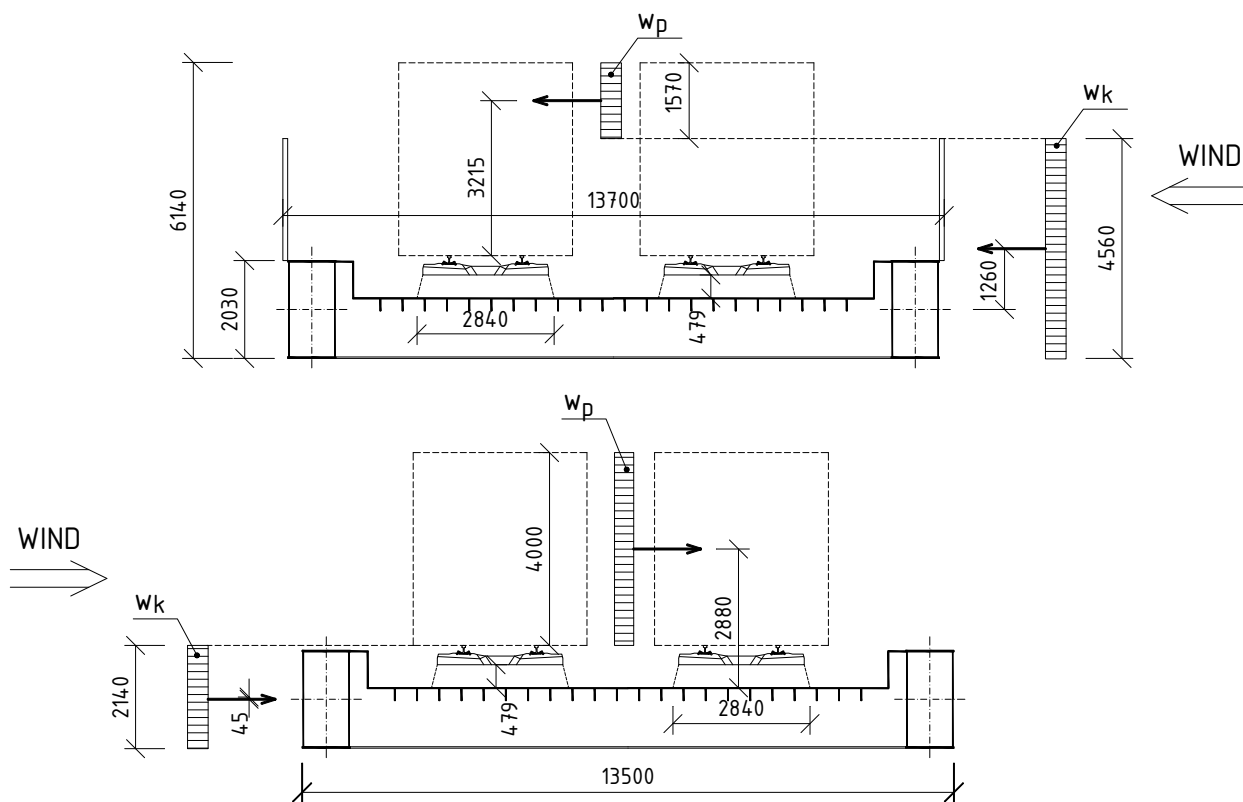
Uvažovali sme len zaťaženie vetrom naprieč mostom. Pozdĺžny vietor je možné doplniť v stupni DRS, po schválení PD. Uvažujeme zaťaženia podľa STN EN 1991-4. Mostný objekt sa nachádza v oblasti s fundamentálnou hodnotou základnej rýchlosti vetra $v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$. Ide o most nad širokým vodným tokom preto bezpečne uvažujeme **kategóriu terénu II**.

Z tabuľky NB2 v STN EN 1991-4/NA dostávame tieto hodnoty pre špičkové tlaky vetra:

Mostovka: $q_p(6) = 0,851 \text{ kN/m}^2$ pre priemernú výšku mostovky nad hladinou cca 6 m
 Oblúk: $q_p(17) = 1,129 \text{ kN/m}^2$ pre výšku 17 m nad terénom. Rovnakú hodnotu uvažíme pre celú dĺžku oblúka a aj pre zvislice
 Vlák: $q_p(10) = 0,994 \text{ kN/m}^2$ pre výšku 10 m nad terénom. Pás pohyb. zaťaženia výšky 4 m nad temenom koľajnice.

4.2.3.2 Vietor na mostovku a pás pohyblivého zaťaženia

Uvažujeme vietor podľa obrázku. Uvažujeme vietor s nainštalovanou proti hlukovou stenou výšky 2500 mm (budeme ho označovať ako vietor sprava) a s demontovanými PSH ("vietor zľava").



Uvažované zaťaženie vetrom

Zaťaženie vetrom na pás pohyblivého zaťaženia roznesieme na plech mostovky cez zvršok iba na jednu koľaj, tú na ktorej sa dosiahne väčšie pritaženie vyšetřovaného nosníka (na strane bezpečnej)

Zaťaženie mostovky

$$\frac{b}{d_{\text{tot}}} \square \frac{13,7}{6,14} = 2,23 \rightarrow C_{f,x} = 1,83$$

$$p_{w,K} = C_f \cdot q_p(6) = 1,83 \cdot 0,851 = 1,56 \text{ kN/m}^2$$

Vietor je modelované prúťovým zaťažením na hlavný nosník

- pre vietor sprava na excentricite 1260 mm

$$w_{K, \text{nosník}, P} = p_{w,K} \cdot h_{w,K} = 1,56 \cdot 4,560 = 7,11 \text{ kN/m}$$

- pre vietor zľava v na excentricite 45 mm

$$w_{K, \text{nosník}, L} = p_{w,K} \cdot h_{w,K} = 1,56 \cdot 2,14 = 3,34 \text{ kN/m}$$

- Zvislé pritaženie mostovky od priečného vetra

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

$$p_{z, \text{most}, \text{prit'az}} = C_{f,z} \cdot q_p(6) = 0,9 \cdot 0,851 = 0,77 \text{ kN/m}^2$$

Zaťaženie pásu pohyblivého zaťaženia

$$p_{w, \text{vlak}} = C_f \cdot q_p(10) = 1,83 \cdot 0,994 = 1,82 \text{ kN/m}^2$$

Vietor je modelovaný plošným zaťažením na plech vane. Podobne ako účinky vlaku, využijeme roznoš (rozklad) zaťaženia cez podvaly a štrkové lôžko na šírku $b = 2,84 \text{ m}$.

- pre vietor sprava (roznoš cez jednu koľaj)

pre „motýlikový“ priebeh plošného zvislého pritaženia (odľahčenia)

$$p_{w,z} = \pm \frac{p_{w, \text{vlak}} \cdot h_{w, \text{vlak}} \cdot e_{w, \text{vlak}} \cdot 6}{b_{\text{roznoš}}^2} = \pm \frac{1,82 \cdot 1,57 \cdot 3,215 \cdot 6}{2,84^2} = 6,83 \text{ kN/m}^2$$

pre horizontálne plošné zaťaženie pôsobiaceho naprieč mosta

$$p_{w,y} = \frac{p_{w, \text{vlak}} \cdot h_{w, \text{vlak}}}{b_{\text{roznoš}}} = \pm \frac{1,82 \cdot 1,57}{2,84} = 1,01 \text{ kN/m}^2$$

- pre vietor zľava (roznoš cez jednu koľaj)

pre „motýlikový“ priebeh plošného zvislého pritaženia (odľahčenia)

$$p_{w,z} = \pm \frac{p_{w, \text{vlak}} \cdot h_{w, \text{vlak}} \cdot e_{w, \text{vlak}} \cdot 6}{b_{\text{roznoš}}^2} = \pm \frac{1,82 \cdot 4,0 \cdot 2,88 \cdot 6}{2,84^2} = \pm 15,60 \text{ kN/m}^2$$

pre horizontálne plošné zaťaženie pôsobiaceho naprieč mosta

$$p_{w,y} = \frac{p_{w, \text{vlak}} \cdot h_{w, \text{vlak}}}{b_{\text{roznoš}}} = \pm \frac{1,82 \cdot 4,0}{2,84} = \pm 2,56 \text{ kN/m}^2$$

Zaťaženie na pás pohyblivého zaťaženia je modelovaný cez roznoš iba pod jednou koľajou – vždy pod tou, na ktorej sa dosiahne väčšie pritaženie vyšetřovaného nosníka. Pozdĺž mosta rešpektuje zaťaženie polohy zvislého zaťaženia od dopravy (vlaku) !

4.2.3.3 Vietor na oblúk a zvislice

Zaťaženie oblúka

Rozmery oblúka cca: $b = 1,15 \text{ m}$ $d = 1,1 \text{ m}$

$$\frac{d}{b} = \frac{1,1}{1,15} = 0,9565 \rightarrow C_{f,0} = 2,12$$

$$\psi_r = 1,0 \text{ (odhad)} \quad \psi_\lambda = 0,98 \text{ (odhad)}$$

$$C_f = C_{f,0} \cdot \psi_r \cdot \psi_\lambda = 2,12 \cdot 1,00 \cdot 0,98 = 2,08$$

Vietor je modelovaný prúťovým zaťažením na oblúk

$$w_{K, \text{oblúk}} = b \cdot q_p(17) \cdot C_f = 1,15 \cdot 1,129 \cdot 2,08 = 2,70 \text{ kN / m}$$

Zaťaženie zvislíc

Rozmery (priemer) zvislíc: $b = 0,11 \text{ m}$

$$R_e = \frac{b \cdot v(z_e)}{v} = \frac{b \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot q_p(z)}{\rho}}}{v} = \frac{0,11 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1129}{1,25}}}{15 \cdot 10^{-6}} = 3,117 \cdot 10^5$$

$\psi_\lambda = 1,0$ (odhad vplyvu koncov) $k/b = 2,27 \cdot 10^{-4}$ (pre odhad ekvivalentnej drsnosti $k=0,05$)

$$C_{f,0} = 0,60$$

$$C_f = C_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0,60 \cdot 1,0 = 0,60$$

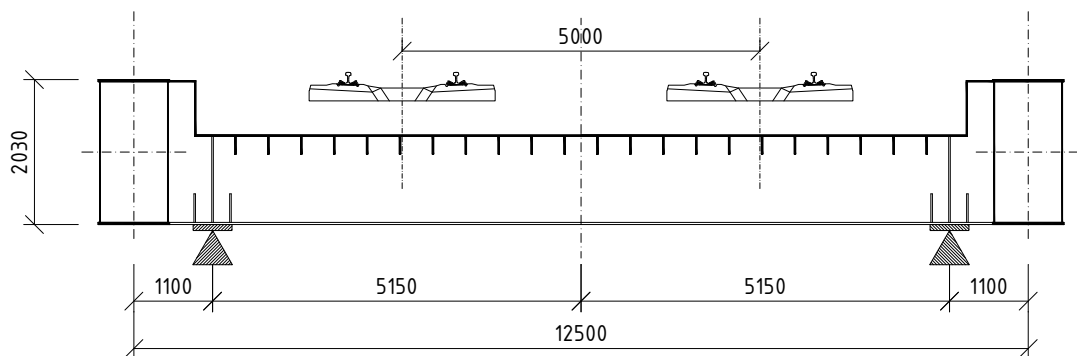
Vietor je modelovaný prúťovým zaťažením na zvislice

$$w_{K, \text{zvislica}} = b \cdot q_p(17) \cdot C_f = 0,11 \cdot 1,129 \cdot 0,60 = 0,075 \text{ kN / m}$$

4.2.4 Stav počas nadvihnutia konštrukcie a výmeny ložísk

4.2.4.1 Výpočtový model

Pre výpočet sme využili rovnaký výpočtový model ako je opísaný vyššie s tým rozdielom, že podpory boli odstránené z miest ložísk a boli uvažované v miestach na to určených - 1100 mm od osi hlavných nosníkov. Tým sa dosiahlo vyvodenie ohybu nadpodperových priechodov.



Poloha podpôr počas nadvihnutia ložísk

4.2.4.2 Zaťaženia počas nadvihnutia

Uvažovali sa zaťaženie stále podľa 4.2.1:

- Vlastná tiaž OK
- Doplnok k vlastnej tiaži
- Izolácia
- Tiaž štrkového lôžka
- Tiaž zvršku

Zohľadnil sa bezpečne aj 50% účinok vetra na mostovku z ods. 4.2.3.2 a na oblúky a zvislice (ods 4.2.3.3).

4.3 VÝPOČET VNÚTORNÝCH SÍL

Statická analýza výpočtového modelu bola urobená v programovom prostredí SCIA Engineer.

4.3.1 Polohy krátkodobého zaťaženia

Systém zaťažovania krátkodobými zaťažzeniami pozostával z dvoch krokov:

1. Vplyvové plochy (čiary)
2. Poloha zaťaženia

4.3.1.1 Vplyvové čiary

Pre prvý odhad vplyvových plôch nosnom systéme sme využili možnosť zaťažiť konštrukciu vyvolanými jednotkovými deformáciami. Rovnako sme využili pre určenie vplyvových čiar vnútorných síl, deformácií a napätí modul pohyblivého zaťaženia.

Hľadali sme polohy pre:

- **M_y v tráme**
 - nad podperou – prípoj oblúka na trám
 - 1/10 rozpätia – v mieste 1. zvislice
 - 1/4 rozpätia – medzi 2. a 3. zvislicou
 - 3/10 rozpätia – v mieste 3. zvislice
 - 1/2 rozpätia – v mieste 5. zvislice
- **$N(H)$ v oblúku**
- **A_z (reakcia) v podpere**
- **V_z v tráme**
 - pri podpere
 - v zmene prierezu
- **δ_z (priehyb) trámu**
 - 1/2 rozpätia
 - 1/4 rozpätia
- **ϕ_y (pootočenie) trámu** – nad podperou
- **$\sigma_{horné}, \sigma_{dolné}$ v tráme**
 - 1/10 rozpätia – v mieste 1. zvislice
 - 1/4 rozpätia – medzi 2. a 3. zvislicou
 - 3/10 rozpätia – v mieste 3. zvislice
 - 1/2 rozpätia – v mieste 5. zvislice

POZNÁMKA – vplyvové čiary boli zisťované na predbežnom modeli, ktorý sa líši v niektorých malých detailoch. Tvar vplyvoviek to však ovplyvňuje veľmi nepatrne.

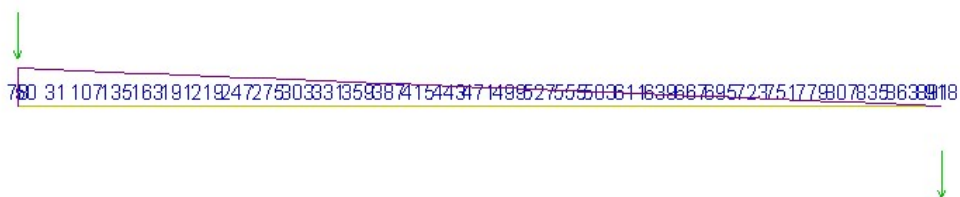
Vplyvové čiary reakcie

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [kN]	Suma Q [kN]	X1 [m]	X2 [m]
-0.892	0.000	67.200	67.200

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [kN]	Suma Q [kN]	X1 [m]	X2 [m]
52.681	0.000	0.000	0.000



Vplyvová čiara zvislej reakcie Rz

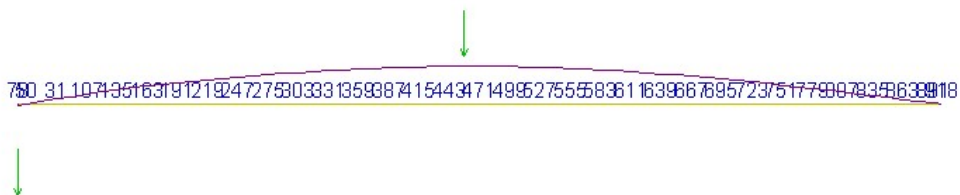
Vplyvové čiary vnútorných síl

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [kN]	Suma Q [kN]	X1 [m]	X2 [m]
-62.198	0.000	32.500	32.500

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [kN]	Suma Q [kN]	X1 [m]	X2 [m]
2.582	0.000	0.000	0.000



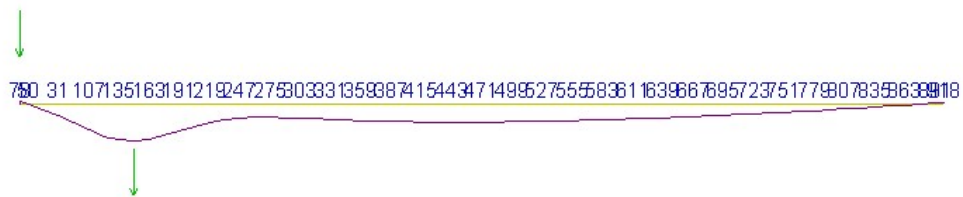
Vplyvová čiara N v oblúku pri votknutí do trámu

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [kN]	Suma Q [kN]	X1 [m]	X2 [m]
-0.520	0.000	0.000	0.000

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [kN]	Suma Q [kN]	X1 [m]	X2 [m]
10.675	0.000	8.300	8.300



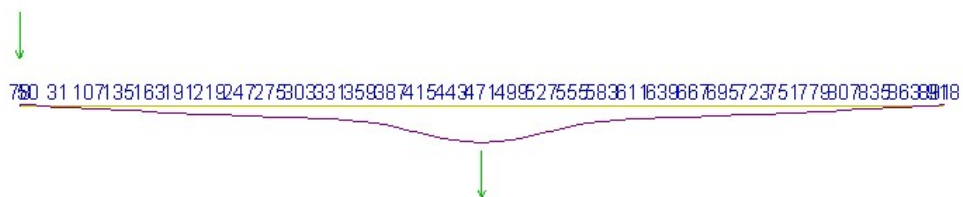
Vplyvová čiara N v krajnej zvislici Z1

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [kN]	Suma Q [kN]	X1 [m]	X2 [m]
-0.232	0.000	0.000	0.000

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [kN]	Suma Q [kN]	X1 [m]	X2 [m]
14.109	0.000	33.600	33.600



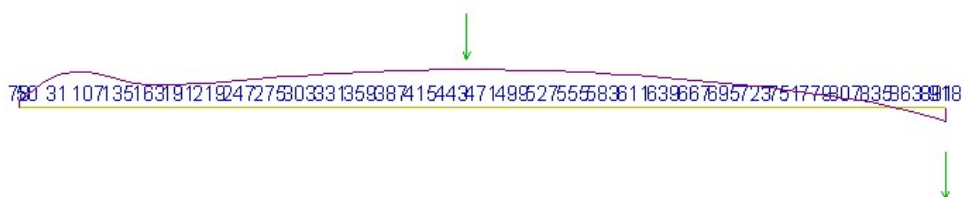
Vplyvová čiara N v strednej zvislici Z5

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [kNm]	Suma Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
-19.187	0.000	32.500	32.500

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [kNm]	Suma Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
7.362	0.000	67.200	67.200



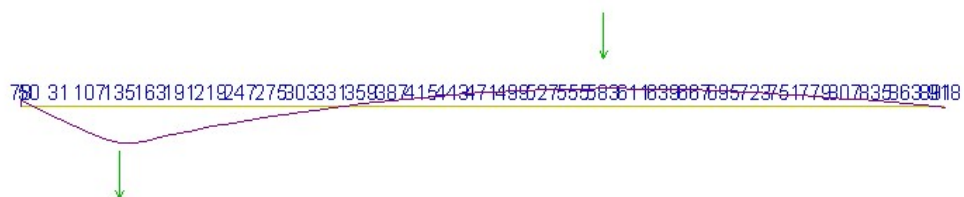
Vplyvová čiara M_y v tráme pre $x = 0$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [kNm]	Suma Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
-63.609	0.000	42.400	42.400

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [kNm]	Suma Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
138.716	0.000	7.200	7.200



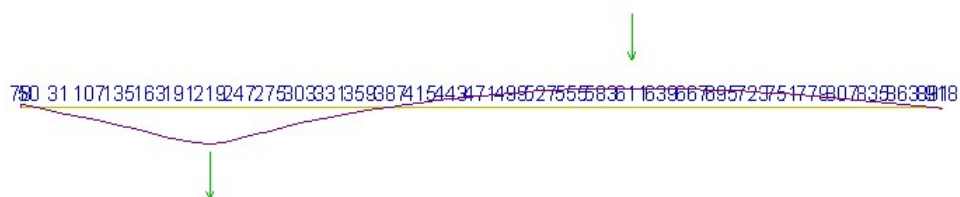
Vplyvová čiara M_y v tráme pre $x = L/10$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [kNm]	Suma Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
-92.040	0.000	44.600	44.600

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [kNm]	Suma Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
187.471	0.000	13.800	13.800



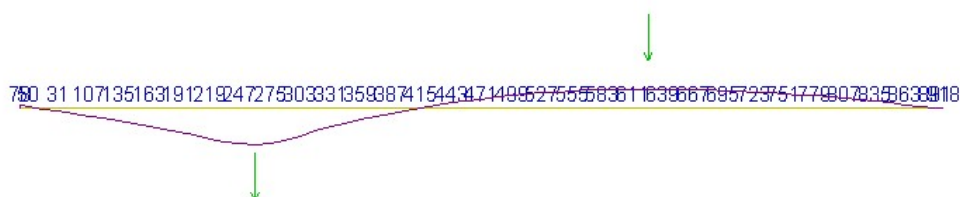
Vplyvová čiara M_y v tráme pre $x = L/5$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [kNm]	Suma Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
-91.108	0.000	45.700	45.700

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [kNm]	Suma Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
184.393	0.000	17.100	17.100



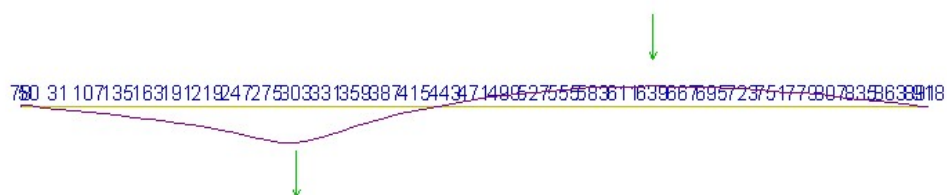
Vplyvová čiara M_y v tráme pre $x = L/4$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [kNm]	Suma Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
-91.348	0.000	46.800	46.800

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [kNm]	Suma Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
171.125	0.000	20.400	20.400



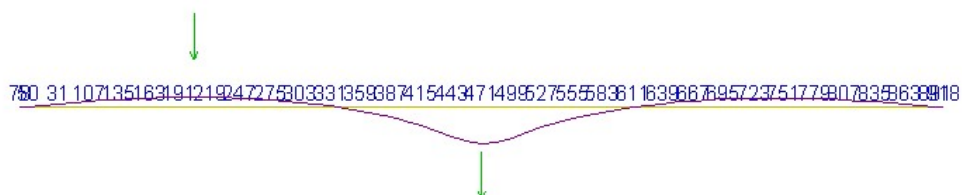
Vplyvová čiara M_y v tráme pre $x = 3L/10$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [kNm]	Suma Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
-27.384	0.000	12.700	12.700

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [kNm]	Suma Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
113.700	0.000	33.600	33.600



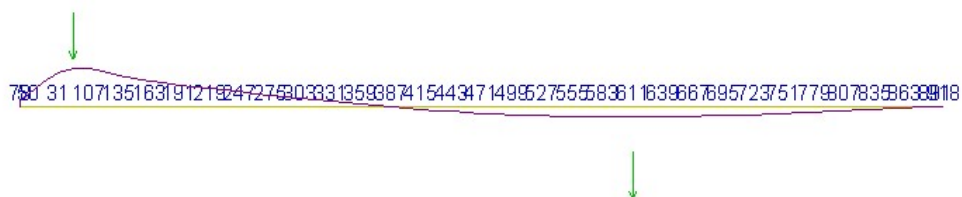
Vplyvová čiara M_y v tráme pre $x = L/2$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [kN]	Suma Q [kN]	X1 [m]	X2 [m]
-9.954	0.000	44.600	44.600

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [kN]	Suma Q [kN]	X1 [m]	X2 [m]
34.564	0.000	3.900	3.900



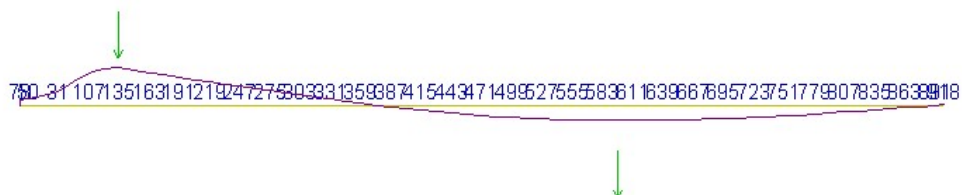
Vplyvová čiara Vz v tráme pre $x = 0$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [kN]	Suma Q [kN]	X1 [m]	X2 [m]
-9.941	0.000	43.500	43.500

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [kN]	Suma Q [kN]	X1 [m]	X2 [m]
23.880	0.000	7.200	7.200



Vplyvová čiara Vz v tráme pre $x = 2,2 \text{ m}$

Vplyvové čiary napätí v tráme

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
-0.033	0.000	67.200	67.200

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
0.443	0.000	33.600	33.600

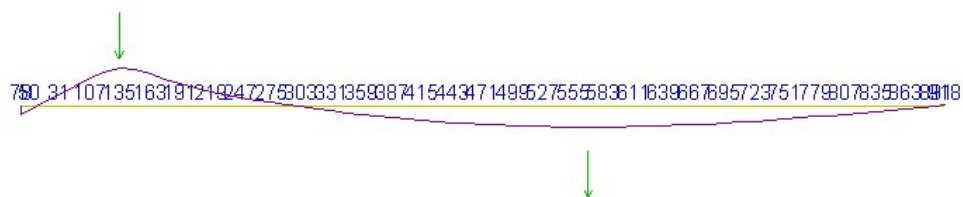


Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
-1.218	0.000	7.200	7.200

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
0.709	0.000	41.300	41.300



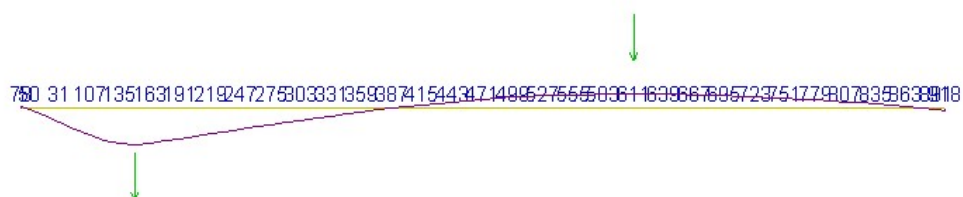
Vplyvová čiara σ_h v tráme pre $x = L/10$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
-0.514	0.000	44.600	44.600

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
1.457	0.000	8.300	8.300



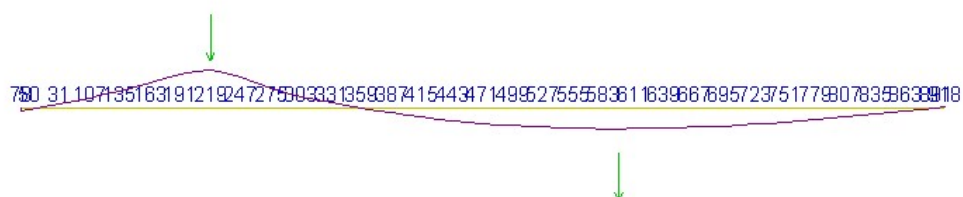
Vplyvová čiara σ_d v tráme pre $x = L/10$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
-1.579	0.000	13.800	13.800

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
0.904	0.000	43.500	43.500



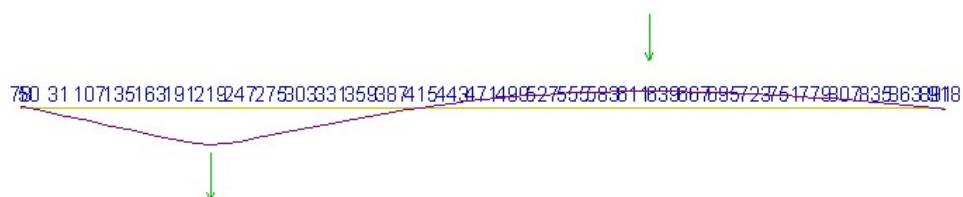
Vplyvová čiara σ_h v tráme pre $x = L/5$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
-0.859	0.000	45.700	45.700

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
1.996	0.000	13.800	13.800



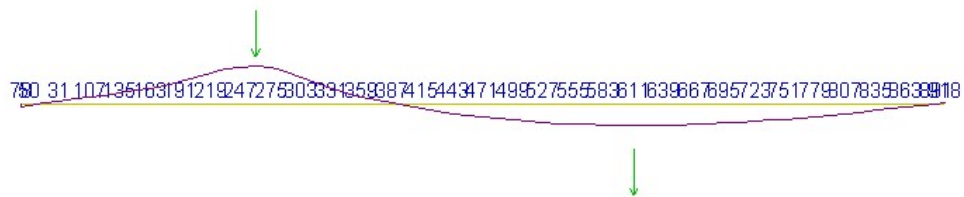
Vplyvová čiara σ_d v tráme pre $x = L/5$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
-1.502	0.000	17.100	17.100

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
0.884	0.000	44.600	44.600



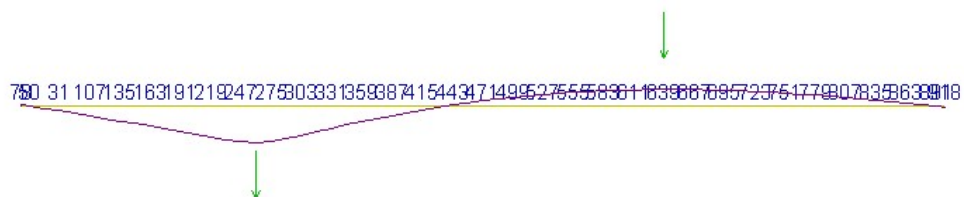
Vplyvová čiara σ_h v tráme pre $x = L/4$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
-0.861	0.000	46.800	46.800

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
2.014	0.000	17.100	17.100



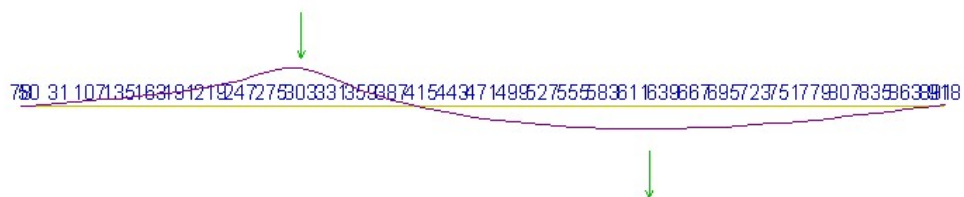
Vplyvová čiara σ_d v tráme pre $x = L/4$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
-1.411	0.000	20.400	20.400

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
0.887	0.000	45.700	45.700



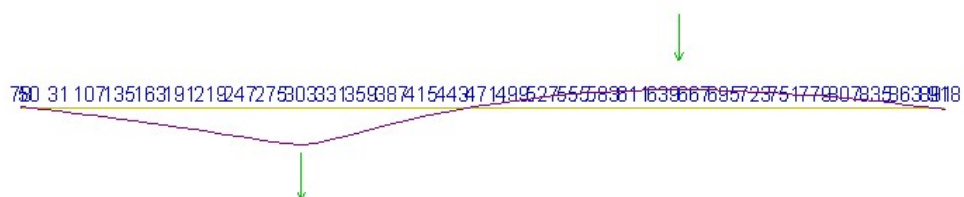
Vplyvová čiara σ_h v tráme pre $x = 3L/10$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
-0.863	0.000	47.900	47.900

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
1.852	0.000	20.400	20.400



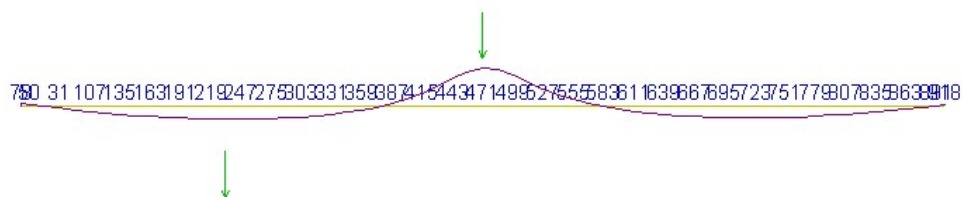
Vplyvová čiara σ_d v tráme pre $x = 3L/10$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
-1.138	0.000	33.600	33.600

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
0.426	0.000	14.900	14.900



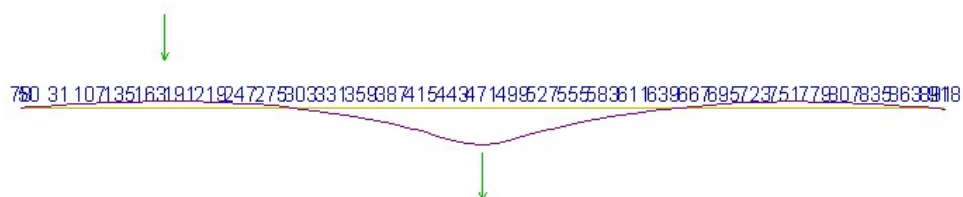
Vplyvová čiara σ_h v tráme pre $x = L/2$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
-0.263	0.000	10.500	10.500

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
1.604	0.000	33.600	33.600



Vplyvová čiara σ_d v tráme pre $x = L/2$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
0.000	0.000	0.000	0.000

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
1.168	0.000	0.000	0.000



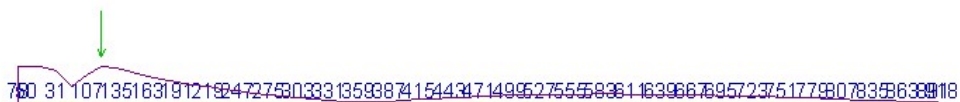
Vplyvová čiara τ v tráme pre $x = 0$ m

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
0.000	0.000	0.000	0.000

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [MPa]	Suma Q [MPa]	X1 [m]	X2 [m]
0.974	0.000	6.100	6.100



Vplyvová čiara τ v tráme pre $x = 2,2$ m

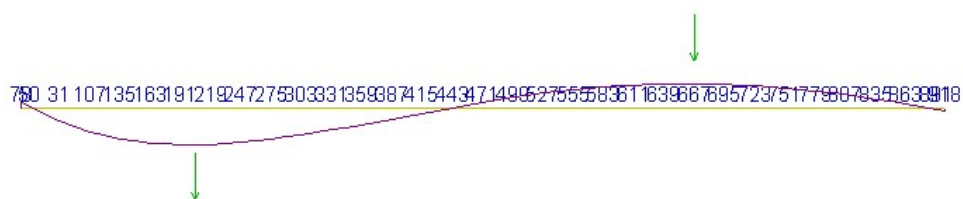
Vplyvové čiary deformácií

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [mrad]	Suma Q [mrad]	X1 [m]	X2 [m]
-0.045	0.000	49.000	49.000

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [mrad]	Suma Q [mrad]	X1 [m]	X2 [m]
0.072	0.000	12.700	12.700



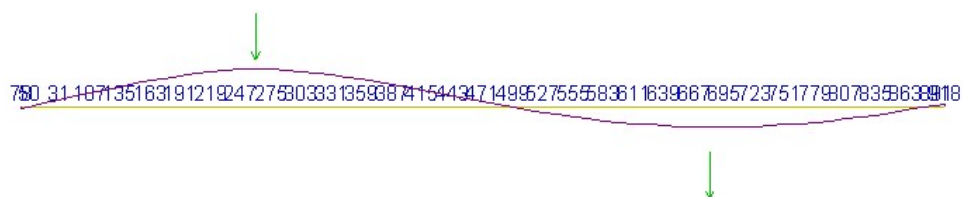
Vplyvová čiara pootočenia trámu Φ_y pre $x = 0$ m

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [mm]	Suma Q [mm]	X1 [m]	X2 [m]
-0.800	0.000	17.100	17.100

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [mm]	Suma Q [mm]	X1 [m]	X2 [m]
0.444	0.000	50.100	50.100



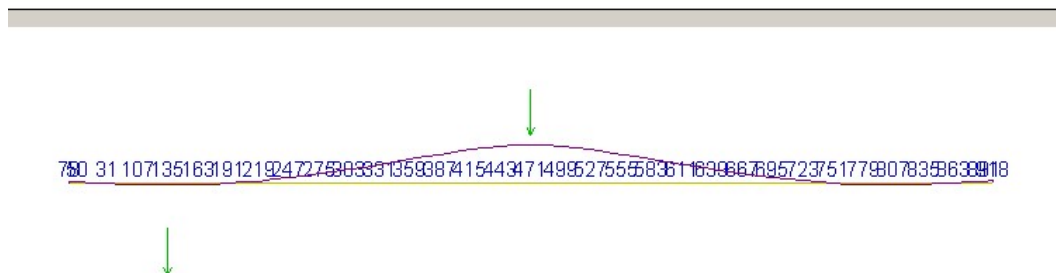
Vplyvová čiara priehybu trámu δ_z pre $x = L/4$

Poloha záporného maxima : LS1

Suma P [mm]	Suma Q [mm]	X1 [m]	X2 [m]
-0.556	0.000	33.600	33.600

Poloha kladného maxima : LS1

Suma P [mm]	Suma Q [mm]	X1 [m]	X2 [m]
0.042	0.000	7.200	7.200



Vplyvová čiara priehybu trámu δz pre $x = L/2$

4.3.1.2 Polohy zaťaženia súvisiace s dopravou

a)

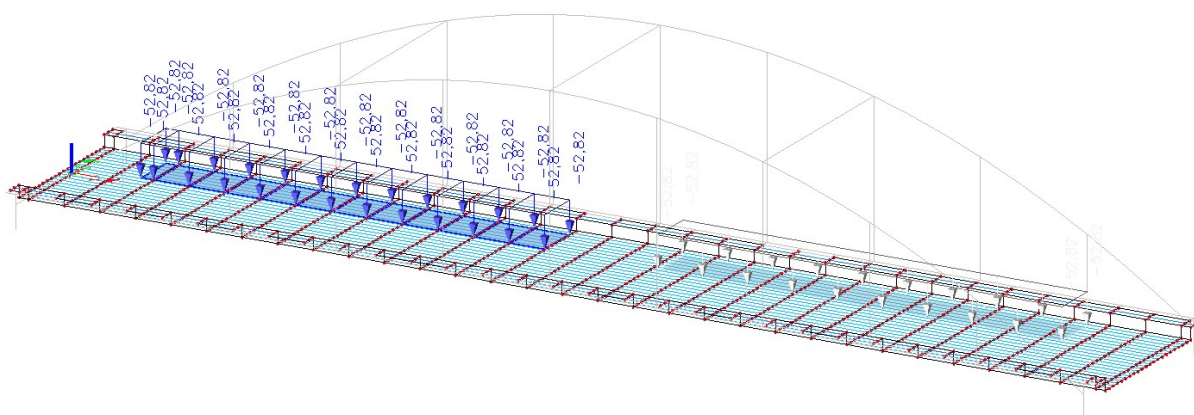
Na základe vplyvových plôch bolo postavené zaťaženie od zvislých účinkov vlaku Q_v . Pričom bolo nutné modelovať zvlášť zaťaženie jednej koľaje a zvlášť zaťaženie koľaje druhej, nakoľko je potrebné vyšetriť stav, kedy je na oboch koľajach LM71 a tiež stav, kedy je na jednej koľaji LM71 a na druhej SW/2.

b)

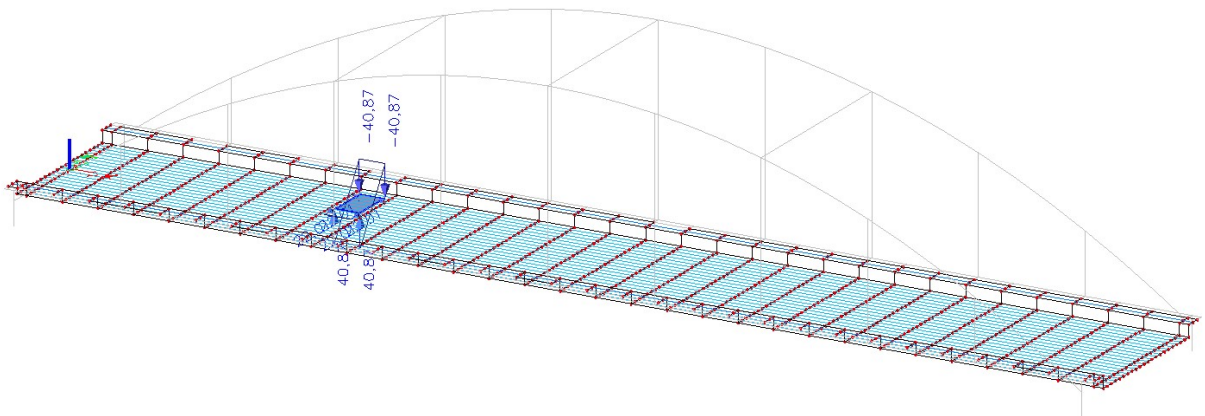
podľa umiestnenia (a tvaru vplyvovky) sa ďalej do rovnakej polohy umiestnili zaťaženia od bočných nárazov, rozjazdových/brzdnych síl, zaťaženie neverejných chodníkov, vietor na pohyblivé zaťaženie.

Nie je účelné vypisovať všetky polohy, nakoľko ich sú desiatky (pozri 4.3.2). Pre názornosť uvádzame iba polohu pre **max účinok v 1/4 rozpätia ľavého trámu** (σ_{\max}).

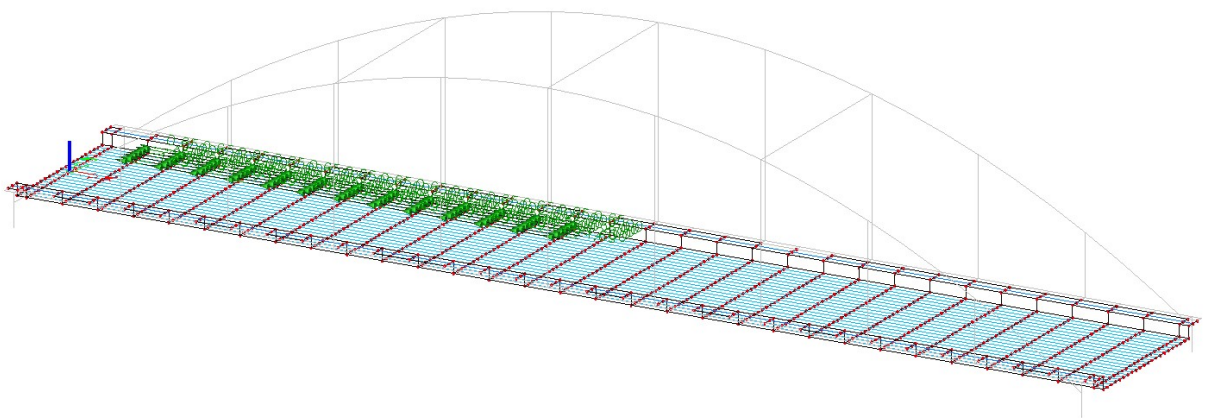
POZNÁMKA: prezentácia týchto 8 zaťažovacích stavov je len názorná ukážka zo 104 zaťažovacích stavov ktoré boli analyzované.



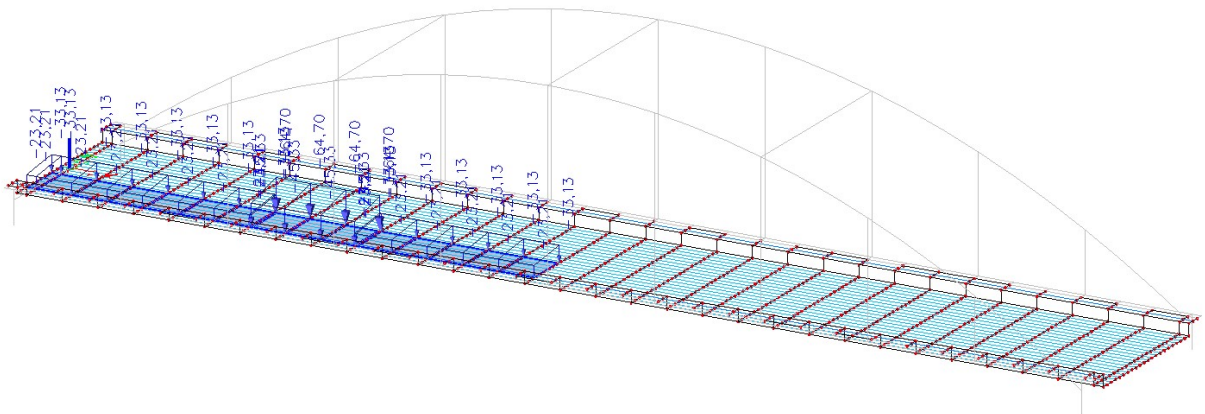
Plošné zaťaženia Q_v od SW/2 na 2. koľaji – poloha pre σ_{\max} $1/4$ L ľavého trámu



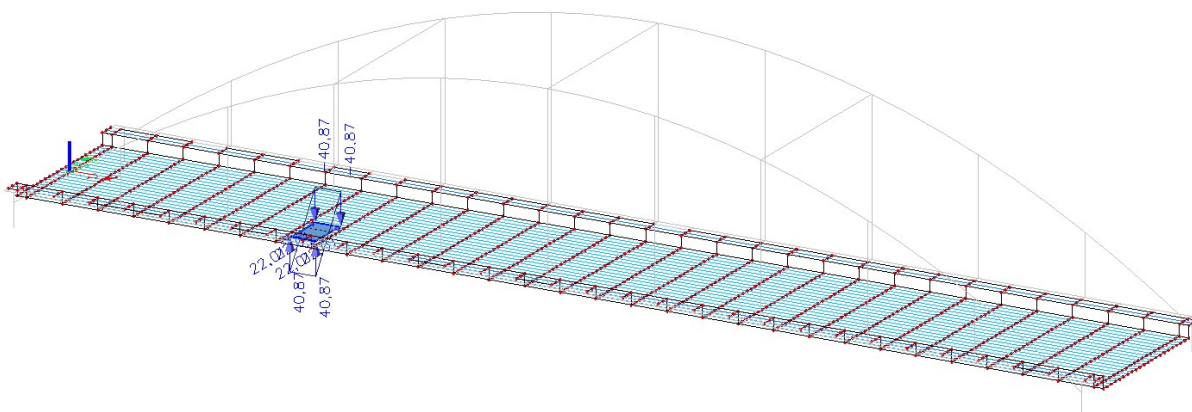
Plošné zaťaženia Q_s od SW/2 na 2. koľaji – poloha pre σ_{\max} $\frac{1}{4}$ L ľavého trámu



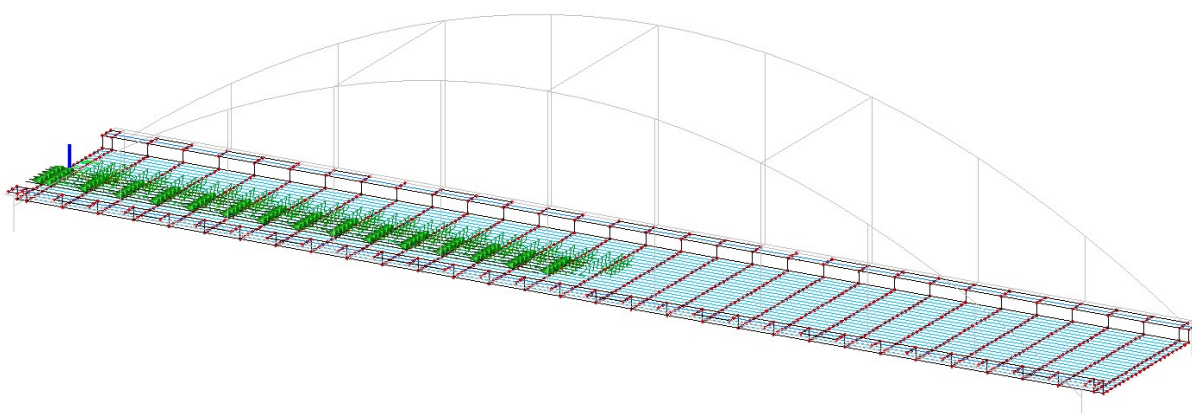
Plošné zaťaženia Q_{la} od SW/2 na 2. koľaji – poloha pre σ_{\max} $\frac{1}{4}$ L ľavého trámu



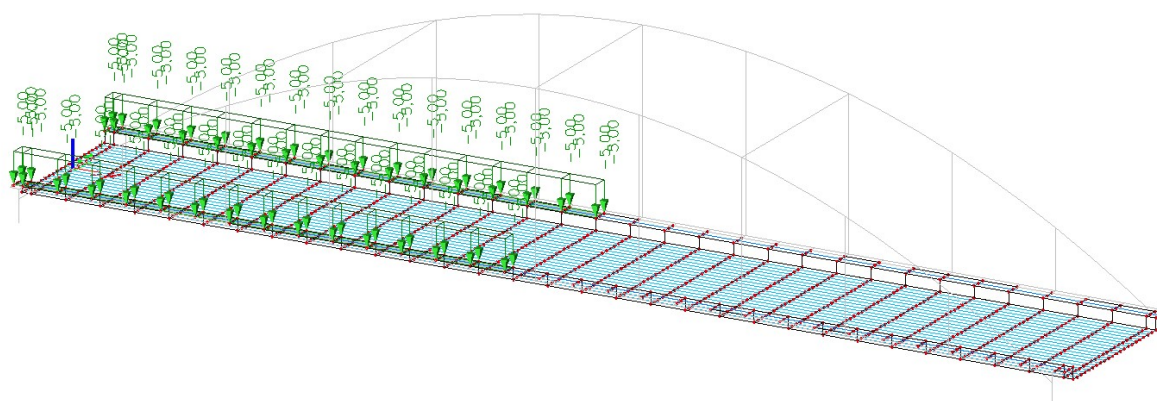
Plošné zaťaženia Q_v od LM71 na 1. koľaji – poloha pre σ_{\max} $\frac{1}{4}$ L ľavého trámu



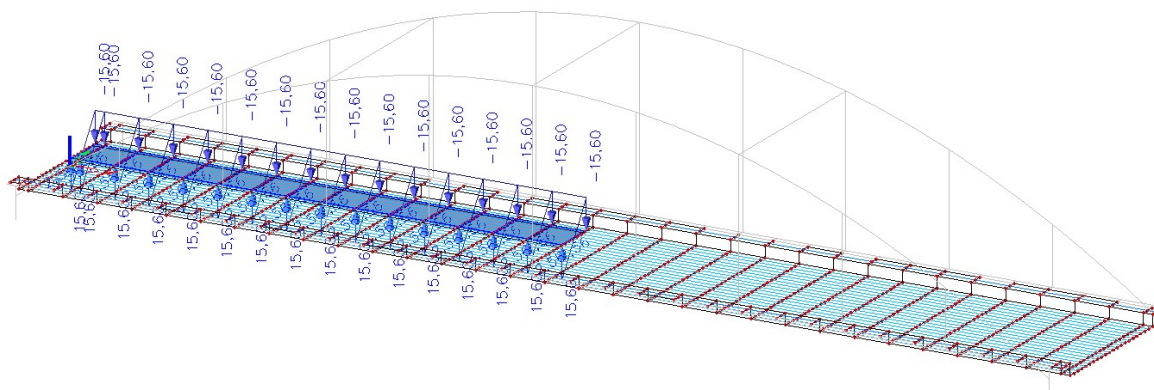
Plošné zaťaženia Q_s od LM71 na 1. koľaji – poloha pre σ_{\max} $\frac{1}{4}$ L ľavého trámu



Plošné zaťaženia Q_{lb} od LM71 na 1. koľaji – poloha pre σ_{\max} $\frac{1}{4}$ L ľavého trámu



Plošné zaťaženia na chodníkoch – poloha pre σ_{\max} $\frac{1}{4}$ L ľavého trámu



Plošné zaťaženia od vetra na pás pohyblivého zaťaženia sprava - alt. 1 (roznos na 2. koľaj) – poloha pre $\sigma_{\max} \frac{1}{4} L$ ľavého trámu

4.3.2 Zaťažovacie stavy

Názov	Popis	Typ pôsobenia	Zaťažovacia skupina
g1-vl.t.	Vlastná tiaž (aj pri 4.2.4)	Stále	G1 (aj pri 4.2.4)
g2-dopln	Doplnok k vlastnej tiaži (aj pri 4.2.4)	Stále	G1 (aj pri 4.2.4)
g3-zvršo	Železničný zvršok (aj pri 4.2.4)	Stále	G1 (aj pri 4.2.4)
g4-izolá	Izolácia vane (aj pri 4.2.4)	Stále	G1 (aj pri 4.2.4)
g5-lôžko	Štrkové lôžko (aj pri 4.2.4)	Stále	G1 (aj pri 4.2.4)
WK	Vietor - iba na konštrukciu	Premenné	W
aLN_Qv	Qv - Model 71 - max N	Premenné	Qv
aLN_Qs	Qs - Model 71 - max N	Premenné	Qs
aLN_Ql	Ql - Model 71 - max N	Premenné	Ql
aSN_Qv	Qv - SW/2 - max N	Premenné	Qv
aSN_Qs	Qs - SW/2 - max N	Premenné	Qs
aSN_Ql	Ql - SW/2 - max N	Premenné	Ql
bLN_Qv	Qv - Model 71 - max N	Premenné	Qv
bLN_Qs	Qs - Model 71 - max N	Premenné	Qs
bLN_Ql	Ql - Model 71 - max N	Premenné	Ql
bSN_Qv	Qv - SW/2 - max N	Premenné	Qv
bSN_Qs	Qs - SW/2 - max N	Premenné	Qs
bSN_Ql	Ql - SW/2 - max N	Premenné	Ql
Ch_N	Chodník - max N	Premenné	Ch
WP_N	Vietor - max N	Premenné	W
aLM/4_Qv	Qv - Model 71 - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Qv
aLM/4_Qs	Qs - Model 71 - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Qs
aLM/4_Ql	Ql - Model 71 - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Ql
aSM/4_Qv	Qv - SW/2 - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Qv
aSM/4_Qs	Qs - SW/2 - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Qs
aSM/4_Ql	Ql - SW/2 - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Ql
bLM/4_Qv	Qv - Model 71 - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Qv
bLM/4_Qs	Qs - Model 71 - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Qs
bLM/4_Ql	Ql - Model 71 - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Ql
bSM/4_Qv	Qv - SW/2 - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Qv
bSM/4_Qs	Qs - SW/2 - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Qs
bSM/4_Ql	Ql - SW/2 - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Ql
Ch_M/4+	Chodník - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	Ch
WP_M/4+	Vietor - max M 1/4 (sigma D)	Premenné	W
aLM/4_Qv1	Qv - Model 71 - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Qv
aLM/4_Qs1	Qs - Model 71 - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Qs
aLM/4_Ql1	Ql - Model 71 - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Ql
aSM/4_Qv1	Qv - SW/2 - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Qv

aSM/4_Qs1	Qs - SW/2 - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Qs
aSM/4_Ql1	Ql - SW/2 - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Ql
bLM/4_Qv1	Qv - Model 71 - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Qv
bLM/4_Qs1	Qs - Model 71 - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Qs
bLM/4_Ql1	Ql - Model 71 - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Ql
bSM/4_Qv1	Qv - SW/2 - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Qv
bSM/4_Qs1	Qs - SW/2 - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Qs
bSM/4_Ql1	Ql - SW/2 - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Ql
Ch_M/4-	Chodník - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	Ch
WP_M/4-	Vietor - min M 1/4 (sigma H)	Premenné	W
aLR_Qv	Qv - Model 71 - max R	Premenné	Qv
aLR_Qs	Qs - Model 71 - max R	Premenné	Qs
aLR_Ql	Ql - Model 71 - max R	Premenné	Ql
aSR_Qv	Qv - SW/2 - max R	Premenné	Qv
aSR_Qs	Qs - SW/2 - max R	Premenné	Qs
aSR-Ql	Ql - SW/2 - max R	Premenné	Ql
bLR_Qv	Qv - Model 71 - max R	Premenné	Qv
bLR_Qs	Qs - Model 71 - max R	Premenné	Qs
bLR_Ql	Ql - Model 71 - max R	Premenné	Ql
bSR_Qv	Qv - SW/2 - max R	Premenné	Qv
bSR_Qs	Qs - SW/2 - max R	Premenné	Qs
bSR_Ql	Ql - SW/2 - max R	Premenné	Ql
Ch_R	Chodník - max R	Premenné	Ch
WP_R	Vietor - max R	Premenné	W
aLM/2_Qv	Qv - Model 71 - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Qv
aLM/2_Qs	Qs - Model 71 - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Qs
aLM/2_Ql	Ql - Model 71 - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Ql
aSM/2_Qv	Qv - SW/2 - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Qv
aSM/2_Qs	Qs - SW/2 - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Qs
aSM/2_Ql	Ql - SW/2 - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Ql
bLM/2_Qv	Qv - Model 71 - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Qv
bLM/2_Qs	Qs - Model 71 - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Qs
bLM/2_Ql	Ql - Model 71 - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Ql
bSM/2_Qv	Qv - SW/2 - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Qv
bSM/2_Qs	Qs - SW/2 - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Qs
bSM/2_Ql	Ql - SW/2 - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Ql
Ch_M/2+	Chodník - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	Ch
WP_M/2+	Vietor - max M 1/2 (sigma D)	Premenné	W
aLM/2_Qv1	Qv - Model 71 - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Qv
aLM/2_Qs1	Qs - Model 71 - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Qs
aLM/2_Ql1	Ql - Model 71 - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Ql
aSM/2_Qv1	Qv - SW/2 - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Qv
aSM/2_Qs1	Qs - SW/2 - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Qs
aSM/2_Ql1	Ql - SW/2 - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Ql
bLM/2_Qv1	Qv - Model 71 - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Qv
bLM/2_Qs1	Qs - Model 71 - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Qs
bLM/2_Ql1	Ql - Model 71 - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Ql
bSM/2_Qv1	Qv - SW/2 - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Qv
bSM/2_Qs1	Qs - SW/2 - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Qs
bSM/2_Ql1	Ql - SW/2 - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Ql
Ch_M/2-	Chodník - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	Ch
WP_M/2-	Vietor - max M 1/2 (sigma H)	Premenné	W
aLVz_Qv	Qv - Model 71 - max V v x = 2,2	Premenné	Qv
aLVz_Qs	Qs - Model 71 - max V v x = 2,2	Premenné	Qs
aLVz_Ql	Ql - Model 71 - max V v x = 2,2	Premenné	Ql
aSVz_Qv	Qv - SW/2 - max V v x = 2,2	Premenné	Qv
aSVz_Qs	Qs - SW/2 - max V v x = 2,2	Premenné	Qs

aSVz_Ql	Ql - SW/2 - max V v x = 2,2	Premenné	Ql
bLVz_Qv	Qv - Model 71 - max V v x = 2,2	Premenné	Qv
bLVz_Qs	Qs - Model 71 - max V v x = 2,2	Premenné	Qs
bLVz_Ql	Ql - Model 71 - max V v x = 2,2	Premenné	Ql
bSVz_Qv	Qv - SW/2 - max V v x = 2,2	Premenné	Qv
bSVz_Qs	Qs - SW/2 - max V v x = 2,2	Premenné	Qs
bSVz_Ql	Ql - SW/2 - max V v x = 2,2	Premenné	Ql
Ch_Vz	Chodník - max V v x = 2,2	Premenné	Ch
WP_Vz	Vietor - max V v x = 2,2	Premenné	W

4.3.3 Kombinácie

Kombinácie zaťaženia rešpektujú požiadavky STN EN.

4.3.3.1 Kombinovanie stálych zaťažení „G“

Základné kombinačné pravidlo pre stále zaťaženie uvádza nasledovná tabuľka. Okrem súčiniteľov zaťaženie sú teda v prípade štrkového lôžka a izolácie uvažované horné a dolné hranice pre určenie charakteristickej hodnoty zaťaženia – pozri 4.2.1.

STÁLE „G“	koef. charakter. hodnoty		Súčiniteľ zaťaženia		
	Max	Min	$\gamma_{F,ult.,MAX}$	$\gamma_{F,ult.,MIN}$	$\gamma_{F,serv.}$
Vlastná tiaž OK	1,00		1,25	1,00	1,00
Doplnok k vlastnej tiaži OK	1,00		1,35	1,00	1,00
Vybavenie mosta	1,00		1,35	1,00	1,00
Izolácia	1,20	0,80	1,35	1,00	1,00
Tiaž štrkového lôžka	1,30	0,70	1,35	1,00	1,00
Tiaž zvršku	1,0		1,35	1,00	1,00

4.3.3.2 Skupiny zaťažení od železničnej dopravy „Q“

Tabuľka ukazuje uvažované alternatívy zaťaženia železničnou dopravou v medznom stave únosnosti.

Zaťaženie železničnou dopravou - "Q"								
Koľaj	Železničné zaťaženie		Súčinitele			Uvažované alternatívy skupín		
			α	δ	γ_F			
1. koľaj	SW/2	Qv	1,00	δ	1,20	1	1	1
		Qs				0	1	0,5
		Qla/Qlb				0	0,5	1
2. koľaj	LM71	Qv	1,21	δ	1,40	1	1	1
		Qs				0	1	0,5
		Qla/Qlb				0	0,5	1
1. koľaj	LM71	Qv	1,21	δ	1,40	1	1	1
		Qs				0	1	0,5
		Qla/Qlb				0	0,5	1
2. koľaj	LM71	Qv	1,21	δ	1,40	1	1	1
		Qs				0	1	0,5
		Qla/Qlb				0	0,5	1

Pričom je možné uvažovať alternatívy:

- a) na prvej koľaji LM71 (druhá prázdna)
- b) na prvej koľaji SW2 (druhá prázdna)
- c) na druhej koľaji LM71 (prvá prázdna)
- d) na druhej koľaji SW/2 (prvá prázdna)
- e) na oboch koľajach LM71
- f) na prvej koľaji LM71 a na druhej SW/2
- g) na prvej koľaji SW2 a na druhej LM71

Pre **medzné stavy používateľnosti a únavy** platia rovnaké pravidlá, len $\gamma_F = 1,00$. Navyše je exaktne stanovené, ktorá z alternatív „a“ až „g“ sa **smie/nemôže** použiť pre medzné stavy používateľnosti alebo únavy.

4.3.3.3 Kombinácie s ostatnými zaťažzeniami.

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

$$\begin{aligned} & \text{„G“} + \text{„Q“} + \psi_{0,\text{chodník}} \cdot \gamma_F \cdot \text{CHODNÍK} + \psi_{0,\text{vietor}} \cdot \gamma_F \cdot \text{VIETOR} \\ & \text{„G“} + \text{„Q“} + 0,8 \cdot 1,5 \cdot \text{CHODNÍK} + 0,75 \cdot 1,5 \cdot \text{VIETOR} \end{aligned}$$

kde za „G“ a „Q“ je potrebné dosadiť jednu z alternatív uvedenú v tabuľkách v 4.3.3.1 a 4.3.3.2.

Týmto kľúčom bolo vytvorených a analyzovaných niekoľko stoviek kombinácií.

4.4 VNÚTORNÉ SILY A SYSTÉM POSUDZOVANIA

Výpis vnútorných síl neuvádzame, nakoľko je to obrovské množstvo dát.

Celá konštrukcia, resp. jej každý prvok bol predbežne posúdený výpočtovým programom SCIA Enginner. Do výpočtu boli zadané príslušné vzperné dĺžky straty stability pre všetky prútové prvky. Pri tomto posudzovaní bola uvažovaná obálka všetkých kombinácií opísaných v časti 4.3.3.

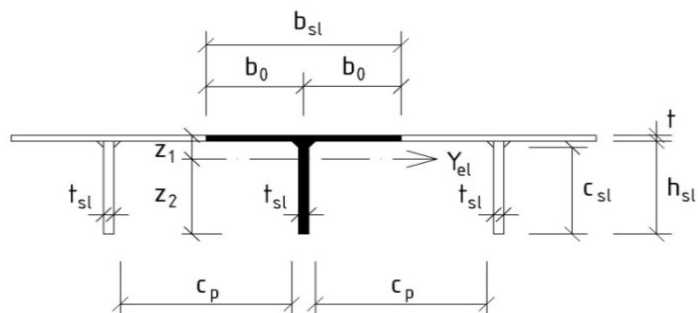
Následne boli v najkritickejších miestach vykonané detailné posudky. Najnepriaznivejšie z nich pre každý konštrukčný prvok sú uvedené v ďalšom. Výsledné vnútorné sily, napätia a deformácie sú vždy použité pri konkrétnych posudkoch s prípadným komentárom, ak je to potrebné.

4.5 POSÚDENIE POZDĹŽNEJ VÝSTUHY

4.5.1 Pozdĺžna výstuha

Výstuhe je konštantného preierzu, vyberáme maximálne posudky.

Prierezové charakteristiky



t =	16 mm (skutočná)
t =	12 mm (posudok)
b _{sl} =	460 mm
h _{sl} =	250 mm
t _{sl} =	22 mm
a _w =	6 mm (výška zvaru)
c _p =	421 mm
c _{sl} =	242 mm
h =	266 mm (skutočná)
h =	262 mm (posudok)

z _{pl,1} =	-14,0 mm	z _{el,1} =	-75,7 mm
z _{pl,2} =	252,0 mm	z _{el,2} =	190,3 mm

A =	11,020E+03 mm ²
I _y =	85,993E+06 mm ⁴

Materiálové parametre:

	Oceľ	t [mm]	f _y [MPa]	f _u [MPa]	γ _{M0}	γ _{M1}	γ _{M2}
Plech mostovky	S355	16	355	510	1,00	1,10	1,25
Výstuha	S355	22	355	510			

Zatriedenie prierezu

Horná pásnica: - zatriedenie na tlak (od kladného momentu):

$$\varepsilon_m = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

$$\beta_p = c_p/t = 421,03 / 16 = 26,3 \quad \left\{ \begin{array}{l} < 33 \cdot \varepsilon_m = 33 \cdot 0,81 = 26,8 \\ < 38 \cdot \varepsilon_m = 38 \cdot 0,81 = 30,9 \\ < 42 \cdot \varepsilon_m = 42 \cdot 0,81 = 34,2 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{tr. 1}$$

Výstuha: - zatriedenie na záporný moment v rovine výstuhy (bezpečne):

$$\varepsilon_m = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

$$\alpha = \frac{z_{pl,2}}{c_{sl}} = \frac{252,0}{241,5} = 1,044 \quad \psi = \frac{z_{el,2} - c_{sl}}{z_{el,2}} = \frac{-51,2}{190,3} = -0,269$$

$$k_\sigma = 0,632 \quad \left\{ \begin{array}{l} > 9\varepsilon/\alpha = 7,0 \\ > 10\varepsilon/\alpha = 7,8 \\ < 21\varepsilon/k_\sigma = 13,6 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{tr. 3}$$

Vydúvanie plechu medzi výstuhami

$\bar{\lambda}_p = 0,57 \rightarrow \rho = 1,00 \rightarrow b_{c,eff} = b_c$ plech medzi výstuhami nevydúva

Prierezové charakteristiky účinného prierezu s vplyvom ochabnutia šmykom

Účinná šírka plechu s vplyvom ochabnutia šmykom

Miesto overenia	L [mm]	L _c [mm]	b ₀ [mm]	t [mm]	α ₀	κ	β	β ^κ	b _{sl,eff} [mm]
+ M _y v poli	2200	1540	230	12	1,0	0,149	0,875	0,980	450,9
– M _y nad priečnikom	2200	1100	230	12	1,0	0,209	0,432	0,839	386,0
	2200								198,9*

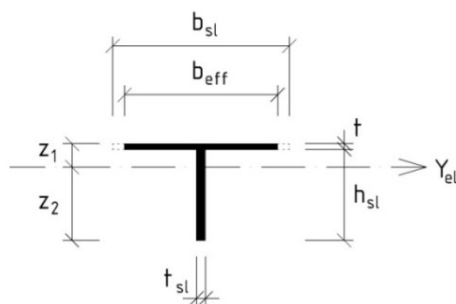
* efektívna šírka v MS použiteľnosti a únavy

Prierezové charakteristiky v MS únosnosti

Miesto overenia	A _{eff} [mm ²]	z ₁ [mm]	z ₂ [mm]	I _{eff,y} [mm ⁴]	W _{eff,y,1} [mm ³]	W _{eff,y,2} [mm ³]
+ M _y v poli	10911,08	-72,0	190,0	75,5E+06	1,05E+06	398E+03
– M _y nad priečnikom	10132,26	-77,1	184,9	71,9E+06	931,8E+03	389E+03

Prierezové charakteristiky v MS použiteľnosti a únavy

– M _y nad priečnikom	7886,49	-97,4	164,6	57,2E+06	587,9E+03	348E+03
---------------------------------	---------	-------	-------	----------	-----------	---------



Posúdenie odolnosti prierezu výstuhy:

Účinky zaťaženia dopravou sú v kombináciách uvažované s dynamickým súčiniteľom pre globálne účinky:

$$L_\phi = 66,0 \text{ m} \Rightarrow \phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,73 = 1,00 \left[\begin{array}{l} < 1,15 \\ < 2,00 \end{array} \right] \phi_{3,glo} = 1,15$$

Dynamický súčiniteľ pre lokálne účinky:

$$L_\phi = 6,6 \text{ m} \Rightarrow \phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,73 = 1,64 \left[\begin{array}{l} > 1,15 \\ < 2,00 \end{array} \right] \phi_{3,loc} = 1,64$$

Separácia lokálnych a globálnych dynamických účinkov zaťaženia dopravou:

- ohybový moment M_y od zaťaženia dopravou vynásobíme $\phi_{3,loc}$
- normálovú silu N od zaťaženia dopravou vynásobíme $\phi_{3,glo}$

Podmienka spoľahlivosti:

$$\eta_l = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,y} \cdot f_{yd}} \leq 1,0 \quad f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

Posúdenie v mieste max M_y :

Rozhodujúce vnútorné sily:	$M_{y,Ed} = 44,79 \text{ kNm}$	(z modelu s glob. dynamickým súčiniteľom)
(v poli)	$M_{y,Ed} = 62,85 \text{ kNm}$	(s lokálnym dynamickým súčiniteľom)
	$N_{Ed} = 487,00 \text{ kN}$	(z modelu s glob. dynamickým súčiniteľom)
	$N_{Ed} = 478,68 \text{ kN}$	(s globálnym dynamickým súčiniteľom)

Posúdenie v horných a dolných vláknach prierezu:

$$\eta_{lh} = \frac{478,68}{11,020 \cdot 355,0} - \frac{62,85}{1,048 \cdot 355,0} = 0,12 - 0,17 = -0,05 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$$\eta_{ld} = \frac{478,68}{11,020 \cdot 355,0} + \frac{62,85}{0,398 \cdot 355,0} = 0,12 + 0,45 = 0,57 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

... v horných vláknach je tlak 17 MPa - dostatočná rezerva na prípadné vydúvanie mostovky ako celku

Posúdenie v mieste min M_y :

Rozhodujúce vnútorné sily:	$M_{y,Ed} = -29,85 \text{ kNm}$	(z modelu s glob. dynamickým súčiniteľom)
(nad priečnikom)	$M_{y,Ed} = -41,89 \text{ kNm}$	(s lokálnym dynamickým súčiniteľom)
	$N_{Ed} = 795,52 \text{ kN}$	(z modelu s glob. dynamickým súčiniteľom)
	$N_{Ed} = 781,92 \text{ kN}$	(s globálnym dynamickým súčiniteľom)

Posúdenie v horných a dolných vláknach prierezu:

$$\eta_{lh} = \frac{781,92}{11,020 \cdot 355,0} - \frac{41,89}{0,932 \cdot 355,0} = 0,20 - 0,1 = 0,1 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$$\eta_{ld} = \frac{781,92}{11,020 \cdot 355,0} + \frac{41,89}{0,389 \cdot 355,0} = 0,20 + 0,30 = 0,50 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

... v dolných vláknach je tlak 37 MPa - dostatočná rezerva na prípadné klopenie

Posúdenie v mieste max N :

Rozhodujúce vnútorné sily:	$M_{y,Ed} = 6,78 \text{ kNm}$	(z modelu s glob. dynamickým súčiniteľom)
(v poli)	$M_{y,Ed} = 9,51 \text{ kNm}$	(s lokálnym dynamickým súčiniteľom)
	$N_{Ed} = 897,46 \text{ kNm}$	(z modelu s glob. dynamickým súčiniteľom)
	$N_{Ed} = 882,12 \text{ kNm}$	(s globálnym dynamickým súčiniteľom)

Posúdenie v horných a dolných vláknach prierezu:

$$\eta_{lh} = \frac{882,12}{11,020 \cdot 355,0} - \frac{9,51}{1,048 \cdot 355,0} = 0,23 - 0,03 = 0,20 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$$\eta_{ld} = \frac{882,12}{11,020 \cdot 355,0} + \frac{9,51}{0,398 \cdot 355,0} = 0,23 + 0,07 = 0,30 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

... celý ťahaný prierez

Vnutorná sila vo výstuhe: $V_{z,Ed} = 105,87 \text{ kNm}$ (z modelu s glob. dynamickým súčiniteľom)

$V_{z,Ed} = 148,56 \text{ kNm}$ (s lokálnym dynamickým súčiniteľom)

Šmyková plocha: $A_v = \eta \cdot h_{sl} \cdot t_{sl} = 1,2 \cdot 250 \cdot 22 = 6600 \text{ mm}^2$

$$f_{ywd} = \frac{f_{yw}}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

$$\eta_3 = \frac{V_{z,Ed}}{f_{ywd} / \sqrt{3} \cdot A_v} = \frac{148,56}{355,00 / \sqrt{3} \cdot 6,600} = 0,11$$

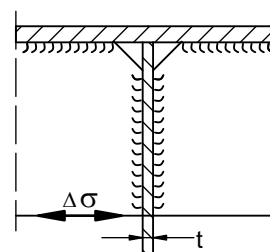
$$\eta_3 = 0,11 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$$< 0,5 \Rightarrow \text{Vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno všade zanedbať!}$$

4.5.2 Únavová odolnosť pozdĺžnej výstuhy

Posúdenie únavovej odolnosti

- Detail prípoja steny pozdĺžnej výstuhy na stenu priečnej výstuhy.



Rozhodujúce rozkmity napätia

Rozkmity napätí boli získané na základe únavových kombinácií, kedy je vo prípoji pozdĺžnej výstuhy na priečnu výstuhu maximálny rozkmit napätia

V modeli však nie sú zohľadnené rozdielne dynamické súčinitele

Dynamický súčiniteľ	ϕ_2	γ_{FF}
pre lokálne účinky	1,43	1,00
pre globálne účinky	1,08	

Rozkmit pozdĺžnych normálových napätí od lokálnych účinkov bez dynamického súčiniteľa

$$\Delta\sigma_{p,loc} = 21,9 \text{ MPa}$$

Rozkmit pozdĺžnych normálových napätí od globálnych účinkov bez dynamického súčiniteľa:

$$\Delta\sigma_{p,glob} = 26,8 \text{ MPa}$$

Ekvivalentný rozkmit napätia:

Súčiniteľ ekvivalentného poškodenia pre lokálne účinky: $\lambda_{loc} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{max} = 1,4$

- dĺžka vplyvovej čiary:	2,2 m	$\Rightarrow \lambda_1 = 1,44$	} $\Rightarrow \lambda_{loc} = 1,40$
- typ dopravy:	EC mix	$\Rightarrow \lambda_2 = 1,04$	
- objem dopravy za rok:	$30 \cdot 10^6 \text{ t / koľaj}$	$\Rightarrow \lambda_3 = 1,00$	
- návrhová životnosť:	100 rokov	$\Rightarrow \lambda_4 = 1,00$	
- počet koľají na moste:	2 (pomer 1,0)	$\Rightarrow \lambda_4 = 1,00$	

Súčiniteľ ekvivalentného poškodenia pre globálne účinky: $\lambda_{loc} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{max} = 1,4$

- dĺžka vplyvovej čiary:	33,0 m	\Rightarrow	$\lambda_1 = 0,64$	} $\Rightarrow \lambda_{glo} = 0,54$
- typ dopravy:	EC mix			
- objem dopravy za rok:	$30 \cdot 10^6$ t / koľaj	\Rightarrow	$\lambda_2 = 1,04$	
- návrhová životnosť:	100 rokov	\Rightarrow	$\lambda_3 = 1,00$	
- počet koľají na moste:	2 (pomer 0,75)	\Rightarrow	$\lambda_4 = 0,81$	

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda_{loc} \cdot \phi_{2,loc} \cdot \Delta\sigma_{p,loc} + \lambda_{glo} \cdot \phi_{2,glo} \cdot \Delta\sigma_{p,glo}$$

$$\Delta\sigma_{E2} = 1,40 \cdot 1,43 \cdot 21,92 + 0,54 \cdot 1,08 \cdot 26,79 = 59,47 \text{ MPa}$$

Únavová odolnosť posudzovaného detailu:

Kategória detailu: 71 $\Rightarrow \Delta\sigma_C = 71 \text{ MPa}$

Parciálny súčiniteľ únavovej pevnosti: $\gamma_{Mf} = 1,15$ (hlavný nosný prvok)

Posúdenie:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}}$$

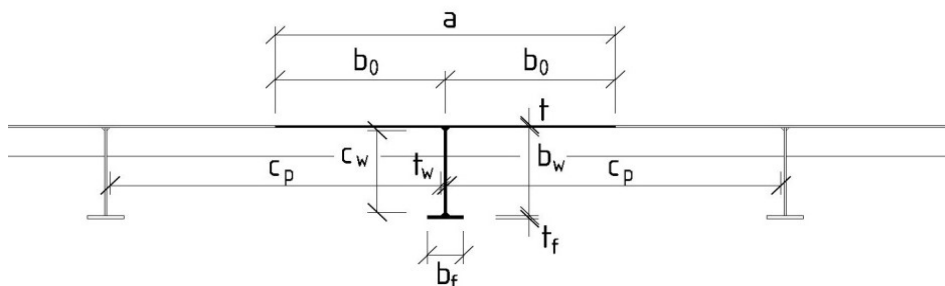
$$1,00 \cdot 59,47 = 59,47 \text{ MPa} < \frac{71,0}{1,15} = 61,74 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

Všetky ostatné detaily na pozdĺžnych výstužách budú s KD 71 resp. vyššie pričom majú menší rozkmit napätia, teda **vyhovujú**.

4.6 POSÚDENIE PRIEČNEJ VÝSTUHY

4.6.1 Vnútoraná priečna výstuha - plná

Prierezové charakteristiky



t =	16 mm	h =	1216 mm	A =	61,180E+03 mm ²	(skutočná)
t _{pos} =	12 mm	h _{pos} =	1212 mm	A =	52,380E+03 mm ²	(posudok)
a =	2200 mm	a _w =	7 mm	I _y =	13,970E+09 mm ⁴	(pre tuhosť)
b _w =	1170 mm	c _p =	2166,2 mm			
t _w =	14 mm	c _w =	1150,2 mm	z ₁ =	-354,0 mm	z _{p1,1} = -13,9 mm
b _f =	320 mm	c _f =	143,1 mm	z ₂ =	862,0 mm	z _{p1,2} = 1202,1 mm
t _f =	30 mm					

Materiálové parametre:

	Oceľ	t [mm]	f _y [MPa]	f _u [MPa]	γ _{M0}	γ _{M1}	γ _{M2}
Plech mostovky	S355	16	355	510	1,00	1,10	1,25
Stena	S355	14	355	510			
Pásnica	S355	30	355	510			

Zatriedenie prierezu

Plech medzi výstuhami: (zatriedime ako obojstranne pozdĺžne podopretú tlačenu stenu ekvivalentnej hrúbky t_e, ktorú získame "rozmazaním" tuhosti pozdĺžnych výstuh v priečnom smere)

$$t_e = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot I_{y,T}}{b_{sl}}} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 85,993 \cdot 10^6}{460}} = 130,9 \text{ mm} \quad I_{y,T} = 85,993E+06 \text{ mm}^2$$

$$b_{sl} = 460 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_m = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

$$\beta_p = c_p/t_p = 2166,2 / 130,9 = 16,5 \quad \left\{ \begin{array}{l} < 33 \cdot \varepsilon_m = 33 \cdot 0,81 = 26,8 \\ < 38 \cdot \varepsilon_m = 38 \cdot 0,81 = 30,9 \\ < 42 \cdot \varepsilon_m = 42 \cdot 0,81 = 34,2 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{tr. 1}$$

Pásnica výstuhy:

$$\varepsilon_m = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

$$\beta_f = c_f/t_f = 143,1 / 30 = 4,8 \quad \left\{ \begin{array}{l} < 9 \cdot \varepsilon_m = 9 \cdot 0,81 = 7,3 \\ < 10 \cdot \varepsilon_m = 10 \cdot 0,81 = 8,1 \\ < 14 \cdot \varepsilon_m = 14 \cdot 0,81 = 11,4 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{tr. 1}$$

Stena: (v plastickom štádiu zatriedime na tlak, v pružnom štádiu na ohyb(+tlak))

$$\varepsilon_m = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81 \quad \psi = \frac{z_2 - t_f - a_w \cdot \sqrt{2}}{z_1 + t + a_w \cdot \sqrt{2}} = \frac{822,1}{-328,1} = -2,51$$

$$\beta_w = \frac{b_w}{t_w} = \frac{1170}{14} = 83,57 \quad \left\{ \begin{array}{l} > 33 \cdot \varepsilon_m = 33 \cdot 0,81 = 26,8 \\ > 38 \cdot \varepsilon_m = 38 \cdot 0,81 = 30,9 \\ < 62 \cdot \varepsilon_m \cdot (1 - \psi) \sqrt{-\psi} = 293,5 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{tr. 3}$$

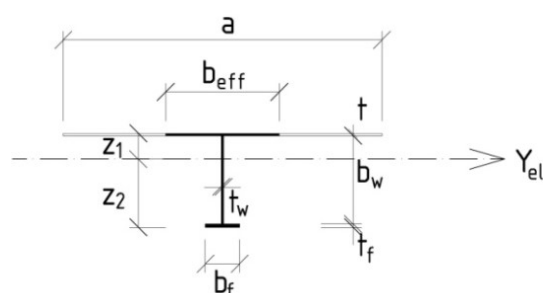
Prierezové charakteristiky účinného prierezu s vplyvom ochabnutia šmykom

Účinná šírka plechu s vplyvom ochabnutia šmykom

Overenie v:	L [mm]	L _e [mm]	b ₀ [mm]	t [mm]	α ₀	κ	β	β ^κ	b _{sl,eff} [mm]
MS únosnosti	11585	9847	1100	12	1,0	0,112	0,926	0,991	2181,2
MS použ. a únavy	11585	9847	1100	12	1,0	0,112	0,926	-	2037,3

Prierezové charakteristiky

Overenie v:	A _{eff} [mm ²]	z ₁ [mm]	z ₂ [mm]	I _{eff,y} [mm ⁴]	W _{eff,y,1} [mm ³]	W _{eff,y,2} [mm ³]
MS únosnosti	52154,39	-410,8	801,2	1,27E+10	3,08E+07	1,58E+07
MS použ. a únavy	50427,59	-424,7	787,3	1,24E+10	2,91E+07	1,57E+07



Vplyv vzperu:

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

Vybočenie kolmo na	L _{cr} [m]	λ	$\bar{\lambda}$	Krivka vzp. pevnosti	Miera imperfekcie α	φ	Súčiniteľ vzperu χ
y-y	11,585	24,243	0,016	b	0,34	0,4688	1,000
z-z	-	-	-	-	-	-	-

Vpýv vzperu sa neprejaví.

Posúdenie odolnosti prierezu výstuhy:

Dynamické účinky zohľadníme bezpečne dynamickým súčiniteľom pre lokálne účinky:

$$L_{\phi} = 23,17 \text{ m} \Rightarrow \phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\phi}} - 0,2} + 0,73 = 1,20 \quad \left[\begin{array}{l} > 1,15 \\ < 2,00 \end{array} \right] \quad \phi_{3,loc} = 1,20$$

Odolnosť prierezu z hľadiska normálových napätí:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,y} \cdot f_{yd}} \leq 1,0 \quad f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

Posúdenie v mieste max M_y :

Rozhodujúce vnútorné sily z modelu: $M_{y,Ed} = 3585,77 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = 763,62 \text{ kN}$

Vnútorné sily prenasobené lokál. dyn. súčiniteľom: $M_{y,Ed} = 3672,16 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = 795,62 \text{ kN}$

Posúdenie v horných a dolných vláknach prierezu:

$$\eta_{lh} = \frac{795,6}{52,380 \cdot 355,0} - \frac{3672,2}{30,816 \cdot 355,0} = 0,04 - 0,34 = -0,29 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$$\eta_{ld} = \frac{795,6}{52,380 \cdot 355,0} + \frac{3672,2}{15,803 \cdot 355,0} = 0,04 + 0,65 = 0,70 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

Posúdenie v mieste min N :

Rozhodujúce vnútorné sily z modelu: $M_{y,Ed} = 3575,3 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = -785,9 \text{ kN}$

Vnútorné sily prenasobené lokál. dyn. súčiniteľom: $M_{y,Ed} = 3661,4 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = -818,8 \text{ kN}$

Posúdenie v horných a dolných vláknach prierezu:

$$\eta_{lh} = \frac{-818,8}{52,380 \cdot 355,0} - \frac{3661,4}{30,816 \cdot 355,0} = -0,04 - 0,33 = -0,38 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$$\eta_{ld} = \frac{-818,8}{52,380 \cdot 355,0} + \frac{3661,4}{15,803 \cdot 355,0} = -0,04 + 0,65 = 0,61 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

Šmyková odolnosť:

Maximálna šmyková sila v rámci celej dĺžky priečnika pod vaňou:

$$V_{z,Ed} = 1099,2 \text{ kNm} \quad (\text{z modelu s glob. dynamickým súčiniteľom})$$

$$V_{z,Ed} = 1125,7 \text{ kNm} \quad (\text{s lokálnym dynamickým súčiniteľom})$$

$$\text{Šmyková plocha: } A_v = \eta \cdot b_w \cdot t_w = 1,2 \cdot 1170 \cdot 14 = 19656 \text{ mm}^2$$

$$f_{ywd} = \frac{f_{yw}}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

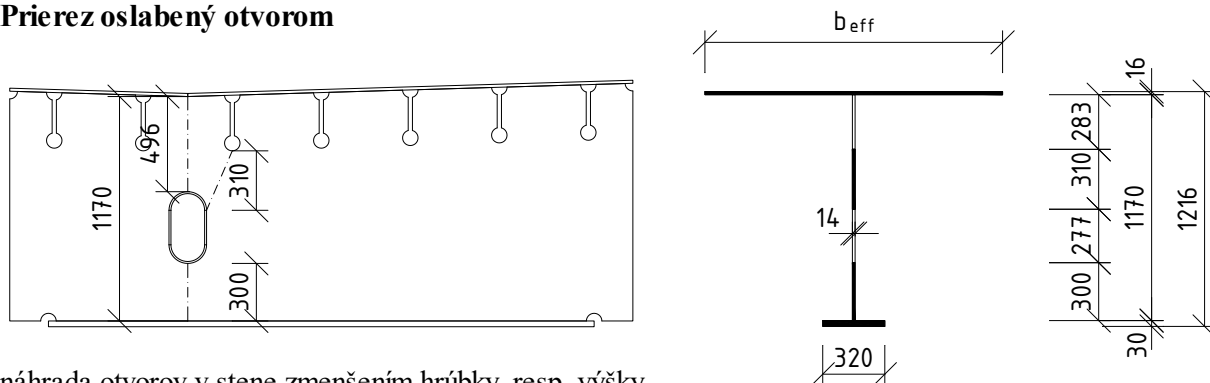
$$\eta_3 = \frac{V_{z,Ed}}{f_{ywd} / \sqrt{3} \cdot A_v} = \frac{1125,7}{355,00 / \sqrt{3} \cdot 19,656} = 0,28$$

$$\eta_3 = 0,28 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$$< 0,5 \Rightarrow \text{Vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať všade!}$$

4.6.2 Vnútrotná priečna výstuha - oslabená

Prierez oslabený otvorom



náhrada otvorov v stene zmenšením hrúbky, resp. výšky

$$t_{w,red} = 7,3 \text{ mm} \quad b_{w,red} = 610 \text{ mm} \quad \text{a s hrúbkou horného plechu} \quad t_{pos} = 12 \text{ mm}$$

$$A_{red} = 44,540E+03 \text{ mm}^2 \quad (\text{napätia}) \quad I_{y,red} = 11,952E+09 \text{ mm}^4 \quad (\text{pre napätia})$$

$$z_1 = -489,4 \text{ mm}$$

$$z_2 = 722,6 \text{ mm}$$

Materiálové parametre:

	Oceľ	t [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}
Plech mostovky	S355	16	355	510	1,00	1,10	1,25
Stena	S355	14	355	510			
Pásnica	S355	30	355	510			

Prierezové charakteristiky účinného prierezu s vplyvom ochabnutia šmykom

Účinná šírka plechu s vplyvom ochabnutia šmykom

Overenie v:	L [mm]	L_e [mm]	b_0 [mm]	t [mm]	α_0	κ	β	β^κ	$b_{sl,eff}$ [mm]
MS únosnosti	11585	9847	1100	12	1,0	0,112	0,926	0,991	2181,2
MS použ. a únavy	11585	9847	1100	12	1,0	0,112	0,926	-	2037,3

Prierezové charakteristiky

Overenie v:	A_{eff} [mm ²]	z_1 [mm]	z_2 [mm]	$I_{eff,y}$ [mm ⁴]	$W_{eff,y,1}$ [mm ³]	$W_{eff,y,2}$ [mm ³]
MS únosnosti	44314,39	-404,8	807,3	1,19E+10	2,94E+07	1,48E+07
MS použ. a únavy	42587,59	-420,9	791,1	1,16E+10	2,76E+07	1,47E+07

Posúdenie odolnosti prierezu výstuhy:

Dynamické účinky zohľadníme bezpečne dynamickým súčiniteľom pre lokálne účinky:

$$L_\phi = 23,17 \text{ m} \Rightarrow \phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi - 0,2}} + 0,73 = 1,20 \quad \begin{matrix} > 1,15 \\ < 2,00 \end{matrix} \quad \phi_{3,loc} = 1,20$$

Odolnosť prierezu z hľadiska normálových napätí:

$$\eta_l = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,y} \cdot f_{yd}} \leq 1,0 \quad f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

Rozhodujúce vnútorné sily v miestach otvorov pre odvodňovače:

Rozhodujúce vnútorné sily z modelu: $M_{y,Ed} = 3110,47 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = 764,81 \text{ kN}$

Vnútorné sily prenasobené lokál. dyn. súčiniteľom: $M_{y,Ed} = 3240,81 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = 796,86 \text{ kN}$

Posúdenie v horných a dolných vláknach prierezu:

$$\eta_{lh} = \frac{796,9}{44,540 \cdot 355,0} - \frac{3240,8}{29,440 \cdot 355,0} = 0,05 - 0,31 = -0,26 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$$\eta_{ld} = \frac{796,9}{44,540 \cdot 355,0} + \frac{3240,8}{14,761 \cdot 355,0} = 0,05 + 0,62 = 0,67 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

Šmyková odolnosť v mieste otvoru:

Maximálna šmyková sila v mieste odvodňovacích otvorov:

$V_{z,Ed} = 545,8 \text{ kNm}$ (z modelu s glob. dynamickým súčiniteľom)

$V_{z,Ed} = 568,6 \text{ kNm}$ (s lokálnym dynamickým súčiniteľom)

Šmyková plocha: $A_v = \eta \cdot b_w \cdot t_{w,red} = 1,0 \cdot 1170 \cdot 7,3 = 8540 \text{ mm}^2$

$$f_{ywd} = \frac{f_{yw}}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

$$\eta_3 = \frac{V_{z,Ed}}{f_{ywd} / \sqrt{3} \cdot A_v} = \frac{568,6}{355,00 / \sqrt{3} \cdot 8,540} = 0,32$$

$$\eta_3 = 0,32 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$< 0,5 \Rightarrow$ Vplyv šmyku na ohybovú odolnosť je aj tu možno zanedbať!

Rovinná napätosť v stene nad spodnou pásnicou

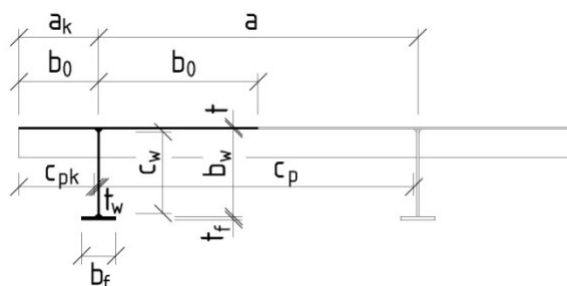
$$\eta_{ld} = \frac{796,9}{44,540 \cdot 355,0} + \frac{3240,8 \cdot 0,777}{11,916 \cdot 355,0} = 0,05 + 0,60 = 0,65$$

$$\eta_3 = 0,32$$

$$\eta_{ld}^2 + 3 \cdot \eta_3^2 = 0,42 + 3 \cdot 0,11 = 0,73 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

4.6.3 Krajná priečna výstuha - pod vaňou

Prierezové charakteristiky



t = 16 mm	h = 1226 mm	A = 59,580E+03 mm ²	(skutočná)
t = 12 mm	h = 1222 mm	A = 52,780E+03 mm ²	(posudok)
a = 2200 mm	a _k = 600 mm	I _y = 16,594E+09 mm ⁴	
b _w = 1170 mm	c _p = 2166 mm		
t _w = 14 mm	c _{pk} = 583,1 mm	a _w = 7 mm	
b _f = 400 mm	c _w = 1150 mm	z ₁ = -492,7 mm	z _{pl,1} = -201,0 mm
t _f = 40 mm	c _f = 183,1 mm	z ₂ = 733,3 mm	z _{pl,2} = 1025,0 mm

Materiálové parametre:

	Oceľ	t [mm]	f _y [MPa]	f _u [MPa]	γ _{M0}	γ _{M1}	γ _{M2}
Plech mostovky	S355	16	355	510	1,00	1,10	1,25
Stena	S355	14	355	510			
Pásnica	S355	40	355	510			

Zatriedenie prierezu

Plech medzi výstuhami: (zatriedime ako obojstranne pozdĺžne podopretú tlačенú stenu ekvivalentnej hrúbky t_e , ktorú získame "rozmažaním" tuhosti pozdĺžnych výstuh v priečnom smere)

$$t_e = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot I_{y,T}}{b_{sl}}} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 85,993 \cdot 10^6}{460}} = 130,9 \text{ mm}$$

$$I_{y,T} = 85,993E+06 \text{ mm}^2$$

$$b_{sl} = 460 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_m = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

$$\beta_p = c_p/t_p = 2166 / 130,9 = 16,5 \quad \left\{ \begin{array}{l} < 33 \cdot \varepsilon_m = 33 \cdot 0,81 = 26,8 \\ < 38 \cdot \varepsilon_m = 38 \cdot 0,81 = 30,9 \\ < 42 \cdot \varepsilon_m = 42 \cdot 0,81 = 34,2 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{tr. 1}$$

Prečnievajúci plech:

$$\beta_p = c_{pk}/t_p = 583,1 / 130,9 = 4,5 \quad \left\{ \begin{array}{l} < 9 \cdot \varepsilon_m = 9 \cdot 0,81 = 7,3 \\ < 10 \cdot \varepsilon_m = 10 \cdot 0,81 = 8,1 \\ < 14 \cdot \varepsilon_m = 14 \cdot 0,81 = 11,4 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{tr. 1}$$

Pásnica výstuhy:

$$\varepsilon_m = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/355} = 0,81$$

$$\beta_f = c_f/t_f = 183,1 / 40 = 4,6 \quad \left\{ \begin{array}{l} < 9 \cdot \varepsilon_m = 9 \cdot 0,81 = 7,3 \\ < 10 \cdot \varepsilon_m = 10 \cdot 0,81 = 8,1 \\ < 14 \cdot \varepsilon_m = 14 \cdot 0,81 = 11,4 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{tr. 1}$$

Stena: (v plastickom štádiu zatriedime na tlak, v pružnom štádiu na ohyb(+tlak))

$$\varepsilon_m = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81 \quad \psi = \frac{z_2 - t_f - a_w \cdot \sqrt{2}}{z_1 + t + a_w \cdot \sqrt{2}} = \frac{683,4}{-466,8} = -1,46$$

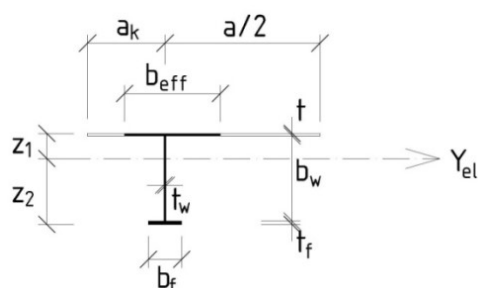
$$\beta_w = \frac{b_w}{t_w} = \frac{1170}{14} = 83,57 \quad \left\{ \begin{array}{l} > 33 \cdot \varepsilon_m = 33 \cdot 0,81 = 26,8 \\ > 38 \cdot \varepsilon_m = 38 \cdot 0,81 = 30,9 \\ < 62 \cdot \varepsilon_m \cdot (1 - \psi) \sqrt{-\psi} = 157,6 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{tr. 3}$$

Prierezové charakteristiky účinného prierezu s vplyvom ochabnutia šmykom**Účinná šírka plechu s vplyvom ochabnutia šmykom**

Overenie v:	L [mm]	L _e [mm]	b ₀ [mm]	t [mm]	α ₀	κ	β	β ^κ	b _{sl,eff} [mm]
MS únosnosti	11585	9847	600	12	1,0	0,061	0,977	0,999	1689,7
			1100			0,112	0,926	0,991	
MS použ. a únavy	11585	9847	600	12	1,0	0,061	0,977	-	1604,7
			1100			0,112	0,926	-	

Prierezové charakteristiky

Overenie v:	A _{eff} [mm ²]	z ₁ [mm]	z ₂ [mm]	I _{eff,y} [mm ⁴]	W _{eff,y,1} [mm ³]	W _{eff,y,2} [mm ³]
MS únosnosti	52656,90	-553,3	668,7	1,47E+10	2,66E+07	2,20E+07
MS použ. a únavy	51636,69	-564,1	657,9	1,44E+10	2,55E+07	2,19E+07



Posúdenie odolnosti prierezu výstuhy:

Dynamické účinky zohľadníme bezpečne dynamickým súčiniteľom pre lokálne účinky:

$$L_{\phi} = 3,6 \text{ m} \Rightarrow \phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\phi}} - 0,2} + 0,73 = 2,00 \quad \left[\begin{array}{l} > 1,15 \\ > 2,00 \end{array} \right] \quad \phi_{3,loc} = 2,00$$

Odolnosť prierezu z hľadiska normálových napätí:

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,y} \cdot f_{yd}} \leq 1,0 \quad f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

≅

Posúdenie v mieste max M_y :

Rozhodujúce vnútorné sily z modelu: $M_{y,Ed} = 3395,7 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = -2447,6 \text{ kN}$

Vnútorné sily prenasobené lokál. dyn. súčiniteľom: $M_{y,Ed} = 5905,5 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = -5629,4 \text{ kN}$

Posúdenie v horných a dolných vláknach prierezu:

$$\eta_{lh} = \frac{-5629,4}{52,780 \cdot 355,0} \mp \frac{5905,5}{26,586 \cdot 355,0} = -0,30 - 0,63 = -0,93 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$$\eta_{ld} = \frac{-5629,4}{52,780 \cdot 355,0} \pm \frac{5905,5}{21,995 \cdot 355,0} = -0,30 + 0,76 = 0,46 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

Posúdenie v mieste min N :

Rozhodujúce vnútorné sily z modelu: $M_{y,Ed} = 1863,7 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = -3150,5 \text{ kN}$

Vnútorné sily prenasobené lokál. dyn. súčiniteľom: $M_{y,Ed} = 3241,2 \text{ kNm}$ $N_{Ed} = -7246,2 \text{ kN}$

Posúdenie v horných a dolných vláknach prierezu:

$$\eta_{lh} = \frac{-7246,2}{52,780 \cdot 355,0} \mp \frac{3241,2}{26,586 \cdot 355,0} = -0,39 - 0,34 = -0,73 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$$\eta_{ld} = \frac{-7246,2}{52,780 \cdot 355,0} \pm \frac{3241,2}{21,995 \cdot 355,0} = -0,39 + 0,42 = 0,03 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

Šmyková odolnosť:

Maximálna šmyková sila: $V_{z,Ed} = 1064,7 \text{ kNm}$ (z modelu s dynamickým súčiniteľom 1,15)

$V_{z,Ed} = 1851,7 \text{ kNm}$ (s lokálnym dynamickým súčiniteľom)

Šmyková plocha: $A_v = \eta \cdot b_w \cdot t_w = 1,2 \cdot 1170 \cdot 14 = 19656 \text{ mm}^2$

$$f_{ywd} = \frac{f_{yw}}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

$$\eta_3 = \frac{V_{z,Ed}}{f_{ywd} / \sqrt{3} \cdot A_v} = \frac{1851,7}{355,00 / \sqrt{3} \cdot 19,656} = 0,46$$

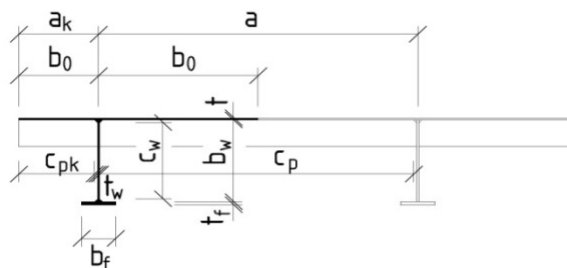
$\eta_3 = 0,46 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$

$< 0,5 \Rightarrow \text{Vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať všade!}$

4.6.4 Krajná priečna výstuha - kraj

Posudok počas nadvihnutia nosnej konštrukcie

Prierezové charakteristiky



$$t = 16 \text{ mm} \quad h = 2026 \text{ mm} \quad A = 87,580\text{E}+03 \text{ mm}^2 \quad (\text{skutočná})$$

$$t = 12 \text{ mm} \quad h = 2022 \text{ mm} \quad A = 84,460\text{E}+03 \text{ mm}^2 \quad (\text{posudok})$$

zoberieme bezpečne horný plech ako 15 hrúbok plechu (12 mm) na každú stranu od steny teda:

$$a = 360 \text{ mm} \quad a_k = 600 \text{ mm} \quad I_y = 47,427\text{E}+09 \text{ mm}^4$$

$$b_w = 1970 \text{ mm} \quad c_p = 301,72 \text{ mm} \quad W_{y,1} = 45,467\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

$$t_w = 30 \text{ mm} \quad a_w = 10 \text{ mm} \quad W_{y,2} = 48,252\text{E}+06 \text{ mm}^4$$

$$b_f = 400 \text{ mm} \quad z_1 = -1043,1 \text{ mm}$$

$$t_f = 40 \text{ mm} \quad z_2 = 982,9 \text{ mm}$$

Posúdenie odolnosti prierezu výstuhy:

Odolnosť prierezu z hľadiska normálových napätí:

$$\eta_{lh} = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,y,h} \cdot f_{yd}} \leq 1,0 \quad f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{355}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

$$\eta_{ld} = \frac{\sigma_{x,Ed}}{f_{yd}} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_{eff,y,d} \cdot f_{yd} \cdot \chi_{LT}} \leq 1,0 \quad \cong$$

Posúdenie v mieste max M_y :

Rozhodujúce vnútorné sily z modelu:

$$M_{y,Ed} = -2540,3 \text{ kNm} \quad N_{Ed} = -691,3 \text{ kN}$$

Posúdenie v horných a dolných vláknach prierezu:

$$\eta_{lh} = \frac{-691,3}{84,460 \cdot 355,0} - \frac{-2540,3}{45,467 \cdot 355,0} = -0,02 - -0,23 = 0,21 < 1,0 \Rightarrow$$

Vyhovuje!

$$\eta_{ld} = \frac{-691,3}{84,460 \cdot 355,0} + \frac{-2540,3}{48,252 \cdot 355,0 \cdot 0,680} = -0,02 + -0,22 = -0,24 < 1,0 \Rightarrow$$

Vyhovuje!

Šmyková odolnosť:

Maximálna šmyková sila: $V_{z,Ed} = 6304,5 \text{ kNm}$

$$\text{Šmyková plocha: } A_v = \eta \cdot b_w \cdot t_w = 1,2 \cdot 1970 \cdot 30 = 70920 \text{ mm}^2$$

$$f_{ywd} = \frac{f_{yw}}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1,0} = 355,0 \text{ MPa}$$

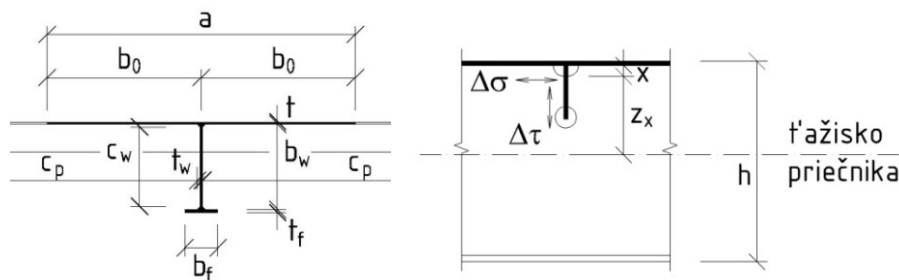
$$\eta_3 = \frac{V_{z,Ed}}{f_{ywd} / \sqrt{3} \cdot A_v} = \frac{6304,5}{355,00 / \sqrt{3} \cdot 70,920} = 0,43$$

$$\eta_3 = 0,43 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

$$< 0,5 \Rightarrow \text{Vplyv šmyku na ohybovú odolnosť možno zanedbať všade!}$$

4.6.5 Únavová odolnosť priečnej výstuhy

Posudzovaný konštrukčný detail: Prípoj pozdĺžnej výstuhy na stenu priečnej výstuhy



Veľkosť výrezu v stene priečnej výstuhy: $x = 40 \text{ mm}$

Prierezové charakteristiky priečnej výstuhy pre MS únavy:

t	t _f	b _w	t _w	z ₁	z ₂	I _{eff,y}	W _{eff,y,1}	W _{eff,y,2}
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ⁴]	[mm ³]	[mm ³]
12	30	1170	14	-420,92	791,08	1,16E+10	2,76E+07	1,47E+07

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

Referenčný rozkmit normálového napätia: $\Delta\sigma_p = 38,2 \text{ MPa}$

Dynamický súčiniteľ:

$$L_\phi = 23,17 \text{ m} \Rightarrow \phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,82 = 1,13 \left[\begin{array}{l} > 1,00 \\ < 1,67 \end{array} \right] \phi_2 = 1,13$$

Súčiniteľ ekvivalentného poškodenia: $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{\max} = 1,4$

$$\left. \begin{array}{l} \text{- dĺžka vplyvovej čiary:} \\ \text{typ dopravy:} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 4,4 \text{ m} \\ \text{EC mix} \end{array} \Rightarrow \lambda_1 = 1,03$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{- objem dopravy za rok:} \\ \text{- návrhová životnosť:} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 30 \cdot 10^6 \text{ t/koľaj} \\ 100 \text{ rokov} \end{array} \Rightarrow \lambda_2 = 1,04$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{- počet koľají na moste:} \\ \text{pomer rozkmitov } a = \Delta\sigma_1 / \Delta\sigma_{1+2} = \\ \text{podiel dopravy stretávajúcej sa na moste } n = 12 \% \end{array} \right\} \begin{array}{l} 2 \\ 0,6 \end{array} \Rightarrow \lambda_4 = 0,72$$

$$\lambda_3 = 1,00$$

$$\lambda = 0,77$$

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_p = 0,77 \cdot 1,13 \cdot 38,20 = 33,49 \text{ MPa}$$

Ekvivalentný rozkmit šmykového napätia:Referenčný rozkmit šmykového napätia: $\Delta\tau_p = 27,50 \text{ MPa}$ Dynamický súčiniteľ: $\phi_2 = 1,13$ Súčiniteľ ekvivalentného poškodenia: $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{\max} = 1,4$

- dĺžka vplyvovej čiary:	4,4 m	} $\Rightarrow \lambda_1 = 1,03$	} $\lambda = 0,86$
typ dopravy:	EC mix		
- objem dopravy za rok:	$30 \cdot 10^6 \text{ t/koľaj}$	$\Rightarrow \lambda_2 = 1,04$	
- návrhová životnosť:	100 rokov	$\Rightarrow \lambda_3 = 1,00$	
- počet koľají na moste:	2	} $\Rightarrow \lambda_4 = 0,80$	
pomer rozkmitov $a = \Delta\sigma_1/\Delta\sigma_{1+2} =$	0,75		
podiel dopravy stretávajúcej sa na moste $n = 12 \%$			

$$\Delta\tau_{E2} = \lambda \cdot \phi_2 \cdot \Delta\tau_p = 0,86 \cdot 1,13 \cdot 27,50 = 26,71 \text{ MPa}$$

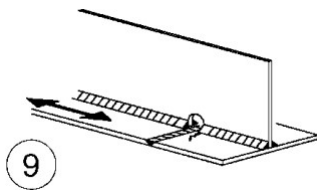
Ekvivalentný rozkmit zrovnávacieho napätia:

$$\Delta\sigma_{eq} = 1/2 \cdot \left(\Delta\sigma_{E2} + \sqrt{\Delta\sigma_{E2}^2 + 4 \cdot \Delta\tau_{E2}^2} \right) = 48,27 \text{ MPa}$$

Únavová odolnosť posudzovaného detailu:Kategória detailu: 56 $\Rightarrow \Delta\sigma_C = 56 \text{ MPa}$ Parciálny súčiniteľ únavovej pevnosti: $\gamma_{Mf} = 1,15$

Posúdenie: $\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{eq}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} = \frac{1,0 \cdot 48,27}{56 / 1,15} = 0,99 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$

Posudzovaný konštrukčný detail: Pozdĺžny kútový zvar pripájajúci stenu v mieste výrezu pre priečny tupý zvar dolnej pásnice.



Výrez v stene priečnej výstuhy nesmie byť vyšší ako 60 mm.

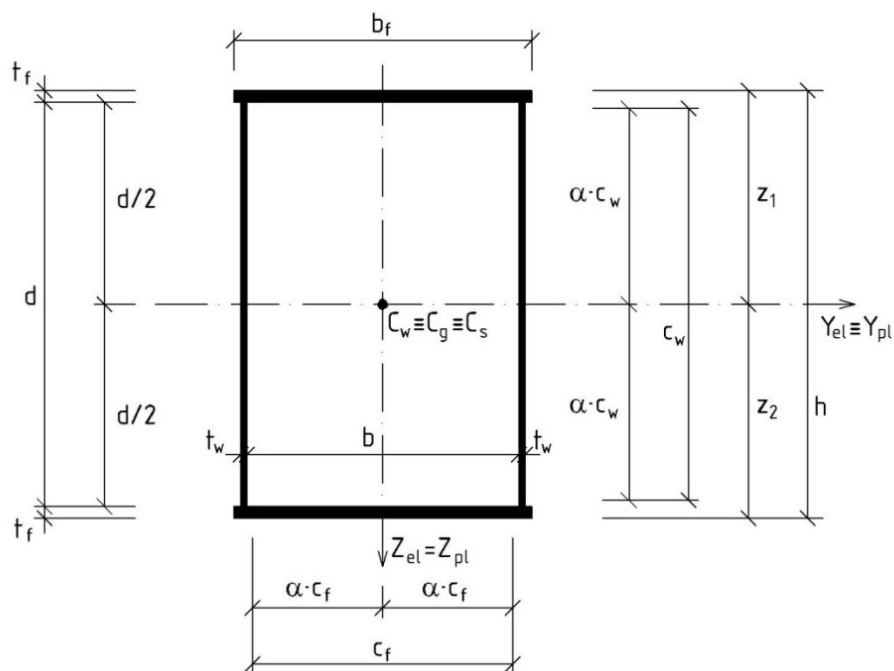
Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:Referenčný rozkmit normálového napätia: $\Delta\sigma_p = 62,30 \text{ MPa}$

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_p = 0,77 \cdot 1,13 \cdot 62,30 = 54,62 \text{ MPa}$$

Únavová odolnosť posudzovaného detailu:Kategória detailu: 71 $\Rightarrow \Delta\sigma_C = 71 \text{ MPa}$

Posúdenie: $\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} = \frac{1,0 \cdot 54,62}{71 / 1,15} = 0,885 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$

4.7 POSÚDENIE TRÁMU



4.7.1 Prierez v poli

$t_f =$	30 mm	$A_f =$	30000 mm ²	$z_h =$	-1015 mm
$b_f =$	1000 mm	$A_w =$	23640 mm ²	$z_d =$	1015 mm
$t_w =$	12 mm	$A =$	107280 mm ²	$y_l =$	-500 mm
$d =$	1970 mm	$I_y =$	7,53E+10 mm ⁴	$y_p =$	500 mm
$b =$	936 mm	$I_z =$	1,56E+10 mm ⁴	$W_{el,y} =$	7,42E+07 mm ³
$h =$	2030 mm			$W_{el,z} =$	3,12E+07 mm ³
$h' =$	2000 mm				

Materiálové parametre

	Oceľ	t [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}
Pásnice	S355	30	355	510	1,00	1,10	1,25
Steny	S355	12	355	510			

Zatriedenie prierezu

(predpokladaná účinná výška krčných kútových zvarov

$a =$ 6 mm)

Pásnice: (zatriedenie na tlak)

	$\varepsilon_m = \sqrt{235 / f_y} =$	0,814			
- zatriedenie na tlak					
$\beta_f = c_f / t_f =$	30,80	>	$33 \cdot \varepsilon_m =$	26,85	} → tr. 2
kde		<	$38 \cdot \varepsilon_m =$	30,92	
$c_f =$	924 mm	<	$42 \cdot \varepsilon_m =$	34,17	

Steny: (zatriedenie na tlak)

	$\varepsilon_m = \sqrt{235 / f_y} =$	0,814			
- zatriedenie na tlak					
$\beta_w = c_w / t_w =$	163,17	>	$72 \cdot \varepsilon_m =$	58,58	} → tr. 4
kde		>	$83 \cdot \varepsilon_m =$	67,53	
$c_w =$	1958 mm	>	$124 \cdot \varepsilon_m =$	100,89	

Prierezové charakteristiky účinného prierezu: (podľa STN EN 1993-1-5)

Vplyv ochabnutia normálových napätí vplyvom šmyku:

Overíme len ochabnutie šmykom v pásniciach od účinkov zvislého ohybu. Ochabnutie šmykom v stenách neuvažujeme pretože momenty M_z sú zanedbateľné.

$$\begin{aligned}
 L_e &= 33000 \text{ mm} \\
 b_0 &= 474 \text{ mm} \\
 t &= 30 \text{ mm} \\
 A_{sl} &= 0 \text{ mm}^2 \quad (\text{plocha pozdĺžnych výstuh}) \\
 \alpha_0 &= \sqrt{1 + \frac{A_{sl}}{b_0 \cdot t}} = 1 \\
 \kappa &= \alpha_0 \cdot b_0 / L_e = 0,0144 < \begin{matrix} 0,02 \\ 0,70 \end{matrix} \quad \left. \begin{matrix} \beta = 1,000 \\ \beta^k = 1,000 \end{matrix} \right\}
 \end{aligned}$$

Miesto overenia: kladné ohybové momenty

Prierezové charakteristiky účinného prierezu so zohľadnením ochabnutia šmykom v pásniciach

$$\begin{aligned}
 b_{eff} &= \max(\beta; \beta^k) \cdot b_0 = 474 \text{ mm} \\
 I_{y,eff} &= I_y - 1/12 \cdot 2 \cdot (b_0 - b_{eff}) \cdot (h^3 - d^3) = 7,53E+10 \text{ mm}^4 \\
 W_{y,eff} &= I_{y,eff} / z_h = 7,42E+07 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Posúdenie odolnosti prierezu v mieste maximálneho napätia v dolných vláknoch

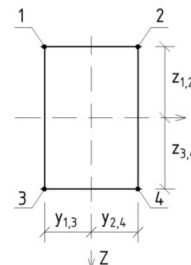
Rozduduje prierez v 1/4 rozpätia mosta

Návrhové hodnoty vnútorných síl v posudzovanom priereze od rozhodujúcej kombinácie:

Kombinácia pre	N_{Ed} [kN]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{x,Ed}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
maxM	8186,0	90,0	-819,3	215,4	13032,4	-83,1

Napätia v rohových bodoch strednice prierezu (s vplyvom ochabnutia šmykom)

	y_i [mm]	z_i [mm]	σ_i [MPa]
1	-474	-1000	-94,26
2	474	-1000	-99,30
3	-474	1000	251,91
4	474	1000	246,87



Vplyv vydúvania štíhlych tlačných pásnic a stien

Pozn.1: Pre účely zohľadnenia účinkov vydúvania sa tlakové napätia označujú ako kladné, ťahové ako záporné

Pozn.2: Maximálne napätie z oboch okrajových napätí je označené ako σ_1 .

Stena	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]	$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	k_σ	λ_p	$\lambda_{p,red}$	ρ	Poznámka
1-2	99,30	94,26	0,95	4,10	0,657	0,347	1	nevydúva
3-4	-246,87	-251,91	-	-	-	-	-	ťahaná
1-3	94,26	-251,91	-2,67	80,66	0,785	0,405	1	nevydúva
2-4	99,30	-246,87	-2,49	72,67	0,827	0,438	1	nevydúva

Vydúvanie stien pre namáhanie šmykom (podľa STN EN 1993-1-5)

Súčiniteľ vydúvania šmykom:

$$\begin{aligned}
 \text{vzdialenosť priečných výstuh:} \quad a &= 2200 \text{ mm} \\
 \text{ocel} \quad S355 \quad \rightarrow \quad \eta &= 1,2 \\
 a/h_w &= 1,117 > 1,0 \quad k_\tau = 8,547 \rightarrow \lambda_w' = 1,845 \\
 & & & & & \chi_w = 0,538
 \end{aligned}$$

Vplyv klopenia

$$\text{Ide o uzavretý prierez} \rightarrow \text{s klopením trámu neuvažujeme} \rightarrow \chi_{LT} = 1,0$$

Overenie napätí v horných vláknach:

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

$$\eta_1 = 0,29 < 1,00 \quad \text{vyhovuje}$$

Overenie napätí v dolných vláknach:

$$\eta_2 = 0,72 < 1,00 \quad \text{vyhovuje}$$

Vplyv šmyku na odolnosť pri ohybe a osovej sile:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot 2 \cdot A_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 4741,615 \text{ kN}$$

$$\eta_3 = \frac{V_{z,Ed}}{V_{bw,Rd}} = 0,17 < 0,50 \quad \text{vplyv šmyku možno zanedbať}$$

Vplyv ochabnutia normálových napätí vplyvom šmyku:

Overíme len ochabnutie šmykom v pásniciach od účinkov zvislého ohybu. Ochabnutie šmykom v stenách neuvažujeme pretože momenty M_z sú zanedbateľné.

$$L_e = 33000 \text{ mm}$$

$$b_0 = 474 \text{ mm}$$

$$t = 30 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 0 \text{ mm}^2 \quad (\text{plocha pozdĺžnych výstuh})$$

$$\alpha_0 = \sqrt{1 + \frac{A_{sl}}{b_0 \cdot t}} = 1$$

$$\kappa = \alpha_0 \cdot b_0 / L_e = 0,0144 < \begin{matrix} 0,02 \\ 0,70 \end{matrix} \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} 0,02 \\ 0,70 \end{matrix}} \right\} \begin{matrix} \beta = 1,000 \\ \beta^\kappa = 1,000 \end{matrix}$$

Miesto overenia: kladné ohybové momenty

Prierezové charakteristiky účinného prierezu so zohľadnením ochabnutia šmykom v pásniciach

$$b_{eff} = \max(\beta; \beta^\kappa) \cdot b_0 = 474 \text{ mm}$$

$$I_{y,eff} = I_y - 1/12 \cdot 2 \cdot (b_0 - b_{eff}) \cdot (h^3 - d^3) = 7,53E+10 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,eff} = I_{y,eff} / z_h = 7,42E+07 \text{ mm}^3$$

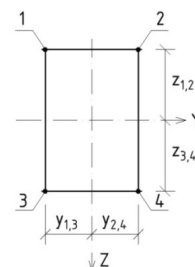
Posúdenie odolnosti prierezu v mieste maximálneho napätia v dolných vláknach**Rozduduje prierez v 1/4 rozpätia mosta**

Návrhové hodnoty vnútorných síl v posudzovanom priereze od rozhodujúcej kombinácie:

Kombinácia pre	N_{Ed} [kN]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{x,Ed}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
maxM	8186,0	90,0	-819,3	215,4	13032,4	-83,1

Napätia v rohových bodoch strednice prierezu (s vplyvom ochabnutia šmykom)

	y_i [mm]	z_i [mm]	σ_1 [MPa]
1	-474	-1000	-94,26
2	474	-1000	-99,30
3	-474	1000	251,91
4	474	1000	246,87

**Vplyv vydúvania štíhlych tlačných pásnic a stien**

Pozn.1: Pre účely zohľadnenia účinkov vydúvania sa tlakové napätia označujú ako kladné, ťahové ako záporné

Pozn.2: Maximálne napätie z oboch okrajových napätí je označené ako σ_1 .

Stena	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]	$\psi=\sigma_2/\sigma_1$	k_σ	λ_p'	$\lambda_{p',red}$	ρ	Poznámka
1-2	99,30	94,26	0,95	4,10	0,658	0,348	1	nevydúva
3-4	-246,87	-251,91	-	-	-	-	-	ťahaná
1-3	94,26	-251,91	-2,67	80,66	0,786	0,405	1	nevydúva
2-4	99,30	-246,87	-2,49	72,67	0,828	0,438	1	nevydúva

Vydúvanie stien pre namáhaní šmykom (podľa STN EN 1993-1-5)

Súčiniteľ vydúvania šmykom:

vzdialenosť priečných výstuh:

$a = 2200$ mm

ocel S355 →

$\eta = 1,2$

$a/h_w = 1,117$

>

1,0

$k_\tau = 8,547$

→

$\lambda_w' =$

1,845

$\chi_w =$

0,538

Vplyv klopenia

Ide o uzavretý priez

→

s klopením trámu neuvažujeme

→

$\chi_{LT} =$

1,0

Overenie napätí v horných vláknach:

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

$\eta_1 = 0,29$

<

1,00

vyhovuje

Overenie napätí v dolných vláknach:

$\eta_2 = 0,72$

<

1,00

vyhovuje

Vplyv šmyku na odolnosť pri ohybe a osovej sile:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot 2 \cdot A_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 4741,615 \text{ kN}$$

$$\eta_3 = \frac{V_{z,Ed}}{V_{bw,Rd}} =$$

0,17

<

0,50

vplyv šmyku možno zanedbať

Posúdenie šmykovej odolnosti stien

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} = V_{bw,Rd} + 0 = V_{bw,Rd}$$

(príspevok pásnic $V_{bf,Rd}$ neuvažujeme)

$$\eta_3 = \frac{V_{z,Ed,max}}{V_{b,Rd}} =$$

0,34

<

1,00

vyhovuje

$$V_{z,Ed,max} =$$

1615,5 kN

4.7.2 Prie rez nad podperou

$t_f = 30$ mm

$A_f = 30000$ mm²

$z_h = -1015$ mm

$b_f = 1000$ mm

$A_w = 47280$ mm²

$z_d = 1015$ mm

$t_w = 24$ mm

$A = 154560$ mm²

$y_l = -500$ mm

$d = 1970$ mm

$I_y = 9,06E+10$ mm⁴

$y_p = 500$ mm

$b = 912$ mm

$I_z = 2,57E+10$ mm⁴

$W_{el,y} = 8,92E+07$ mm³

$h = 2030$ mm

$W_{el,z} = 5,14E+07$ mm³

$h' = 2000$ mm

Materiálové parametre

	Ocel	t [mm]	f_y [MPa]	f_u [MPa]	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}
Pásnice	S355	30	355	510	1,00	1,10	1,25
Steny	S355	24	355	510			

Zatriedenie prierezu

(predpokladaná účinná výška krčných kútových zvarov

a= 10 mm)

Pásnice: (zatriedenie na tlak)

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

- zatriedenie na tlak

$$\beta_f = c_f / t_f = 29,73 > 33 \cdot \varepsilon_m = 26,85$$

$$\text{kde} \quad < 38 \cdot \varepsilon_m = 30,92$$

$$c_f = 892 \text{ mm} < 42 \cdot \varepsilon_m = 34,17 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} \beta_f = c_f / t_f = 29,73 \\ < 38 \cdot \varepsilon_m = 30,92 \\ c_f = 892 \text{ mm} < 42 \cdot \varepsilon_m = 34,17 \end{matrix}} \right\} \rightarrow \text{tr. 2}$$

Steny: (zatriedenie na tlak)

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

- zatriedenie na tlak

$$\beta_w = c_w / t_w = 81,25 > 72 \cdot \varepsilon_m = 58,58$$

$$\text{kde} \quad > 83 \cdot \varepsilon_m = 67,53$$

$$c_w = 1950 \text{ mm} < 124 \cdot \varepsilon_m = 100,89 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} \beta_w = c_w / t_w = 81,25 \\ > 83 \cdot \varepsilon_m = 67,53 \\ c_w = 1950 \text{ mm} < 124 \cdot \varepsilon_m = 100,89 \end{matrix}} \right\} \rightarrow \text{tr. 3}$$

Prierezové charakteristiky účinného prierezu: (podľa STN EN 1993-1-5)**Vplyv ochabnutia normálových napätí vplyvom šmyku:**

Overíme len ochabnutie šmykom v pásniciach od účinkov zvislého ohybu. Ochabnutie šmykom v stenách neuvažujeme pretože momenty M_z sú zanedbateľné.

$$L_e = 33000 \text{ mm}$$

$$b_0 = 468 \text{ mm}$$

$$t = 30 \text{ mm}$$

$$A_{sl} = 0 \text{ mm}^2 \quad (\text{plocha pozdĺžnych výstuh})$$

$$\alpha_0 = \sqrt{1 + \frac{A_{sl}}{b_0 \cdot t}} = 1$$

$$\kappa = \alpha_0 \cdot b_0 / L_e = 0,0142 < 0,02 \quad \left. \vphantom{\kappa = \alpha_0 \cdot b_0 / L_e = 0,0142} \right\} \beta = 1,000$$

$$< 0,70 \quad \left. \vphantom{\kappa = \alpha_0 \cdot b_0 / L_e = 0,0142} \right\} \beta^k = 1,000$$

Miesto overenia: koncová podpera

Prierezové charakteristiky účinného prierezu so zohľadnením ochabnutia šmykom v pásniciach

$$b_{eff} = \max(\beta; \beta^k) \cdot b_0 = 468 \text{ mm}$$

$$I_{y,eff} = I_y - 1/12 \cdot (b_0 - b_{eff}) \cdot (h^3 - d^3) = 9,06E+10 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,eff} = I_{y,eff} / z_h = 8,92E+07 \text{ mm}^3$$

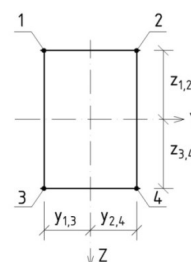
Posúdenie odolnosti prierezu v mieste maximálneho napätia v dolných vláknach**Rozduduje prierez v mieste prípoja oblúka**

Návrhové hodnoty vnútorných síl v posudzovanom priereze od rozhodujúcej kombinácie:

Kombinácia pre	N_{Ed} [kN]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{x,Ed}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
max M	12183,92	882,00	1065,25	-205,51	-7308,79	-2753,30

Napätia v rohových bodoch strednice prierezu (s vplyvom ochabnutia šmykom)

	y_i [mm]	z_i [mm]	σ_i [MPa]
1	-468	-1000	209,62
2	468	-1000	109,41
3	-468	1000	48,25
4	468	1000	-51,96



Vplyv vydúvania štíhlych tlačných pásnic a stien

Pozn.1: Pre účely zohľadnenia účinkov vydúvania sa tlakové napätia označujú ako kladné, ťahové ako záporné

Pozn.2: Maximálne napätie z oboch okrajových napätí je označené ako σ_1 .

Stena	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]	$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	k_σ	λ_p'	$\lambda_{p',red}$	ρ	Poznámka
1-2	-109,41	-209,62	-	-	-	-	-	ťahaná
3-4	51,96	-48,25	-0,93	22,09	0,274	0,105	1	nevydúva
1-3	-48,25	-209,62	-	-	-	-	-	ťahaná
2-4	51,96	-109,41	-2,11	57,67	0,463	0,177	1	nevydúva

Vydúvanie stien pre namáhaní šmykom (podľa STN EN 1993-1-5)

Súčiniteľ vydúvania šmykom:

vzdialenosť priečných výstuh:

$a = 2200$ mm

ocel S355

→

$\eta = 1,2$

$a/h_w = 1,117$

>

1,0

$k_\tau =$

8,547

→

$\lambda_w' =$

0,923

$\chi_w =$

0,900

Vplyv klopenia

Ide o uzavretý prierez

→

s klopením trámu neuvažujeme

→

$\chi_{LT} =$

1,0

Overenie napätí v horných vláknach:

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

$\eta_1 = 0,60$

<

1,00

vyhovuje

Overenie napätí v dolných vláknach:

$\eta_2 = 0,16$

<

1,00

vyhovuje

Vplyv šmyku na odolnosť pri ohybe a osovej sile:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot 2 \cdot A_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 15849,4 \text{ kN}$$

$$\eta_3 = \frac{V_{z,Ed}}{V_{bw,Rd}} =$$

0,07

<

0,50

vplyv šmyku možno zanedbať

Posúdenie odolnosti prierezu v mieste maximálneho napätia v dolných vláknach

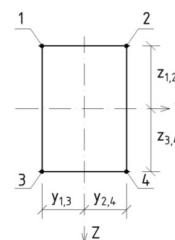
Rozduduje prierez v mieste prípoja oblúka

Návrhové hodnoty vnútorných síl v posudzovanom priereze od rozhodujúcej kombinácie:

Kombinácia pre	N_{Ed} [kN]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$M_{x,Ed}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]
max N	14299,13	-564,90	1792,59	-715,01	-5770,64	-2915,23

Napätia v rohových bodoch strednice prierezu (s vplyvom ochabnutia šmykom)

	y_i [mm]	z_i [mm]	σ_1 [MPa]
1	-468	-1000	209,27
2	468	-1000	103,16
3	-468	1000	81,87
4	468	1000	-24,24



Vplyv vydúvania štíhlych tlačných pásnic a stien

Pozn.1: Pre účely zohľadnenia účinkov vydúvania sa tlakové napätia označujú ako kladné, ťahové ako záporné

Pozn.2: Maximálne napätie z oboch okrajových napätí je označené ako σ_1 .

Stena	σ_1 [MPa]	σ_2 [MPa]	$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	k_σ	λ_p	$\lambda_{p,red}$	ρ	Poznámka
1-2	-103,16	-209,27	-	-	-	-	-	ťahaná
3-4	24,24	-81,87	-3,38	-	-	-	-	nevydúva
1-3	-81,87	-209,27	-	-	-	-	-	ťahaná
2-4	24,24	-103,16	-4,26	-	-	-	-	nevydúva

Vydúvanie stien pre namáhaní šmykom (podľa STN EN 1993-1-5)

Súčiniteľ vydúvania šmykom:

vzdialenosť priečných výstuh:

oceľ

S355

→

$\eta =$

1,2

$a/h_w =$

1,117

>

1,0

$k_t =$

8,547

→

$\lambda_w =$

0,923

$\chi_w =$

0,900

Vplyv klopenia

Ide o uzavretý prierez

→

s klopením trámu neuvažujeme

→

$\chi_{LT} =$

1,0

Overenie napätí v horných vláknach:

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

$\eta_1 =$

0,60

<

1,00

vyhovuje

Overenie napätí v dolných vláknach:

$\eta_2 =$

0,24

<

1,00

vyhovuje

Vplyv šmyku na odolnosť pri ohybe a osovej sile:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot 2 \cdot A_w}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 15849,4 \text{ kN}$$

$$\eta_3 = \frac{V_{z,Ed}}{V_{bw,Rd}} =$$

0,11

<

0,50

vplyv šmyku možno zanedbať

Posúdenie šmykovej odolnosti stien

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} = V_{bw,Rd} + 0 = V_{bw,Rd}$$

(príspevok pásnic $V_{bf,Rd}$ neuvažujeme)

$$\eta_3 = \frac{V_{z,Ed,max}}{V_{b,Rd}} =$$

0,16

<

1,00

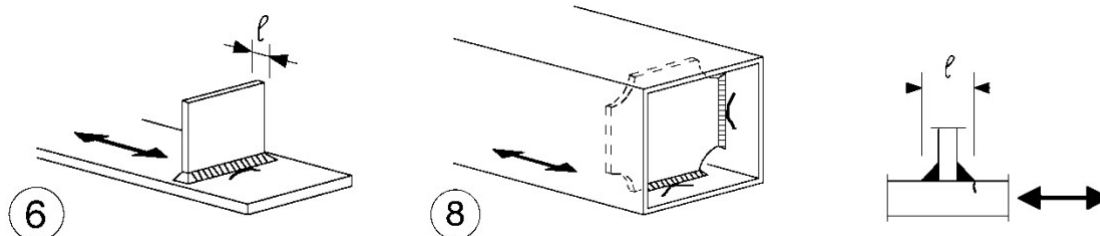
vyhovuje

$V_{z,Ed,max} =$

2484,43 kN

4.7.3 Únavová odolnosť trámu

Posudzovaný konštrukčný detail: Prípoj styčnickového plechu na hornú pásnicu
Prípoj priečnej diafragmy na pásnice



Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

Referenčný rozkmit normálového napätia: $\Delta\sigma_p = 90,8 \text{ MPa}$

Dynamický súčiniteľ:

$$L_\phi = 33,0 \text{ m} \Rightarrow \phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,82 = 1,08 \left\{ \begin{array}{l} > 1,00 \\ < 1,67 \end{array} \right\} \phi_2 = 1,08$$

Súčiniteľ ekvivalentného poškodenia: $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{\max} = 1,4$

- dĺžka vplyvovej čiary:	33,0 m	} $\Rightarrow \lambda_1 = 0,64$	} $\lambda = 0,54$
typ dopravy:	EC mix		
- objem dopravy za rok:	$30 \cdot 10^6 \text{ t/koľaj}$	$\Rightarrow \lambda_2 = 1,04$	
- návrhová životnosť:	100 rokov	$\Rightarrow \lambda_3 = 1,00$	
- počet koľají na moste:	2	} $\Rightarrow \lambda_4 = 0,80$	
pomer rozkmitov $a = \Delta\sigma_1 / \Delta\sigma_{1+2} =$	0,75		
podiel dopravy stretávajúcej sa na moste $n = 12 \%$			

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_p = 0,54 \cdot 1,08 \cdot 90,80 = 52,59 \text{ MPa}$$

Únavová odolnosť posudzovaného detailu:

Kategória detailu: **80** $\Rightarrow \Delta\sigma_C = 80 \text{ MPa}$

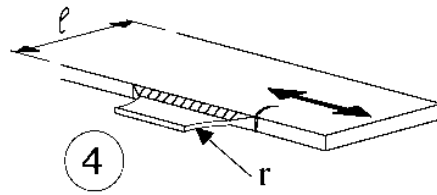
Prípoj styčnickového plechu na hornú pásnicu pre prípoj zvislíc je potrebné vyhotoviť tak, aby celková hrúbka styčnickového plechu vrátane zvarov nepresiahla **50 mm**.

Parciálny súčiniteľ únavovej pevnosti: $\gamma_{Mf} = 1,15$

Posúdenie:

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} = \frac{1,0 \cdot 52,59}{80 / 1,15} = 0,756 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

Posudzovaný konštrukčný detail: Prípoj dolnej pásnice priečnej výstuhy na dolnú pásnicu



Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

Referenčný rozkmit normálového napätia: $\Delta\sigma_p = 107,5 \text{ MPa}$

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_p = 0,54 \cdot 1,08 \cdot 107,52 = 62,28 \text{ MPa}$$

Únavová odolnosť posudzovaného detailu:

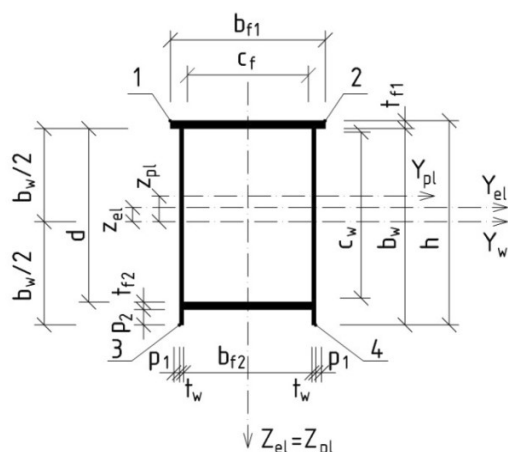
Kategória detailu: 90 $\Rightarrow \Delta\sigma_C = 90 \text{ MPa}$

Prípoj dolnej pásnice priečnej výstuhy na dolnú pásnicu trámu (šírky 1000 mm)
vyhotoviť so zaoblením s polomerom $r = \text{min.} 334 \text{ mm}$.

Posúdenie:

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} = \frac{1,0 \cdot 62,28}{90 / 1,15} = 0,796 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

4.8 POSÚDENIE OBLÚKA



4.8.1 Posúdenie prierezu oblúka

POSÚDENIE OBLÚKA

$t_{f1} =$	34 mm	$A_{f1} =$	34000 mm ²	$I_y =$	2,458E+10 mm ⁴
$b_{f1} =$	1000 mm	$A_{f2} =$	30600 mm ²	$I_z =$	1,9175E+10 mm ⁴
$t_{f2} =$	34 mm	$A_w =$	33000 mm ²	$W_{el,y,12} =$	44718826 mm ³
$b_{f2} =$	900 mm	$A =$	130600 mm ²	$W_{el,y,34} =$	42049577 mm ³
$b =$	900 mm	$i_y =$	433,79 mm	$W_{el,z,12} =$	38349266,7 mm ³
$t_w =$	30 mm	$i_z =$	383,17 mm	$W_{el,z,34} =$	39947152,8 mm ³
$b_w =$	1100 mm	$Z_{el} =$	-34,44 mm		
$h =$	1134 mm	$Z_{12} =$	-549,56 mm		
$p_1 =$	20 mm	$Z_{34} =$	584,44 mm		
$p_2 =$	50 mm	$Z_{pl} =$	-28,33 mm		
$d =$	1016 mm				

Materiálové parametre

	Oceľ	t [mm]	f_y [MPa]	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}
Horná pásnica	S355	34	355	1,00	1,10	1,25
Dolná pásnica	S355	34	355			
Steny	S355	30	355			

Pre výpočet $M_{pl,Rd}$ sa použije pevnosť materiálu hornej pásnice.

Zatriedenie prierezu

(predpokladaná účinná výška krčných kútových zvarov

$a = 7,00$ mm)

Horná pásnica

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

- zatriedenie na tlak

$\beta_{f1} = c_{f1} / t_{f1} =$	26,06	<	$33 \cdot \varepsilon_m =$	26,85	} → tr. 1
		<	$38 \cdot \varepsilon_m =$	30,92	
		<	$42 \cdot \varepsilon_m =$	34,17	

Dolná pásnica

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

- zatriedenie na tlak

$\beta_{f2} = c_{f2} / t_{f2} =$	26,26	<	$33 \cdot \varepsilon_m =$	26,85	} tr. 1
		<	$38 \cdot \varepsilon_m =$	30,92	
		<	$42 \cdot \varepsilon_m =$	34,17	

Steny

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

- zatriedenie na tlak

$$\beta_{f2} = c_w / t_w = 33,40 > 33 \cdot \varepsilon_m = 26,85$$

$$> 38 \cdot \varepsilon_m = 30,92$$

$$< 42 \cdot \varepsilon_m = 34,17 \quad \left. \vphantom{\beta_{f2}} \right\} \text{tr. 3}$$

- zatriedenie na kladný zvislý moment :

$$\alpha = c_{wc,pl} / c_{w,pl} = 0,514 > 0,5$$

$$\psi = -c_{wt,el} / c_{wc,el} = -0,970 > -1$$

$$\beta_w = c_w / t_w = 33,400 < 396e / (13a-1) = 56,75$$

$$< 456e / (13a-1) = 65,74$$

$$< 42e / (0,67+0,33 \cdot c) = 97,69 \quad \left. \vphantom{\beta_w} \right\} \text{tr. 1}$$

- zatriedenie na záporný zvislý moment :

$$\alpha = c_{wc,pl} / c_{w,pl} = 0,486 < 0,5$$

$$\psi = -c_{wt,el} / c_{wc,el} = -1,031 < -1$$

$$\beta_w = c_w / t_w = 33,400 < 36e / a = 60,22$$

$$< 41,5e / a = 69,42$$

$$< 62e(1-c) / ((-c)0,5) = 103,99 \quad \left. \vphantom{\beta_w} \right\} \text{tr. 1}$$

Prierez posúdime pružnostne, so zohľadnením stien pri namáhaní tlakom a vodorovným ohybom.

Prierezové charakteristiky účinného prierezu pri namáhaní tlakom

pomer napätí $\psi = 1,00$

súčiniteľ kritického napätia: $k_\sigma = 4,00$

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\bar{b} / t}{28,4 \cdot \varepsilon_m \cdot \sqrt{k_\sigma}} = 0,72$$

redukčný súčiniteľ vydúvania steny

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0$$

$$\rho = 0,962 < 1$$

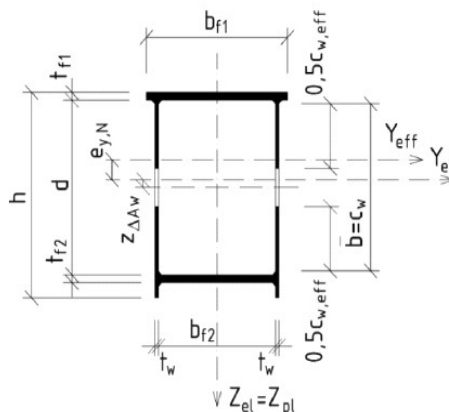
$$\rightarrow c_{w,eff} = \rho \cdot c_w = 964,4 \text{ mm}$$

$$\Delta A_w = (b' - c_{w,eff}) \cdot t_w = 1128,5 \text{ mm}^2$$

$$z_{\Delta A_w} = -7,6 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = A - 2 \cdot \Delta A_w = 128342,9 \text{ mm}^2$$

$$e_{y,N} = -2 \cdot \Delta A_w \cdot z_{\Delta A_w} / A_{eff} = 0,13 \text{ mm}$$



Prierezové charakteristiky účinného prierezu pri namáhaní ohybom

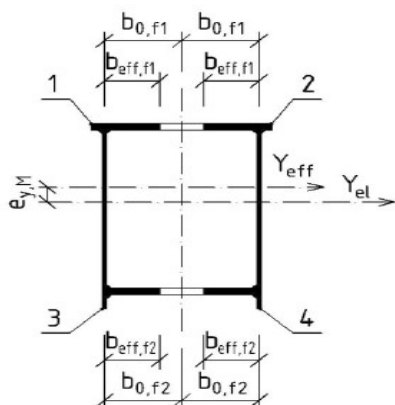
Ochabnutie šmykom v pásniciach (stenách) od účinkov zvislého (vodorovného) zaťaženia

Miesto overenia		L_e [m]	b_o [mm]	t [mm]	α_0
horná pásnica	záporné momenty	6,54	465	34	1
dolná pásnica	záporné momenty	6,54	465	34	1
steny	záporné momenty	7,69	542	30	1

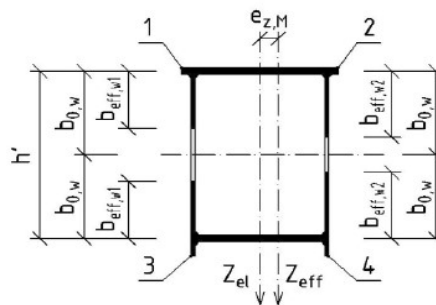
Miesto overenia		κ	β	β^κ	b_{eff} [mm]
horná pásnica	záporné momenty	0,071	0,714	0,976	454,0
dolná pásnica	záporné momenty	0,071	0,714	0,976	454,0
steny	záporné momenty	0,070	0,716	0,977	529,4

$$A_{sl} = 0 \text{ mm}^2 \quad (\text{plocha pozdĺžnych výstuh})$$

Prierezové charakteristiky účinného prierezu pri namáhaní zvislým ohybom



Účinný prierez pre zvislý ohyb
(s vplyvom ochabnutia šmykom)



Účinný prierez pre vodorovný kladný ohyb *)
(s vplyvom ochabnutia šnrykom a vydúvania steny)

*) Účinný prierez pre vodorovný záporný ohyb je zrkadlovým obrazom účinného prierezu pre kladný ohyb.

$\Delta A_{f1}=2 \cdot (b_{0,f1}-b_{eff,f1}) \cdot t_{f1}=$	749,56 mm ²	
$\Delta A_{f2}=2 \cdot (b_{0,f2}-b_{eff,f2}) \cdot t_{f2}=$	749,56 mm ²	
$z_{\Delta Af1}=$	-532,6 mm	} (voči ťažisku plného prierezu)
$z_{\Delta Af2}=$	534,4 mm	
$A_{eff}=A-\Delta A_{f1}-\Delta A_{f2}=$	129100,9 mm ²	
$e_{y,M}=(-\Delta A_{f1} \cdot z_{\Delta f1}-\Delta A_{f2} \cdot z_{\Delta f2})/A_{eff}=$	-0,011 mm	
$I_{eff,y}=$	2,4149E+10 mm ⁴	
$W_{eff,y,12}=$	4,3943E+07 mm ³	$W_{eff,y,34}= 40150625,8 \text{ mm}^3$

Prierezové charakteristiky účinného prierezu pri namáhaní vodorovným kladným ohybom

efektívna šírka ohybom tlačenej steny s vplyvom ochabnutia šmykom

$$b_{\text{eff},w1} = (\rho \cdot c_w + 2 \cdot a_w \cdot (2)^{0,5} + (t_{f1} + t_{f2})/2) / 2 \cdot \max(\beta; \beta^k) = 497,24 \text{ mm}$$

efektívna šírka ohybom ťahanej steny s vplyvom ochabnutia šmykom

$b_{\text{eff},w2} =$	529,4 mm	
$\Delta A_{w1} = 2 \cdot (b_{0,w} - b_{\text{eff},w1}) \cdot t_w =$	2685,4 mm ²	
$\Delta A_{w2} = 2 \cdot (b_{0,w} - b_{\text{eff},w2}) \cdot t_w =$	756,8 mm ²	
$y_{\Delta Aw1} =$	-465,0 mm	} (voči ťažisku plného prierezu)
$y_{\Delta Aw2} =$	465,0 mm	
$A_{\text{eff}} = A - \Delta A_{w1} - \Delta A_{w2} =$	127157,8 mm ²	
$e_{z,M} = (-\Delta A_{w1} \cdot z_{\Delta Aw1} - \Delta A_{w2} \cdot z_{\Delta Aw2}) / A_{\text{eff}} =$		7,05 mm
$I_{\text{eff},z} =$	1,8418E+10 mm ⁴	
$W_{\text{eff},z,1} =$	3,6324E+07 mm ³	$W_{\text{eff},z,2} =$ 37363395,8 mm ³
$W_{\text{eff},z,3} =$	3,7816E+07 mm ³	$W_{\text{eff},z,4} =$ 38943419,5 mm ³

Prierezové charakteristiky účinného prierezu pri namáhaní vodorovným záporným ohybom

$$\begin{aligned} W_{\text{eff},z,1} &= 3,7363\text{E}+07 \text{ mm}^3 & W_{\text{eff},z,2} &= 3,6324\text{E}+07 \text{ mm}^3 \\ W_{\text{eff},z,3} &= 3,8943\text{E}+07 \text{ mm}^3 & W_{\text{eff},z,4} &= 3,7816\text{E}+07 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Vnútorne sily

Prierez	max N	max My	max Mz	
N _{Ed} [kN]	-20237,1	-19216,5	-19159,2	
M _{y,Ed} [kNm]	4695,6	4866,8	4321,5	
M _{z,Ed} [kNm]	-2051,9	474,4	2376,0	

Posúdenie odolnosti prierezov

Posúdenie odolnosti prierezu

pre

max N

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M0}} + \frac{(M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{y,N})}{W_{eff,y} \cdot f_y / \gamma_{M0}} + \frac{(M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{z,N})}{W_{eff,z} \cdot f_y / \gamma_{M0}} \leq 1,0$$

$$M_{y,Ed} = 4695,61 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -20237,1 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = -2051,94 \text{ kNm}$$

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

Vlákno	$\eta_{1,N}$	$\eta_{1,My}$	$\eta_{1,Mz}$	$ \eta_1 $	Vyhodnotenie		
1	-0,444	-0,301	0,155	0,590	< 1,0	→	Vyhovuje
2	-0,444	-0,301	-0,159	0,904	< 1,0	→	Vyhovuje
3	-0,444	0,329	0,148	0,034	< 1,0	→	Vyhovuje
4	-0,444	0,329	-0,153	0,268	< 1,0	→	Vyhovuje

Posúdenie odolnosti prierezu

pre

max My

$$M_{y,Ed} = 4866,8 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -19216,5 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 474,4 \text{ kNm}$$

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

Vlákno	$\eta_{1,N}$	$\eta_{1,My}$	$\eta_{1,Mz}$	$ \eta_1 $	Vyhodnotenie		
1	-0,422	-0,312	-0,037	0,770	< 1,0	→	Vyhovuje
2	-0,422	-0,312	0,036	0,698	< 1,0	→	Vyhovuje
3	-0,422	0,341	-0,035	0,116	< 1,0	→	Vyhovuje
4	-0,422	0,341	0,034	0,046	< 1,0	→	Vyhovuje

Posúdenie odolnosti prierezu

pre

max Mz

$$M_{y,Ed} = 4321,47 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = -19159,2 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 2375,95 \text{ kNm}$$

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

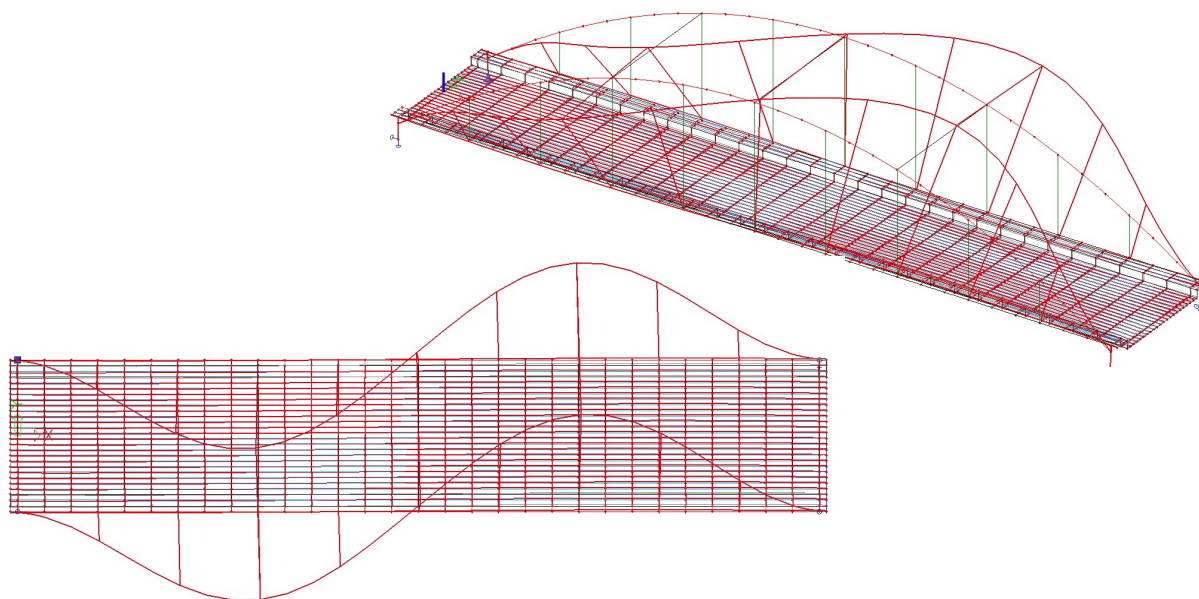
Vlákno	$\eta_{1,N}$	$\eta_{1,My}$	$\eta_{1,Mz}$	$ \eta_1 $	Vyhodnotenie		
1	-0,421	-0,277	-0,184	0,882	< 1,0	→	Vyhovuje
2	-0,421	-0,277	0,179	0,518	< 1,0	→	Vyhovuje
3	-0,421	0,303	-0,177	0,294	< 1,0	→	Vyhovuje
4	-0,421	0,303	0,172	0,054	< 1,0	→	Vyhovuje

4.8.2 Stabilitný výpočet

Za účelom zistenia vzperných dĺžok oblúka bol v programe SCIA Engineer vykonaný aj stabilitný výpočet. Výpočet v programe je iteračný, pričom sa postupne hľadajú tvary straty stability konštrukcie na základe energetických princípov MKP.

Vybočenie z roviny

Prvý tvar straty stability z roviny oblúkov je na obrázkoch

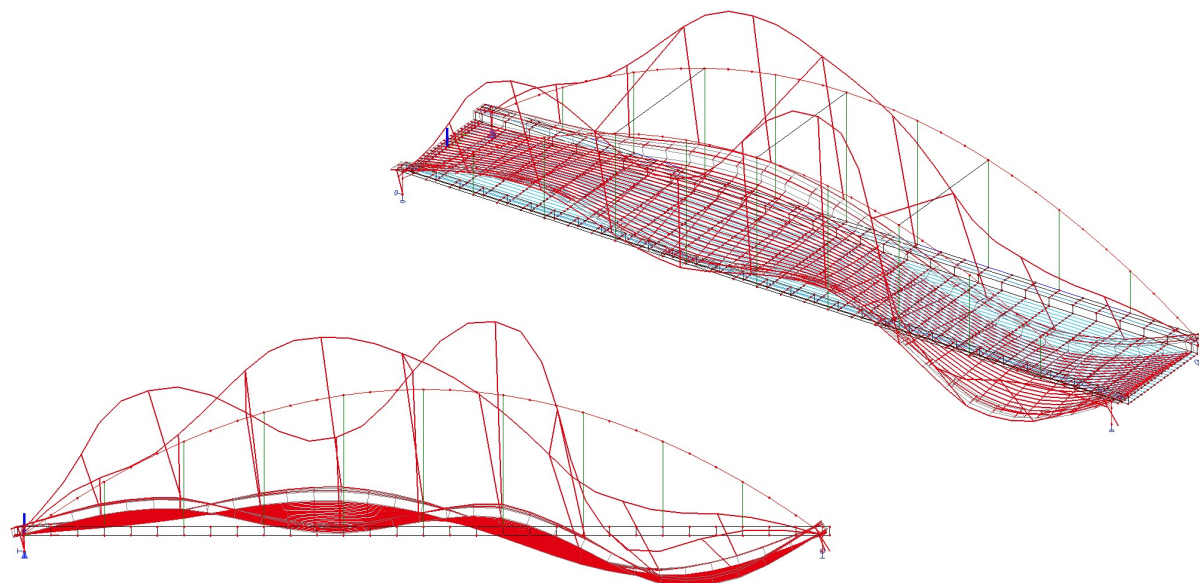


Z výpočtu vyplynula strata stability oblúka pri kritickom násobku zaťaženia $\alpha_{cr} = 4,43$.

Tomuto násobku odpovedá vzperná dĺžka oblúka v prvej priehrade o veľkosti $L_{cr,z} = 20,69m$

Vybočenie v rovine

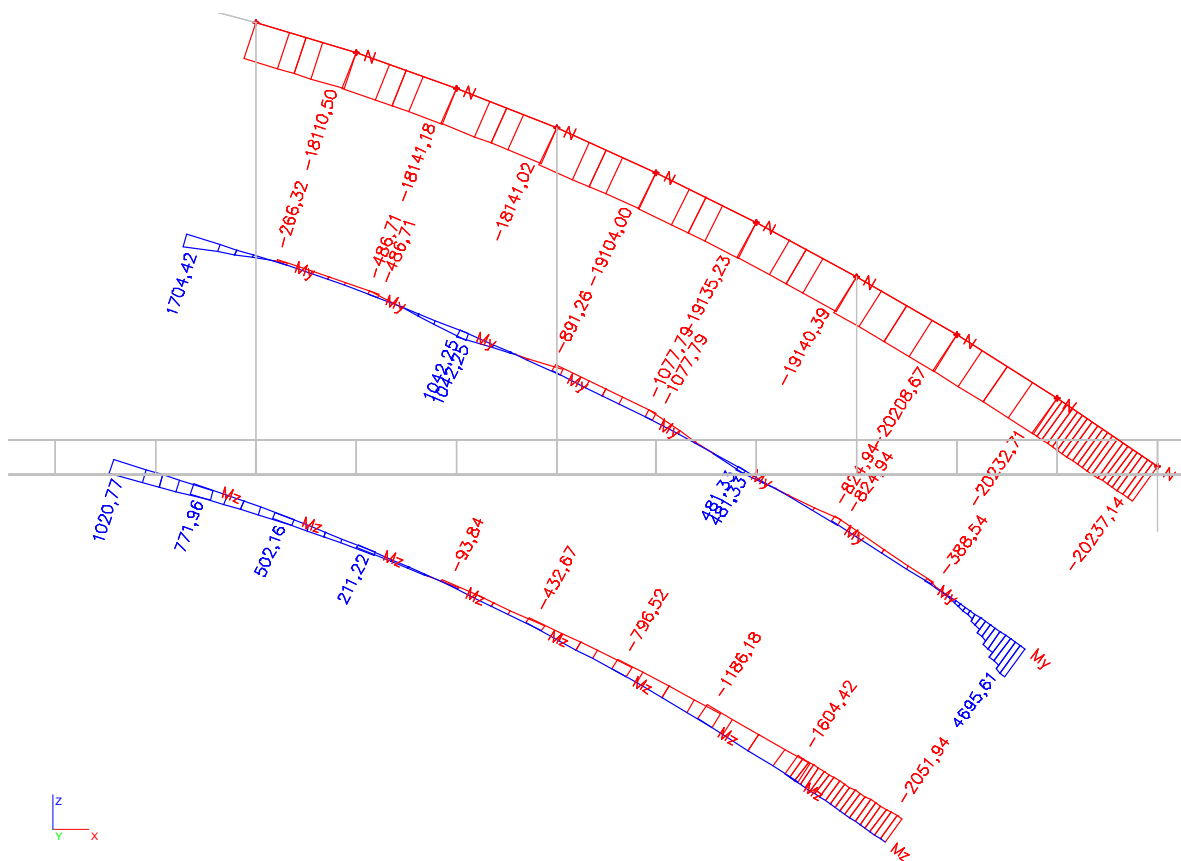
Prvý tvar straty stability v rovine oblúkov je na obrázkoch



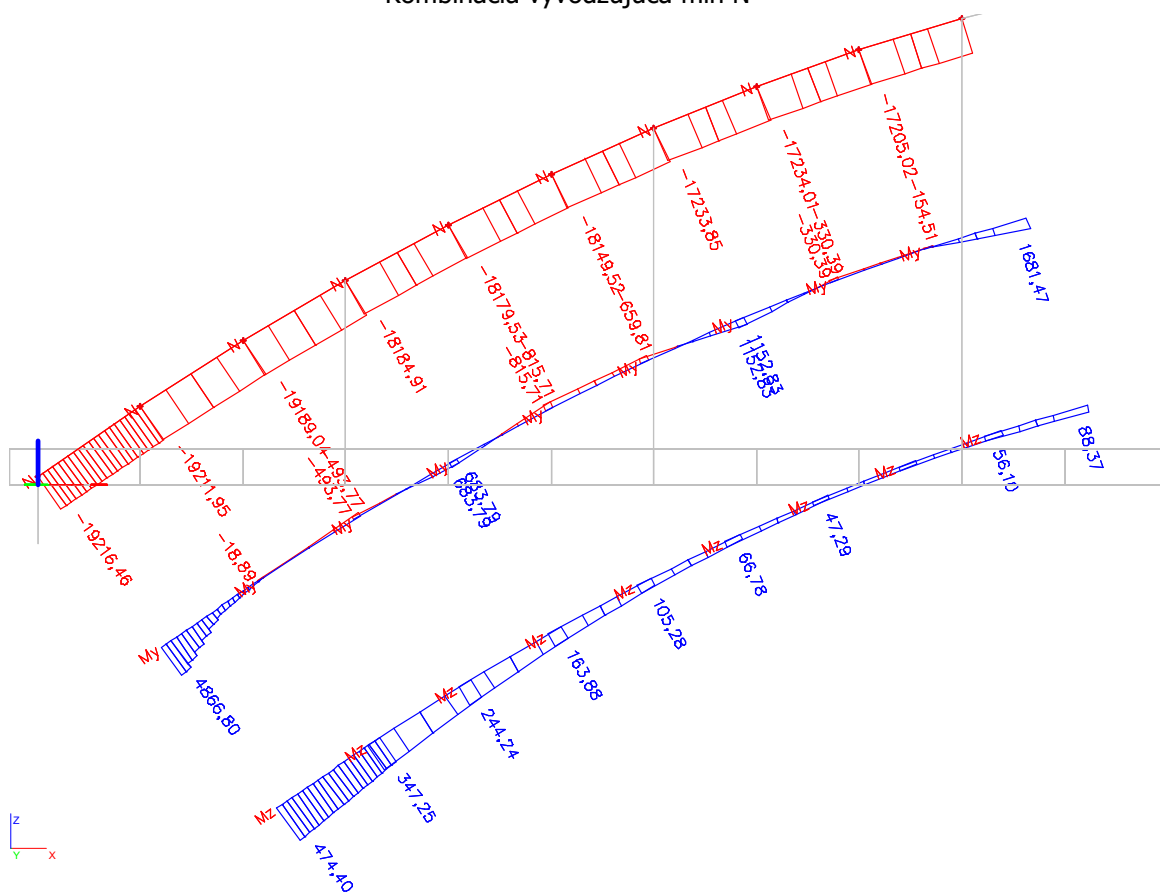
Z výpočtu vyplynula strata stability oblúka pri kritickom násobku zaťaženia $\alpha_{cr,y} = 34,19$, teda $L_{cr,y} = 8,12m$. Tomuto násobku prakticky odpovedá dĺžka oblúka v prvej priehrade. Potvrdilo sa, že ťahané zvislice (závesy) skutočne tvoria oporu voči strate stability oblúka v rovine.

4.8.3 Rozhodujúce vnútorné sily

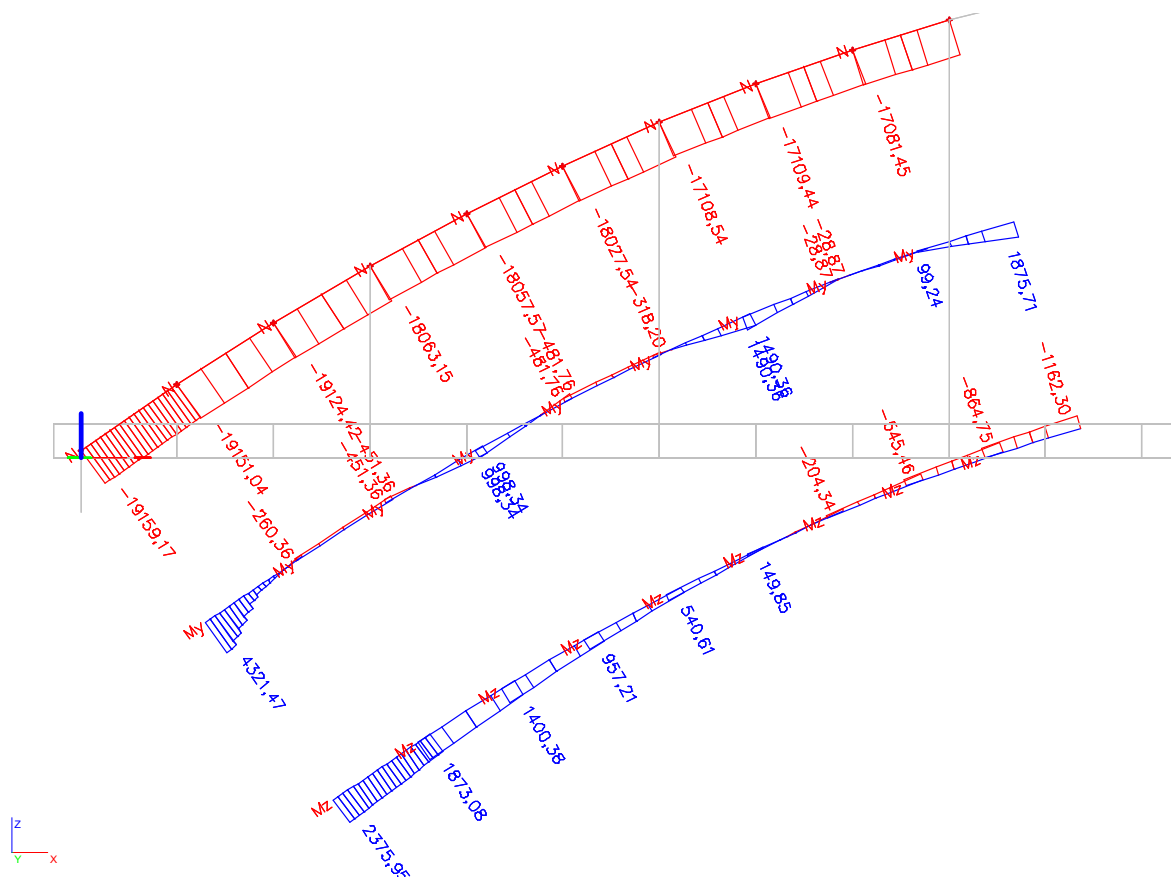
Posúdenie je rozhodujúce v 1. priehrade - v dolnej časti oblúka. Overíme 3 najnepriaznivejšie kombinácie.



Kombinácia vyvodzujúca min N



Kombinácia vyvodzujúca max M_y



Kombinácia "R_16" vyvolávajúca max Mz

4.8.4 Posúdenie stability oblúka

Posúdenie odolnosti prúta (stability) pre kombináciu max N

Dĺžka prúta	7,691
ky	1,06
kz	2,69

Dĺžka parciálneho prúta vytvoreného polygonálnym rozdelením oblúka

Súčiniteľ vzpernej dĺžky pre vybočenie v rovine oblúka - vzdialenosť styčníc

Súčiniteľ vzpernej dĺžky pre vybočenie z roviny oblúka - stabilitný výpočet

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}	λ	$\bar{\lambda}$	krivka vzp.	niera imper	ϕ	súčiniteľ
	[m]			pevnosti	fekcie a		vzperu χ
y	8,120	18,72	0,243	b	0,34	0,537	0,985
z	20,690	54,00	0,701	b	0,34	0,831	0,783

Vplyv klopenia

Vzhľadom na veľkú torznú tuhosť uzavretého prierezu oblúka vplyv klopenia zanedbáme.

Faktory ekvivalentných konštantných momentov (STN EN 1993-1-1, tab.B.3)

$$\begin{array}{llll}
 M_y = & 4695,6 \text{ kNm} & M_{ys} = & -824,9 \text{ kNm} \\
 \psi M_y = & 481,3 \text{ kNm} & \text{kvázi:} & \text{rovnomé} \\
 \psi_y = & 0,103 & & 0 \\
 \alpha_{sy} = & -0,176 & & 0 \\
 \alpha_{hy} = & 0,000 & & 1
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \psi_y \\ \alpha_{sy} \\ \alpha_{hy} \end{array}} \right\} C_{my} = 0,400$$

Poznámka - hodnoty momentov sú zobrať na úseku bez podopretia priečne na os ohybu - medzi zvislice

$$\begin{array}{llll}
 M_z = & -2051,9 \text{ kNm} & M_{zs} = & \text{kNm} \\
 \psi M_z = & 1020,8 \text{ kNm} & \text{kvázi:} & \text{sústredené} \\
 \psi_y = & -0,497 & & 0 \\
 \alpha_{sy} = & 0,000 & & 0 \\
 \alpha_{hy} = & 0,000 & & 1
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} \psi_y \\ \alpha_{sy} \\ \alpha_{hy} \end{array}} \right\} C_{mz} = 0,401$$

Poznámka - hodnoty momentov sú zobrať na úseku bez podopretia priečne na os ohybu - horné stuženie

Interakčné faktory (STN EN 1993-1-1, tab.B.1)

$$\begin{aligned}
 k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) & k_{yz} &= k_{zz} \\
 k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) & k_{zy} &= 0,8 \cdot k_{yy} \\
 N_{Rk} &= A_{eff} \cdot f_y = 45561,74 \text{ kN} \\
 k_{yy} &= 0,429 & k_{yz} &= 0,506 \\
 k_{zy} &= 0,343 & k_{zz} &= 0,506
 \end{aligned}$$

Posúdenie odolnosti prúta s vplyvom teórie druhého rádu:

$$\begin{aligned}
 a.) \quad \eta_1 &= \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{(M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{y,N})}{W_{eff,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{(M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{z,N})}{W_{eff,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} \leq 1,0 \\
 b.) \quad \eta_1 &= \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{(M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{y,N})}{W_{eff,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{(M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{z,N})}{W_{eff,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} \leq 1,0
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll}
 M_{y,Ed} = & 4695,6 \text{ kNm} & N_{Ed} = & 20237,1 \text{ kN} \\
 M_{z,Ed} = & 2051,9 \text{ kNm} & f_y = & 355 \text{ MPa}
 \end{array}$$

Vlákno	$\eta_{1,N}$	$\eta_{1,My}$	$\eta_{1,Mz}$	$ \eta_1 $	Vyhodnotenie		
vzťah "a"	0,451	0,141	0,081	0,673	< 1,0	→	vyhovuje
vzťah "b"	0,567	0,113	0,081	0,761	< 1,0	→	vyhovuje

Posúdenie odolnosti prúta (stability) pre kombináciu max My

Vzperné dĺžky ostávajú v platnosti, klopenie nenastáva

Vybočenie kolmo na	L_{cr}	λ	$\bar{\lambda}$	krivka vzp.	hiera imper	ϕ	súčiniteľ
	[m]			pevnosti	fekcie a		vzperu χ
y	8,120	18,72	0,243	b	0,34	0,537	0,985
z	20,690	54,00	0,701	b	0,34	0,831	0,783

Faktory ekvivalentných konštantných momentov (STN EN 1993-1-1, tab.B.3)

$$\begin{aligned}
 M_y &= 4866,8 \text{ kNm} & M_{ys} &= -493,17 \text{ kNm} \\
 \psi M_y &= 683,8 \text{ kNm} & \text{kvázi:} & \text{rovnorné} \\
 \psi_y &= 0,141 & & 0 \\
 \alpha_{sy} &= -0,101 & & 0 \\
 \alpha_{hy} &= 0,000 & & 1
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \psi_y &= 0,141 \\ \alpha_{sy} &= -0,101 \\ \alpha_{hy} &= 0,000 \end{aligned}} \right\} C_{my} = 0,400$$

Poznámka - hodnoty momentov sú zobrať na úseku bez podopretia priečne na os ohybu - mez

$$\begin{aligned}
 M_z &= 474,4 \text{ kNm} & M_{zs} &= \text{ kNm} \\
 \psi M_z &= 88,37 \text{ kNm} & \text{kvázi:} & \text{sústredené} \\
 \psi_y &= 0,186 & & 0 \\
 \alpha_{sy} &= 0,000 & & 0 \\
 \alpha_{hy} &= 0,000 & & 1
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \psi_y &= 0,186 \\ \alpha_{sy} &= 0,000 \\ \alpha_{hy} &= 0,000 \end{aligned}} \right\} C_{mz} = 0,675$$

Poznámka - hodnoty momentov sú zobrať na úseku bez podopretia priečne na os ohybu - horn

Interakčné faktory (STN EN 1993-1-1, tab.B.1)

$$\begin{aligned}
 k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) & k_{yz} &= k_{zz} \\
 k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) & k_{zy} &= 0,8 \cdot k_{yy} \\
 N_{Rk} &= A_{eff} \cdot f_y = 45561,74 \text{ kN} \\
 k_{yy} &= 0,429 & k_{yz} &= 0,851 \\
 k_{zy} &= 0,343 & k_{zz} &= 0,851
 \end{aligned}$$

Posúdenie odolnosti prúta s vplyvom teórie druhého rádu:

$$a.) \quad \eta_1 = \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{(M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{y,N})}{W_{eff,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{(M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{z,N})}{W_{eff,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} \leq 1,0$$

$$b.) \quad \eta_1 = \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{(M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{y,N})}{W_{eff,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{(M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{z,N})}{W_{eff,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} \leq 1,0$$

$$\begin{aligned}
 M_{y,Ed} &= 4866,8 \text{ kNm} & N_{Ed} &= 19216,5 \text{ kN} \\
 M_{z,Ed} &= 474,4 \text{ kNm} & f_y &= 355 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Vlákn	$\eta_{1,N}$	$\eta_{1,My}$	$\eta_{1,Mz}$	$ \eta_1 $	Vyhodnotenie		
vzťah "a"	0,428	0,147	0,031	0,606	< 1,0	→	vyhovuje
vzťah "b"	0,538	0,117	0,031	0,687	< 1,0	→	vyhovuje

Posúdenie odolnosti prúta (stability) pre kombináciu max Mz

Vzperné dĺžky ostávajú v platnosti, klopie nie nastáva

Vybočenie kolmo na	L_{cr}	λ	$\bar{\lambda}$	krivka vzp.	hiera imper	ϕ	súčiniteľ
	[m]			pevnosti	fekcie a		vzperu χ
y	8,120	18,72	0,243	b	0,34	0,537	0,985
z	20,690	54,00	0,701	b	0,34	0,831	0,783

Faktory ekvivalentných konštantných momentov (STN EN 1993-1-1, tab.B.3)

$$\begin{aligned}
 M_y &= 4321,5 \text{ kNm} & M_{ys} &= -451,36 \text{ kNm} \\
 \psi M_y &= 998,3 \text{ kNm} & \text{kvázi:} & \text{rovnorné} \\
 \psi_y &= 0,231 & & 0 \\
 \alpha_{sy} &= -0,104 & & 0 \\
 \alpha_{hy} &= 0,000 & & 1
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \psi_y &= 0,231 \\ \alpha_{sy} &= -0,104 \\ \alpha_{hy} &= 0,000 \end{aligned}} \right\} C_{my} = 0,400$$

Poznámka - hodnoty momentov sú zobrať na úseku bez podopretia priečne na os ohybu - medzi zvislice

$$\begin{aligned}
 M_z &= 2376 \text{ kNm} & M_{zs} &= \text{ kNm} \\
 \psi M_z &= -1162,3 \text{ kNm} & \text{kvázi:} & \text{sústredené} \\
 \psi_y &= -0,489 & & 0 \\
 \alpha_{sy} &= 0,000 & & 0 \\
 \alpha_{hy} &= 0,000 & & 1
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \psi_y &= -0,489 \\ \alpha_{sy} &= 0,000 \\ \alpha_{hy} &= 0,000 \end{aligned}} \right\} C_{mz} = 0,404$$

Poznámka - hodnoty momentov sú zobrať na úseku bez podopretia priečne na os ohybu - horné stuženie

Interakčné faktory (STN EN 1993-1-1, tab.B.1)

$$\begin{aligned}
 k_{yy} &= C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) & k_{yz} &= k_{zz} \\
 k_{zz} &= C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) & k_{zy} &= 0,8 \cdot k_{yy} \\
 N_{Rk} &= A_{eff} \cdot f_y = 45561,74 \text{ kN} \\
 k_{yy} &= 0,429 & k_{yz} &= 0,510 \\
 k_{zy} &= 0,343 & k_{zz} &= 0,510
 \end{aligned}$$

Posúdenie odolnosti prúta s vplyvom teórie druhého rádu:

$$\begin{aligned}
 a.) \quad \eta_1 &= \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{(M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{y,N})}{W_{eff,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{(M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{z,N})}{W_{eff,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} \leq 1,0 \\
 b.) \quad \eta_1 &= \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{(M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{y,N})}{W_{eff,y} \cdot f_y / \gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{(M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{z,N})}{W_{eff,z} \cdot f_y / \gamma_{M1}} \leq 1,0 \\
 M_{y,Ed} &= 4321,5 \text{ kNm} & N_{Ed} &= 19159,2 \text{ kN} \\
 M_{z,Ed} &= 2376 \text{ kNm} & f_y &= 355 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Vlákno	$\eta_{1,N}$	$\eta_{1,My}$	$\eta_{1,Mz}$	$ \eta_1 $	Vyhodnotenie		
vzťah "a"	0,427	0,130	0,094	0,651	< 1,0	→	vyhovuje
vzťah "b"	0,537	0,104	0,094	0,735	< 1,0	→	vyhovuje

4.9 POSÚDENIE ZVISLICE

4.9.1 Posúdenie zvislica

Posudok EN 1993-1-1

Prút B2773	RD110	S 355	N.26/5	0.77
------------	-------	-------	--------	------

Základné dáta EC3 : EN 1993	
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti Gamma M0 pre únosnosť prierezu	1.00
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti Gamma M1 na odolnosť proti nestabilite	1.10
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti Gamma M2 pre oslabený prierez	1.25

Údaje o materiále		
medza klzu fy	355.0	MPa
pevnosť v ťahu fu	510.0	MPa
typ výroby	valcovaný	

POSUDOK PRIEREZU

Prierez sa posúdi ako trieda 3. Kritický posudok v mieste 5.699 m

Vnútročné sily		
NEd	2489.91	kN
Vy,Ed	0.00	kN
Vz,Ed	0.00	kN
TEd	0.00	kNm
My,Ed	0.00	kNm
Mz,Ed	-1.37	kNm

Posudok na normálovú silu

Podľa článku EN 1993-1-1 : 6.2.3. a vzorca (6.5)

Tabuľka hodnôt		
Nt,Rd	3371.97	kN
Jednotkový posudok	0.74	-

Posudok ohyb.momentu (Mz)

Podľa článku EN 1993-1-1 : 6.2.5. a vzorca (6.12). (Klasifikácia prierezu je 3)

Tabuľka hodnôt		
Mc,Rd	45.42	kNm
Jednotkový posudok	0.03	-

Posudok na kombináciu ohybu, normálovej a šmykovej sily

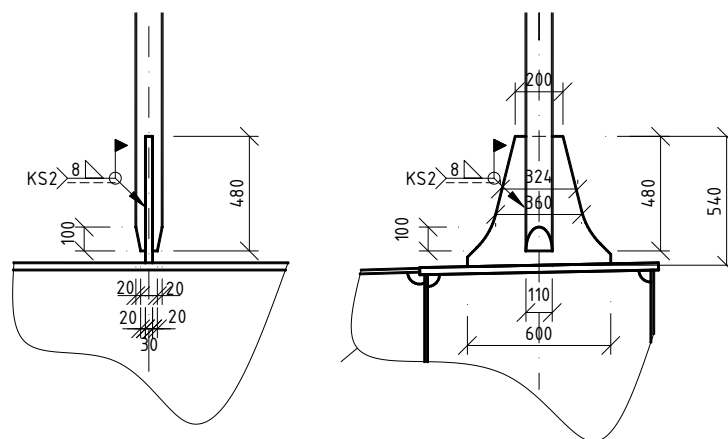
Podľa článku EN 1993-1-1 : 6.2 a vzorca (6.1). (Klasifikácia prierezu je 3)

Tabuľka hodnôt		
sigma N	-262.1	MPa
sigma Myy	0.0	MPa
sigma Mzz	-10.7	MPa
Tau y	0.0	MPa
Tau z	0.0	MPa
Tau t	0.0	MPa

Jednotkový posudok 0.77 -

Prvok VYHOVIE na únosnosť ! - maximálny jednotkový posudok 0,77

4.9.2 Prípoj zvislice na trám /oblúk



Prípoj na styčnickový plech

-prípoj navrhujeme pomocou kútových zvarov na únosnosť zvislice

$$l_{w,min} = \frac{N_{t,Rd}}{F_{w,Rd}} = \frac{A \cdot f_{yd} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot \sqrt{3}}{a \cdot f_u} = \frac{9,5 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \cdot 1,25 \cdot \sqrt{3}}{0,008 \cdot 510} = 1,611 \text{ m}$$

navrhujem 4 kútové rovnobežné zvary dĺžky 480 mm, účinná dĺžka je tak $4 \times (480 - 2 \times 8) = 1856 \text{ mm}$. Do únosnosti nie sú zahrnuté kolmé zvary, tie sa však tiež realizujú

Prípoj styčnickového plechu na hornú pásnicu

- prípoj realizujeme pomocou tupého K zvaru a prekrývacích kútových zvarov.

Zvar vyhovuje.

Detaily v DRS.

Posúdenie lamenárnej praskavosti v smere hrúbky

$$Z_{Ed} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e = 6 + 5 + 8 + 3 + 0 = 22 < Z_{Rd} = Z25$$

Navrhujeme materiál pásníc na ktoré sa pripájajú styčnickové plechy kvality:

EN 10025-3 S355J2 N + EN 10164-Z25 !

4.9.3 Únavová odolnosť zvislice

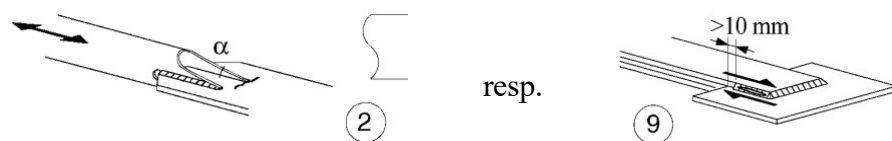
Rozkmit síly vo zvislici od zaťaženia jednej koľaje Modelom 71 bez súčiniteľa α a ϕ je:

$$\Delta F_p = 496,0 \text{ kN}$$

Dynamický súčiniteľ:

$$L_\phi = 13,2 \text{ m} \Rightarrow \phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,82 = 1,24 \left[\begin{array}{l} > 1,00 \\ < 1,67 \end{array} \right] \phi_2 = 1,24$$

Posudzovaný konštrukčný detail: Pozdĺžne zvary pripájajúce styčnickový plech na zvislicu



$$\text{Prierezová plocha zvislice } A = 9500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sklon zrezania } \alpha = 13^\circ$$

$$\text{Účinná hrúbka zvaru } a = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Účinná dĺžka zvaru } l = 464 \text{ mm}$$

Súčiniteľ ekvivalentného poškodenia: $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{\max} = 1,4$

- dĺžka vplyvovej čiary:	13,2 m	} $\Rightarrow \lambda_1 = 0,80$	} $\lambda = 0,59$
typ dopravy:	EC mix		
- objem dopravy za rok:	$30 \cdot 10^6$ t/koľaj	$\Rightarrow \lambda_2 = 1,04$	
- návrhová životnosť:	100 rokov	$\Rightarrow \lambda_3 = 1,00$	
- počet koľají na moste:	2	} $\Rightarrow \lambda_4 = 0,71$	
pomer rozkmitov $a = \Delta\sigma_1/\Delta\sigma_{1+2} =$	0,5		
podiel dopravy stretávajúcej sa na moste $n =$	12 %		

Odolnosť proti vzniku trhliny v styčníkovom plechu (z normálových napätí vo zvislici) - de

Referenčný rozkmit normálového napätia vo zvislici: $\Delta\sigma_p = 52,2$ MPa

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia vo zvislici:

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_p = 0,59 \cdot 1,24 \cdot 52,21 = 38,15 \text{ MPa}$$

Únavová odolnosť posudzovaného detailu:

Sklon zárezu $< 45^\circ \Rightarrow$ Kategória detailu: **71** $\Rightarrow \Delta\sigma_C = 71$ MPa

Parciálny súčiniteľ únavovej pevnosti: $\gamma_{Mf} = 1,15$

Posúdenie: $\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} = \frac{1,0 \cdot 38,15}{71 / 1,15} = 0,618 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$

Odolnosť proti vzniku trhliny v pozdĺžnych zvaroch (zo šmykových napätí v zware) - det. 9

Referenčný rozkmit šmykového napätia: $\Delta\tau_p = \frac{\Delta\sigma_p \cdot A}{4 \cdot a \cdot l} = \frac{52,2 \cdot 9500}{4 \cdot 8 \cdot 464} = 33,41$ MPa

Ekvivalentný rozkmit šmykového napätia v účinnej ploche zvaru:

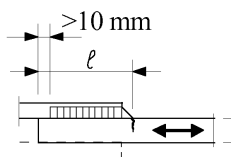
$$\Delta\tau_{E2} = \lambda \cdot \phi_2 \cdot \Delta\tau_p = 0,59 \cdot 1,24 \cdot 33,41 = 24,41 \text{ MPa}$$

Únavová odolnosť posudzovaného detailu:

Kategória detailu: **80** $\Rightarrow \Delta\tau_C = 80$ MPa

Posúdenie: $\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E2}}{\Delta\tau_C / \gamma_{Mf}} = \frac{1,0 \cdot 24,41}{80 / 1,15} = 0,351 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$

Posudzovaný konštrukčný detail: Priečne zvary pripájajúce styčníkový plech na zvislicu



Hrúbka styč. plechu $t = 30$ mm

Priemer zvislice $d = 110$ mm

Odolnosť proti vzniku trhliny v styčnickovom plechu v úpäť priečného zvaru*(z normálových napätí v styčnickovom plechu) - det. 4*

Referenčný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_p = \frac{\Delta\sigma_p \cdot A}{t \cdot (d+1)} = \frac{52,2 \cdot 9500}{30 \cdot (110 + 464)} = 28,80 \text{ MPa}$$

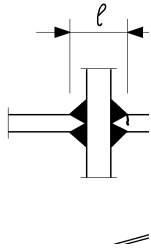
Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_p = 0,59 \cdot 1,24 \cdot 28,80 = 21,04 \text{ MPa}$$

Únavová odolnosť posudzovaného detailu:

$$\begin{aligned} \text{Hrúbka plechu } t &= 30 \text{ mm} \\ \text{Dĺžka zvaru } \ell &= 464 \text{ mm} \end{aligned} \Rightarrow \text{Kategória detailu: } 50 \Rightarrow \Delta\sigma_C = 50 \text{ MPa}$$

$$\text{Posúdenie: } \frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} = \frac{1,0 \cdot 21,04}{50 / 1,15} = 0,484 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

Posudzovaný konštrukčný detail: Priečne zvary pripájajúce styčnickový plech na trám (obliHrúbka styč. plechu (diafragmy) $t = 30 \text{ mm}$ Šírka styčnickového plechu $b_s = 360 \text{ mm}$

(brali sme bezpečne v mieste začínajúcich polomerov)

$$\begin{aligned} \text{Hrúbka pásnice trámu } t &= 30 \text{ mm} \\ \text{Výška tupého zvaru } z_{\max} &= 20 \text{ mm} \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{Hrúbka pásnice trámu } t &= 30 \text{ mm} \\ \text{Výška tupého zvaru } z_{\max} &= 20 \text{ mm} \end{aligned}} \right\} \ell = 70 \text{ mm}$$
Odolnosť proti vzniku trhliny v styčnickovom plechu v úpäť priečného zvaru*(z normálových napätí v styčnickovom plechu) - det. 1*

Referenčný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_p = \frac{\Delta F_p}{t \cdot b_s} = \frac{0,4960}{30 \cdot 360} = 45,93 \text{ MPa}$$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_p = 0,59 \cdot 1,24 \cdot 45,93 = 33,55 \text{ MPa}$$

Únavová odolnosť posudzovaného detailu kategórie **71** $\Rightarrow \Delta\sigma_C = 71 \text{ MPa}$

$$\text{Posúdenie: } \frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} = \frac{1,0 \cdot 33,55}{71 / 1,15} = 0,543 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

4.10 POSÚDENIE STUŽIDLA

Uvádazme jednoduchý výstup z programu Scia Engineer, nakoľko stužidlo je pomerne dosť predimenzované.

Stužidlo je však konštrukčne nutné z dôvodu tuhosti pre zabezpečenie stability oblúkov.

Základné dáta EC3 : EN 1993	
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti γ_{M0} pre únosnosť prierezu	1.00
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti γ_{M1} na odolnosť proti nestabilite	1.10
parciálny súčiniteľ spoľahlivosti γ_{M2} pre oslabený prierez	1.25

Údaje o materiále		
medza klzu f_y	355.0	MPa
pevnosť v ťahu f_u	510.0	MPa
typ výroby	valcovaný	

POSUDOK PRIEREZU

Pomer šírky k hrúbke pre kruhové profily (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. list 3).

pomer 38.13 v mieste 0.000 m

pomer		
maximálny pomer	1	33.10
maximálny pomer	2	46.34
maximálny pomer	3	59.58

==> Trieda prierezu 2

Kritický posudok v mieste 12.500 m

Vnútorne sily		
NEd	-131.68	kN
Vy,Ed	29.72	kN
Vz,Ed	-40.06	kN
TEd	-4.45	kNm
My,Ed	-81.96	kNm
Mz,Ed	234.46	kNm

Posudok na tlak

Nc,Rd	10614.50	kN
Jednotkový posudok	0.01	-

Posudok na šmyk (Vy)

Vc,Rd	3901.39	kN
Jednotkový posudok	0.01	-

Posudok na šmyk (Vz)

Vc,Rd	3901.39	kN
Jednotkový posudok	0.01	-

Posudok ohyb.momentu (My)

Mc,Rd	1975.52	kNm
Jednotkový posudok	0.04	-

Posudok ohyb.momentu (Mz)

Mc,Rd	1975.52	kNm
Jednotkový posudok	0.12	-

Posudok na kombináciu ohybu, normálovej a šmykovej sily

MNVy.Rd	1975.52	kNm
MNVz.Rd	1975.52	kNm

Poznámka: Pre prierezy CHS je použitá výslednica vnútorných síl.

alfa 2.00 beta 2.00

Jednotkový posudok 0.13

Prvok VYHOVIE na únosnosť ! Maximálny posudok prierezu 0,13

POSUDOK STABILITY**Posudok priestorového vzperu**

Parametre vzperu	yy	zz	
Posuvný styčník	posuvné	neposuvné	
Systémová dĺžka L	12.500	12.500	m
Súčiniteľ vzperu (vzp.dĺžky) k	0.60	0.60	
Vzperná dĺžka Lcr	7.500	7.500	m
Kritické Eulerovo zaťaženie Ncr	48563.72	48563.72	kN
Štíhlosť	35.72	35.72	
Relatívna štíhlosť Lambda	0.47	0.47	
Medzná štíhlosť Lambda,0	0.20	0.20	

Posudok na tlak s ohybom

Tabuľka hodnôt		
kyy	0.998	
kyz	0.399	
kzy	0.599	
kzz	0.664	
Interakčná metóda 1		
Mcr0	169399.56	kNm
redukovaná štíhlosť 0	0.11	
Cmy,0	0.999	
Cmz,0	0.666	
Cmy	0.999	
Cmz	0.666	
CmLT	1.000	

Jednotkový posudok (6.61) = 0.01 + 0.11 + 0.05 = 0.17

Jednotkový posudok (6.62) = 0.01 + 0.06 + 0.09 = 0.17

Prvok VYHOVIE na stabilitu ! Maximálny posudok prúta 0,17

4.11 POSÚDENIE DEFORMÁCIÍ NK

Zvislé deformácie

Posúdenie vykonáme podľa kritérií STN EN 1990/A1+NA.

Maximálny priehyb od klasifikovaného charakteristického zvislého zaťaženia (podľa EN 1991-2, 6.3.2) umiestneného na oboch koľajách (LM 71 aj SW/2 vrátane $\alpha = 1,21$ bez dynamického súčiniteľa ϕ):

V polovici rozpätia: $\delta = 39,7 \text{ mm} < f_{lim} = L/600 = 66000/600 = 110 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$

V štvrtine rozpätia: $\delta = 61,8 \text{ mm} < f_{lim} = L/600 = 66000/600 = 110 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$

Overenie pohodlia cestujúcich pre $v = 160 \text{ km/h}$:

Priehyb od zaťažovacieho modelu 71 vrátane dynam. súčiniteľa ϕ umiestneného na jednej koľaji:

V polovici rozpätia: $\delta = 25,8 \text{ mm} < f_{lim} = L/600 = 66000/600 = 110 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$

V štvrtine rozpätia: $\delta = 38,6 \text{ mm} < f_{lim} = L/600 = 66000/600 = 110 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$

Premiestnenie hornej hrany nosnej konštrukcie pri opore

Postupujeme podľa STN EN 1991-2+NA, ods. 6.5.4.5.2

Posun hornej hrany plechu vane v smere vo vodorovnom smere od brzdných (rozjazdových) účinkov dopravy ($\phi \times \text{LM 71}$)

$$\delta_B = 0,8 \text{ mm} < 5,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Horizontálne premiestnenie hrany konštrukcie od zvislých účinkov ($1 \times \phi \times \text{LM 71}$)

$$\delta_H = 5,6 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Vertikálne premiestnenie hrany plechu od účinkov dopravy (účinky $\phi \times \text{LM 71}$) so zohľadnením 6.5.4.6.1(6)

$$\delta_H = 2,84 \text{ mm} < 3,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Skrútenie nosnej konštrukcie

Overuje sa začiatok a koniec mosta v rámci rozchodu koľaje na dĺžke 3 m (STN EN 1990/A1+NA). Maximálne skrútenie od klasifikovaného charakteristického zvislého zaťaženia včítane dynamického súčiniteľa je

$$t = 2,21 \text{ mm} < t_2 = 3 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Maximálne skrútenie od všetkých zaťažení

$$t_{max} = < 6 \text{ mm} \text{ teda } t_{max} < t_T = 7,5 \text{ mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Priečna deformácia povrchu nosnej konštrukcie

Overujeme vodorovnú deformáciu v úrovni horného plechu vane od zaťažení definovaných v STN EN 1990/A1+NA. Pre vodorovnú deformáciu $\delta_h = 3,64 \text{ mm}$ dostávame

$$r = 149588 \text{ m} < r_2 = 6000 \text{ m} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\alpha = 0,0004 \text{ m} < \alpha_2 = 0,002 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Nadvýšenie

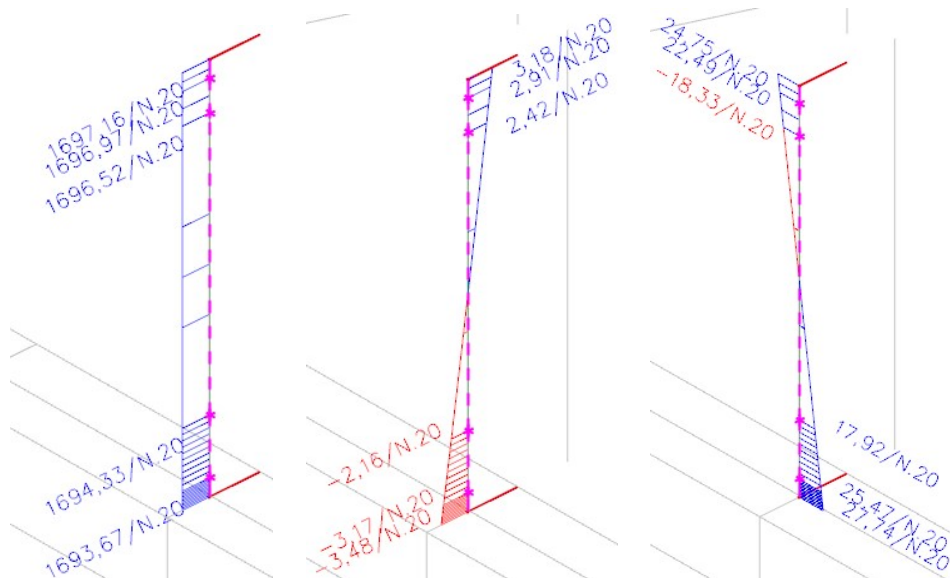
Konštrukcia sa vyrobí s výrobným nadvýšením od všetkých stálych zaťažení - **pozri výkres č. 6.8**

4.12 ZMENY V DRS V ROKU 2024 OPROTI PÔVODNÉMU STUPŇU DRS

Vzhľadom na zmeny v projekte oproti pôvodnému stupňu DRS, ktoré sú vymenované v TS v odseku 1.2.3 sa v statickej analýze realizovali nasledovné činnosti:

- 1) Do výpočtového modelu sa zapracoval sa nový koncept závesov. Pôvodné tyčové závesy uchytené cez priečne styčnickové plechy sa zamenili na nový typ, aby sa vyhlo problematickým detailom a kmitaniu závesov. Nové závesy (zvislice) sú tak navrhnuté ako dvojica tyčí navzájom prepojených miestnymi spojkami (prvý záves od opory vzhľadom na svoju dĺžku nemá žiadnu spojku, druhý záves jednu v polovici výšky a všetky ďalšie majú spojky v tretinách ich výšky), pripojených pomocou pozdĺžnych styčnickových plechov vytvarovaných priamo zo stien hlavného nosníka a oblúka. Ich prípoj na komorový trám a oblúk je štandardný a overený. Z tejto zmeny plynuli nové vnútorné sily aj napätia vo všetkých posudzovaných prvkoch. Z jednotlivých posúdení sú v SV uvedené či zmenené tieto:
 - Prvky mostovky - zmeny sú takmer nebadateľné, ponechané sú teda pôvodné posúdenia prvkov mostovky.
 - Hlavný trám a oblúk - zmeny v kombinačných návrhových hodnotách vnútorných síl boli do 2-5% pôvodných hodnôt. Takáto chyba je bežná aj pri porovnávacích výpočtoch rôznymi softvérmi, či pri využití rôznych metód modelovania prípojev a iných väzieb medzi prvkami. Preto sme aj tieto posúdenia nechali pôvodné, nakoľko sú relevantné.
 - Posúdenie zvislíc bolo zmenené.
 - Zmenilo sa aj posúdenie detailov na únavu, vzhľadom na iné konštrukčné riešenie závesov a ich prípojev.
- 2) Overila sa potreba dynamického a seizmického výpočtu.
- 3) Doplnilo sa overenie mosta na bezstykovú koľaj na moste.

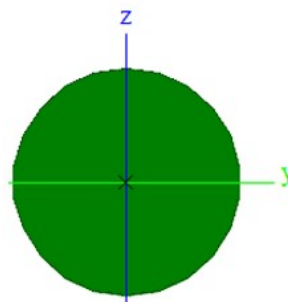
4.12.1 Posúdenie zvislice na MSÚ



Priebeh vnútorných síl na najviac namáhannej krajnej zvislici : a) N, b) My, c) Mz

Vstupné údaje :

E=	210000 MPa	γ_{M0} =	1,0
G =	81000 MPa	γ_{M1} =	1,0
f_y =	295 MPa		



Rozmery prierezu:

D =	110 mm
t =	- mm
A =	0,0095 m ²
A =	9498 mm ²
A_v =	0,0081 m ²
A_v =	8140 mm ²

Prierezové veličiny:

I_y =	7E+06 mm ⁴	=	7E-06 m ⁴
I_z =	7E+06 mm ⁴	=	7E-06 m ⁴
$W_{el,y}$ =	127900 mm ³	=	1,3E-04 m ³
$W_{el,z}$ =	127900 mm ³	=	1,3E-04 m ³
$W_{pl,y}$ =	218340 mm ³	=	2,2E-04 m ³
$W_{pl,z}$ =	218340 mm ³	=	2,2E-04 m ³
i_y =	27 mm	=	0,027 m
i_z =	27 mm	=	0,027 m
I_t =	1E+07 mm ⁴	=	1,4E-05 m ⁴

• Návrhové zaťaženie pre posúdenie prierezu

N_{ed} =	1696,5 kN	$V_{y,ed}$ =	15,96 kN	$M_{y,ed}$ =	2,42 kNm
T_{ed} =	0 kNm	$V_{z,ed}$ =	2,81 kN	$M_{z,ed}$ =	18,33 kNm

• Odolnosť prierezu

-plastická

N_{Rd} =	2802 kN
$M_{y,Rd}$ =	64,41 kNm
$M_{z,Rd}$ =	64,41 kNm
$M_{N,y,Rd}$ =	36,96 kNm
$M_{N,z,Rd}$ =	36,96 kNm
$V_{pl,Rd}$ =	1386,4 kN

-pružnostná

N_{Rd} =	2802 kN
$M_{y,Rd}$ =	37,73 kNm
$M_{z,Rd}$ =	37,73 kNm
T_{Rd} =	77,02 kNm

n= 0,61

• Posúdenie prierezu

-celkový ohybový moment

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{y,ed}^2 + M_{z,ed}^2)} = 18,49 \text{ kNm}$$

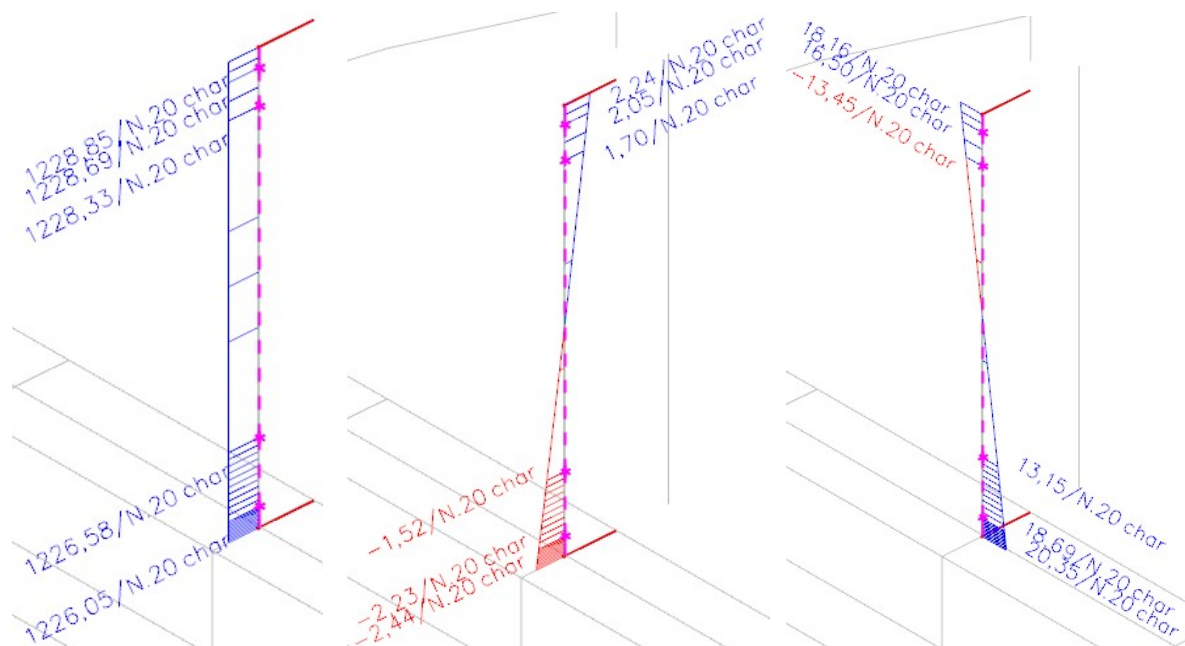
-pružnostné

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 1,10 \leq 1,0 \quad \text{- Nevyhovuje}$$

-plasticitné

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0,89 \leq 1,0 \quad \text{- Vyhovuje}$$

4.12.2 Posúdenie zvislice na MSP (obmedzenie napätí)



Priebeh vnútorných síl na najviac namáhanej krajnej zvislici : a) N, b) My, c) Mz

Rozmery prierezu:

D = 110 mm

t = - mm

A = 0,0095 m²

A = 9498 mm²

A_v = 0,0081 m²

A_v = 8140 m²

Prierezové veličiny:

I_y = 7E+06 mm⁴ = 7E-06 m⁴

I_z = 7E+06 mm⁴ = 7E-06 m⁴

W_{el,y} = 127900 mm³ = 0,0001 m³

W_{el,z} = 127900 mm³ = 0,0001 m³

W_{pl,y} = 218340 mm³ = 0,0002 m³

W_{pl,z} = 218340 mm³ = 0,0002 m³

i_y = 27 mm = 0,027 m

i_z = 27 mm = 0,027 m

I_t = 1E+07 mm⁴ = 1,4E-05 m⁴

• Charakteristické zaťaženie pre posúdenie prierezu

$N_{ed} =$	1228,3 kN	$V_{y,ed} =$	11,08 kN	$M_{y,ed} =$	1,7 kNm
$T_{ed} =$	0 kNm	$V_{z,ed} =$	1,27 kN	$M_{z,ed} =$	13,45 kNm

• Odolnosť prierezu

-plastická

$N_{Rd} =$	2802 kN
$M_{y,Rd} =$	64,41 kNm
$M_{z,Rd} =$	64,41 kNm
$M_{N,y,Rd} =$	48,56 kNm
$M_{N,z,Rd} =$	48,56 kNm
$V_{pl,Rd} =$	1386,4 kN

$n = 0,44$

-pružnostná

$N_{Rd} =$	2802 kN
$M_{y,Rd} =$	37,73 kNm
$M_{z,Rd} =$	37,73 kNm
$T_{Rd} =$	77,02 kNm

• Posúdenie prierezu

-celkový ohybový moment

$$M_{Ed} = \sqrt{(M_{y,ed}^2 + M_{z,ed}^2)} = 13,56 \text{ kNm}$$

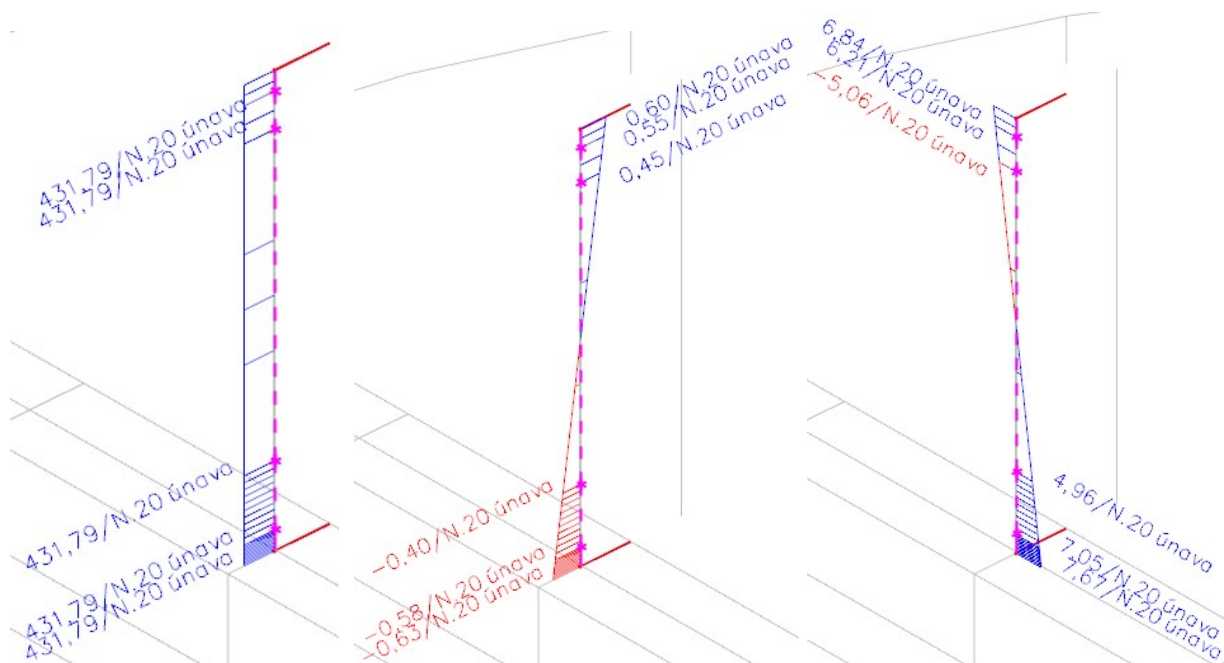
-pružnostné

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0,80 \leq 1,0 \quad \text{- Vyhovuje}$$

-plasticitné

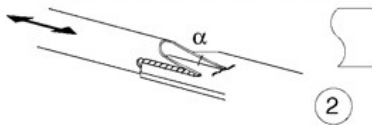
$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = 0,65 \leq 1,0 \quad \text{- Vyhovuje}$$

4.12.3 Posúdenie prípoja zvislice na únavu



Priebeh vnútorných síl na najviac namáhanej krajnej zvislici : a) N , b) M_y , c) M_z

Posudzovaný konštrukčný detail: Pozdĺžne zvary pripájajúce styčnickový plech na zvislicu



Prierezová plocha zvislice $A = 9500 \text{ mm}^2$

Sklon zrezania $\alpha = 16^\circ$

Dynamický súčiniteľ:

$$L_\phi = 13,2 \text{ m} \Rightarrow \phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,82 = 1,24 \left[\begin{array}{l} > 1,00 \\ < 1,67 \end{array} \right] \phi_2 = 1,24$$

Súčiniteľ ekvivalentného poškodenia: $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{\max} = 1,4$

- dĺžka vplyvovej čiary:	13,2 m	}	$\Rightarrow \lambda_1 = 0,80$	}	$\lambda = 0,59$
typ dopravy:	EC mix				
- objem dopravy za rok:	$30 \cdot 10^6 \text{ t/koľaj}$	$\Rightarrow \lambda_2 = 1,04$			
- návrhová životnosť:	100 rokov	$\Rightarrow \lambda_3 = 1,00$			
- počet koľají na moste:	2	$\Rightarrow \lambda_4 = 0,71$			
pomer rozkmitov $a = \Delta\sigma_1 / \Delta\sigma_{1+2} =$	0,5				
podiel dopravy stretávajúcej sa na moste $n = 12 \%$					

Odolnosť proti vzniku trhliny v styčnickovom plechu (\approx normálových napätí vo zvislici) - det. 2

Referenčný rozkmit normálového napätia vo zvislici: $\Delta\sigma_p = 84,4 \text{ MPa}$

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia vo zvislici:

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_p = 0,59 \cdot 1,24 \cdot 84,40 = 61,66 \text{ MPa}$$

Únavová odolnosť posudzovaného detailu:

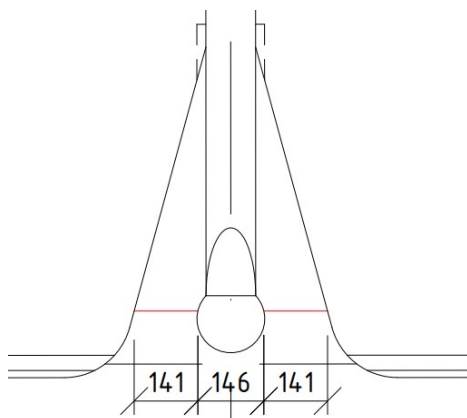
Sklon zárezu $< 45^\circ \Rightarrow$ Kategória detailu: **71** $\Rightarrow \Delta\sigma_C = 71 \text{ MPa}$

Parciálny súčiniteľ únavovej pevnosti: $\gamma_{Mf} = 1,15$

Posúdenie: $\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} = \frac{1,0 \cdot 61,66}{71 / 1,15} = 0,999 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$

4.12.4 Posúdenie styčnickového plechu na MSÚ

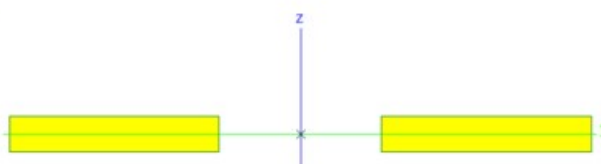
Posudzuje sa najviac namáhaný prierez styčnickového plechu krajnej zvislice v mieste kruhového výrezu.



Posudzovaný prierez styčnickového plechu

Vstupné údaje :

$E =$	210000 MPa	$\gamma_{M0} =$	1,0
$G =$	81000 MPa	$\gamma_{M1} =$	1,0
$f_y =$	355 MPa		



Rozmery prierezu:

$B =$	428 mm
$t =$	24 mm
$A =$	0,0068 m ²
$A =$	6768 mm ²
$A_{vy} =$	0,0068 m ²
$A_{vy} =$	6768 mm ²
$A_{vz} =$	0,0068 m ²
$A_{vz} =$	6768 mm ²

Prierezové veličiny:

$I_y =$	324860 mm ⁴	=	3,2E-07 m ⁴
$I_z =$	1E+08 mm ⁴	=	1,2E-04 m ⁴
$W_{el,y} =$	27072 mm ³	=	2,7E-05 m ³
$W_{el,z} =$	703650 mm ³	=	7,0E-04 m ³
$W_{pl,y} =$	40608 mm ³	=	4,1E-05 m ³
$W_{pl,z} =$	971210 mm ³	=	9,7E-04 m ³
$i_y =$	7 mm	=	0,007 m
$i_z =$	149 mm	=	0,149 m
$I_t =$	1E+06 mm ⁴	=	1,2E-06 m ⁴

• Návrhové zaťaženie pre posúdenie prierezu

$N_{ed} =$	1693,67 kN	$V_{y,ed} =$	15,1 kN	$M_{y,ed} =$	3,17 kNm
$T_{ed} =$	0 kNm	$V_{z,ed} =$	2,05 kN	$M_{z,ed} =$	25,47 kNm

• Odolnosť prierezu

-plastická

$N_{Rd} =$	2403 kN
$M_{y,Rd} =$	14,42 kNm
$M_{z,Rd} =$	344,78 kNm
$M_{N,y,Rd} =$	6,46 kNm
$M_{N,z,Rd} =$	154,51 kNm
$V_{pl,Rd} =$	1387,2 kN

$$n = 0,70$$

-pružnostná

$N_{Rd} =$	2403 kN
$M_{y,Rd} =$	9,61 kNm
$M_{z,Rd} =$	249,80 kNm
$T_{Rd} =$	1,9248 kNm

• Posúdenie prierezu

-pružnostné	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} =$	1,14	\leq	1,0	- Nevyhovuje
-plasticitné	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} =$	0,999	\leq	1,0	- Vyhovuje

4.12.5 Posúdenie styčného plechu na MSP (obmedzenie napätí)

• Hodnota charakteristických vnútorných síl pre posúdenie prierezu

$N_{ed} =$	1226,1 kN	$V_{y,ed} =$	11,08 kN	$M_{y,ed} =$	2,23 kNm
$T_{ed} =$	0 kNm	$V_{z,ed} =$	1,44 kN	$M_{z,ed} =$	18,69 kNm

• Posúdenie prierezu

-pružnostné	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} =$	0,82	\leq	1,0	- Vyhovuje
-------------	---	------	--------	-----	------------

4.12.6 Posúdenie prípoja styčného plechu na únavu

Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

Referenčný rozkmit normálového napätia $\Delta\sigma_p = 106,95$ MPa

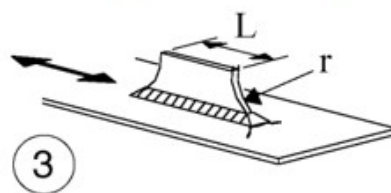
Dynamický súčiniteľ:

$$L_\phi = 33,0 \text{ m} \Rightarrow \phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,82 = 1,08 \left\{ \begin{array}{l} > 1,00 \\ < 1,67 \end{array} \right\} \phi_2 = 1,08$$

Súčiniteľ ekvivalentného poškodenia: $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{\max} = 1,4$

- dĺžka vplyvovej čiary:	33,0 m	} $\Rightarrow \lambda_1 = 0,64$	} $\lambda = 0,54$	
typ dopravy:	EC mix			
- objem dopravy za rok:	$30 \cdot 10^6$ t/koľaj	$\Rightarrow \lambda_2 = 1,04$		
- návrhová životnosť:	100 rokov	$\Rightarrow \lambda_3 = 1,00$		
- počet koľají na moste:	2	} $\Rightarrow \lambda_4 = 0,80$		
pomer rozkmitov $a = \Delta\sigma_1/\Delta\sigma_{1+2} =$	0,75			
podiel dopravy stretávajúcej sa na moste n	12 %			

Posudzovaný konštrukčný detail: Prípoj styčného plechu zvislice na hornú pásnicu



Ekvivalentný rozkmit normálového napätia:

Referenčný rozkmit normálového napätia $\Delta\sigma_p = 107,0 \text{ MPa}$

$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_p = 0,54 \cdot 1,08 \cdot 106,95 = 61,95 \text{ MPa}$$

Únavová odolnosť posudzovaného detailu:

Kategória detailu: 80 $\Rightarrow \Delta\sigma_C = 80 \text{ MPa}$

Prípoj dolnej pásnice priečnej výstuhy na dolnú pásnicu trámu (šírky 1000 mm) vyhotoviť so zaoblením s polomerom $r = 150 \text{ mm}$.

Posúdenie:

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} = \frac{1,0 \cdot 61,95}{80 / 1,15} = 0,891 < 1,0 \Rightarrow \text{Vyhovuje!}$$

4.12.7 Posúdenie zvislice na odtrhávajúce vírov

Posudzovaná bola najkritickejšia, najdlhšia stredná zvislica. Prvý vlastný tvar kmitania dosahuje frekvenciu $f = 4,80 \text{ Hz}$.

4.12.7.1 Výpočet deformácie a zaťaženia na zvislicu od odtrhávajúce vírov

Kategória terénu II $z_0 = 0,050 \text{ m}$ $z_{0,II} = 0,050 \text{ m}$
 $z_{\min} = 2 \text{ m}$ $z_{\max} = 200 \text{ m}$

Súčiniteľ terénu $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19$

Výška nad terénom $z = 17 \text{ m}$ OK

Súčiniteľ drsnosti $c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ pre $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$
 $c_r(z) = c_r(z_{\min})$ pre $z \leq z_{\min}$

$c_r(z) = 1,1075$ $c_0(z) = 1,0$

Fundamentálna hodnota základnej rýchlosti vetra $v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$

Charakteristická 10 minútová stredná rýchlosť vetra:

$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$ $v_m(z) = 28,79 \text{ m/s}$

Referenčná šírka priečného rezu $b = 0,11 \text{ m}$

Vlastná frekvencia i-teho ohybového tvaru kmitania: $i = 1$
 $n_{i,y} = 4,80 \text{ Hz}$

Strouhalovo číslo $St = 0,18$ (kruhový prierez)

Kritická rýchlosť vetra $v_{\text{crit},i} = \frac{b \cdot n_{i,y}}{St} = 2,9 \text{ m/s} < 1,25 \cdot v_m = 35,99 \text{ m/s}$

Účinok odtrhávania vírov treba skúmať!

Kinematická viskozita vzduchu $\nu = 1,50 \text{E-}05 \text{ m}^2/\text{s}$

Reynoldsovo číslo: $Re(v_{\text{crit},i}) = \frac{b \cdot v_{\text{crit},i}}{\nu} = 2,15 \text{E+}04$

Zotrvačná sila na jednotku dĺžky $F_w(s) = m(s) \cdot (2 \cdot \pi \cdot n_{i,y})^2 \cdot \Phi_{i,y}(s) \cdot y_{F,\max}$

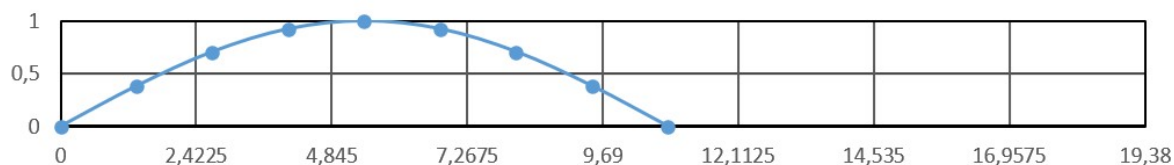
Hmotnosť konštrukcie na jednotku dĺžky: $m(s) = 75,51 \text{ kg/m}$

Dĺžka zvislice: $l_1 = 10,85 \text{ m}$

Vlastný tvar kmitania konštrukcie normalizovaný na 1 v mieste maximálneho premiestnenia

- mäkký smer (v rovine oblúka) $\Phi_{i,y}(s) = \sin\left(\pi \cdot \frac{s}{\ell}\right)$

s	0	1,35625	2,7125	4,06875	5,425	6,78125	8,1375	9,49375	10,85
$\Phi_{i,y}(s)$	0	0,382683	0,707107	0,92388	1	0,92388	0,707107	0,382683	0



Najväčšie premiestnenie $y_{F,max}$

$$\frac{y_{F,max}}{b} = \frac{1}{St^2} \cdot \frac{1}{Sc} \cdot K \cdot K_w \cdot c_{lat}$$

Scrutonovo číslo $Sc = \frac{2 \cdot \delta_s \cdot m_{i,e}}{\rho \cdot b^2}$ $Sc = 99,85$

logaritmický dekrement konštrukčného tlmenia

$$\delta_s = 0,01$$

ekviv. hmotnosť m_e na jednotku dĺžky pre tvar i $m_{i,e}$

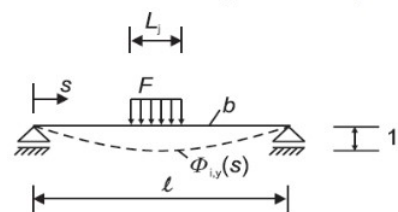
$$m_{i,e} = 75,51 \text{ kg/m}$$

hustota vzduchu v podmienkach odtrhávania vírov

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$m_e = \frac{\int_0^\ell m(s) \cdot \Phi_1^2(s) ds}{\int_0^\ell \Phi_1^2(s) ds}$$

Súčiniteľ efektívnej korelačnej dĺžky K_w a súčiniteľ vlastného tvaru K



$$K_w = \cos \left[\frac{\pi}{2} \cdot \left(1 - \frac{L_j/b}{\lambda} \right) \right] = 0,0954$$

$$K = 0,10 \quad \lambda = \ell/b = 98,636$$

Korelačná dĺžka L_j ako funkcia amplitúdy kmitania $y_F(s_j)$

$y_F(s_j)/b$	L_j/b
< 0,1	6
0,1 to 0,6	$4,8 + 12 \cdot \frac{y_F(s_j)}{b}$
> 0,6	12

$$j = 1$$

$$y_F(s_j)/b = \frac{0,00023}{0,11} = 0,0021$$

$$L_j/b = 6$$

Súčiniteľ bočnej sily c_{lat}

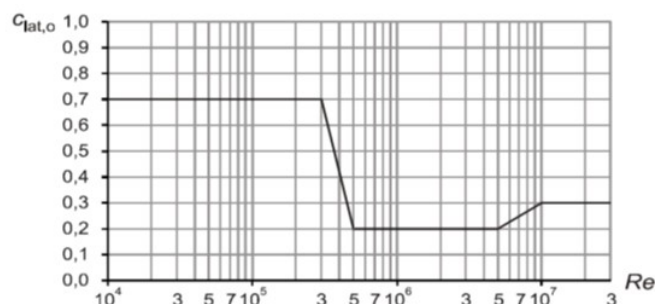
Základná hodnota súčiniteľa bočnej sily

$$R_e = 2,15E+04 \Rightarrow c_{lat,0} = 0,700$$

$$v_{crit,i} = 2,93 \text{ m/s}$$

$$v_{m,Lj} = 28,79 \text{ m/s}$$

$$\frac{v_{crit,j}}{v_{m,Lj}} = 0,1019 \Rightarrow c_{lat} = 0,700$$

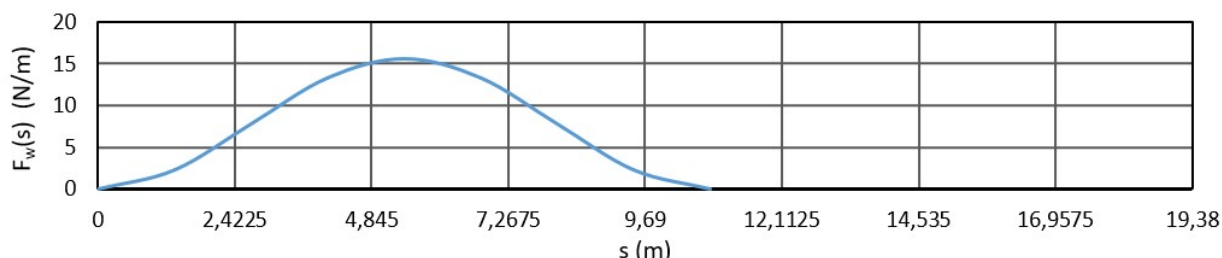


$$\frac{y_{F,max}}{b} = \frac{1}{St^2} \cdot \frac{1}{Sc} \cdot K \cdot K_w \cdot c_{lat}$$

$$\frac{y_{F,max}}{b} = 0,0021 \Rightarrow y_{F,max} = 0,00023 \text{ m}$$

$$F_w(s) = m(s) \cdot (2 \cdot \pi \cdot n_{i,y})^2 \cdot \Phi_{i,y}(s) \cdot y_{F,max} \quad (\text{N/m})$$

s	0	1,35625	2,7125	4,06875	5,425	6,78125	8,1375	9,49375	10,85
$\Phi_{i,y}(s)$	0	0,146447	0,5	0,853553	1	0,853553	0,5	0,146447	0
$F_w(s)$	0	2,28405	7,798235	13,31242	15,59647	13,31242	7,798235	2,28405	0



Počet zaťažovacích cyklov N zapríčinený priečnym rezonančným kmitaním od odtrhávania vírov

Životnosť v sekundách

$$T = 3,2 \cdot 10^7 \times 100 \text{ rokov} = 3,20\text{E}+09 \text{ s}$$

Súčiniteľ šírky pásma kmitania indukovaného odtrhávaním vírov

$$\varepsilon_0 = 0,3$$

$\sqrt{2}$ násobok modálnej hodnoty Weibullovo rozdelenia

$$v_0 = 5,76 \text{ m/s}$$

pravdepodobnosti rýchlosti vetra [m/s] - približne 20% z $v_m(z)$

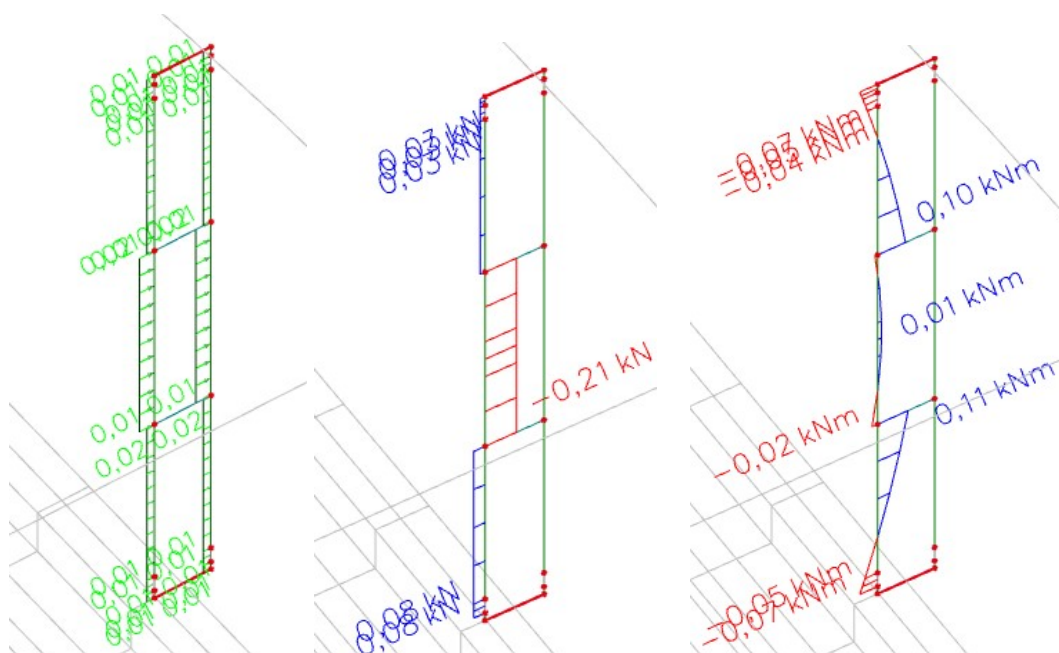
$$N = 2 \cdot T \cdot n_y \cdot \varepsilon_0 \cdot \left(\frac{v_{crit}}{v_0} \right)^2 \cdot \exp \left(- \left(\frac{v_{crit}}{v_0} \right)^2 \right) = 3,10\text{E}+09 > N_{min} = 2,00\text{E}+06$$

$$N = 3,10\text{E}+09$$

Výsledná maximálna deformácia pri kritickej rýchlosti vetra je 0,23 mm.

4.12.7.2 Vnútorne sily vo zvislici od odtrhávania vírov

Stredová zvislica bola zaťažená spojitým zaťažením vytvárajúcim rovnakú deformáciu aká bola vypočítaná v predchádzajúcom odseku. Na obrázku je znázornené



Zaťaženie, osová sila a ohybový moment od odtrhávania vírov

Ako je možné vidieť, výsledné vnútorné sily vznikajúce od odtrhávania vírov dosahujú veľmi malé hodnoty a majú zanedbateľný vplyv na odolnosť a únavové namáhanie zvislice a jej prípoja.

4.13 ZÁVER POSUDKU NOSNEJ KONŠTRUKCIE

Na základe princípu a posudzovania podľa nových platných noriem **Eurokódov** a na základe posudkov počas posudzovania konštrukcie môžeme konštatovať, že

Únosnosť prierezov a prvkov

všetky prvky $Z_{UIC} > 1,01$ (kritický je prierez styčného plechu zvislice)

Ak rozhoduje únava je zaťažiteľnosť kritických prvkov:

pozdĺžne výstuhy:	$Z_{UIC} = 1,04$
priečne výstuhy:	$Z_{UIC} = 1,01$
trám:	$Z_{UIC} = 1,26$
zvislica:	$Z_{UIC} = 1,01$

Z hľadiska posúdených deformácií mosta je zaťažiteľnosť mosta limitovaná

pozdĺžne výstuhy: $Z_{UIC} = 1,06$ (rozhodujú deformácie hrany za ložiskom pri opore)

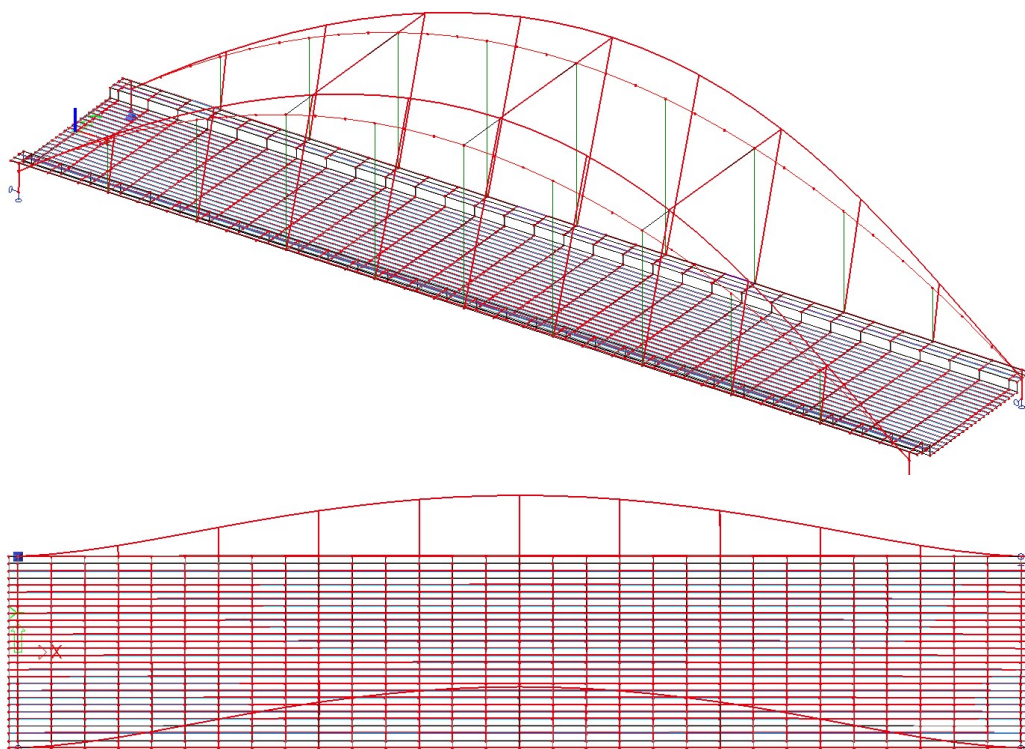
5 ĎALŠIE POŽADOVANÉ OVERENIA

5.1 DYNAMICKÁ ANALÝZA KONŠTRUKCIE

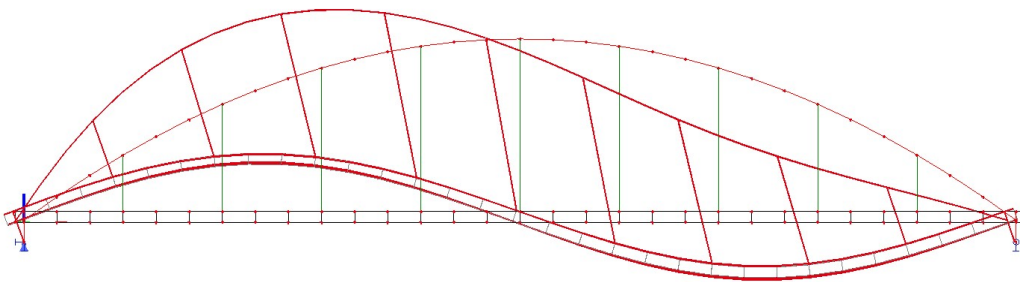
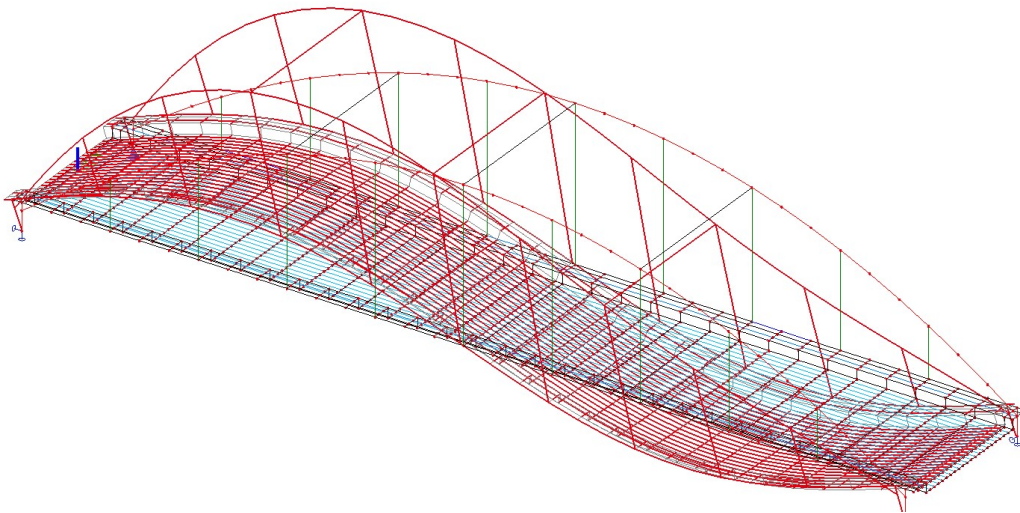
5.1.1 Vlastné tvary kmitania

Analýza výpočtového modelu bola urobená v programovom prostredí SCIA Engineer. Uvádzame len vlastné tvary konštrukcie bez dopravného zaťaženia.

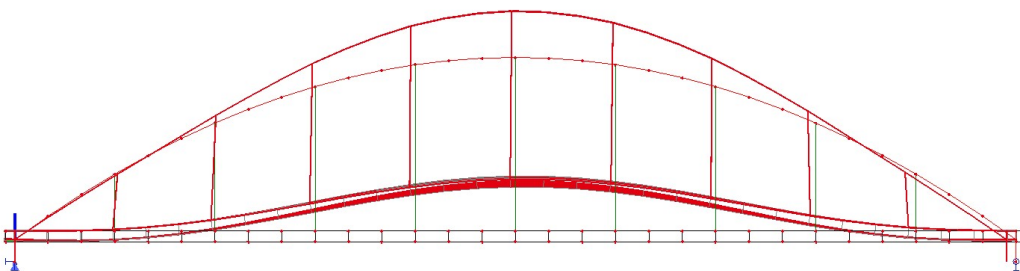
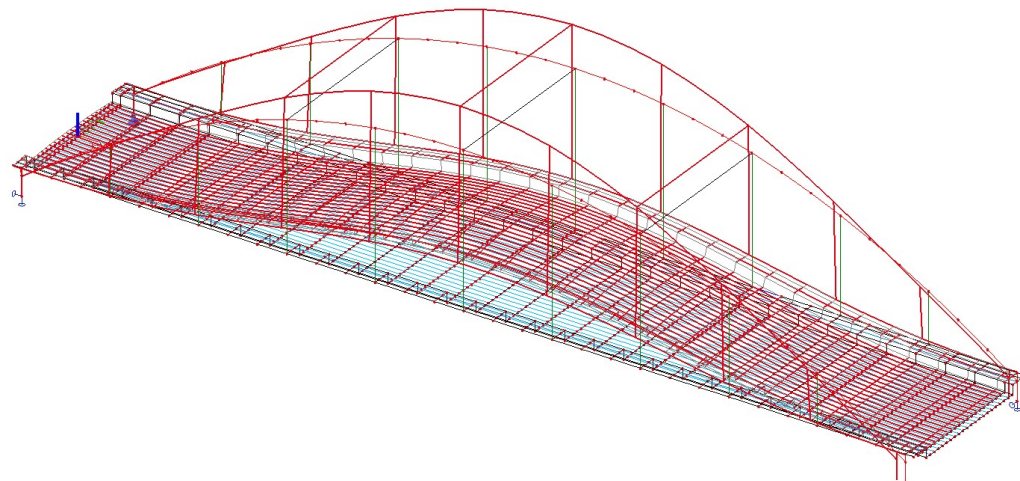
Mód kmitania	f [Hz]	ω [s ⁻¹]	ω^2 [s ⁻²]	T [s]
1	1,26	7,94	62,97	0,79
2	1,91	12,02	144,37	0,52
3	2,97	18,69	349,27	0,34
4	3,20	20,09	403,42	0,31
5	3,37	21,17	447,99	0,30
6	3,95	24,80	615,24	0,25
7	4,09	25,71	661,08	0,24
8	5,44	34,18	1167,98	0,18
9	5,75	36,13	1305,58	0,17
10	6,77	42,55	1810,51	0,15



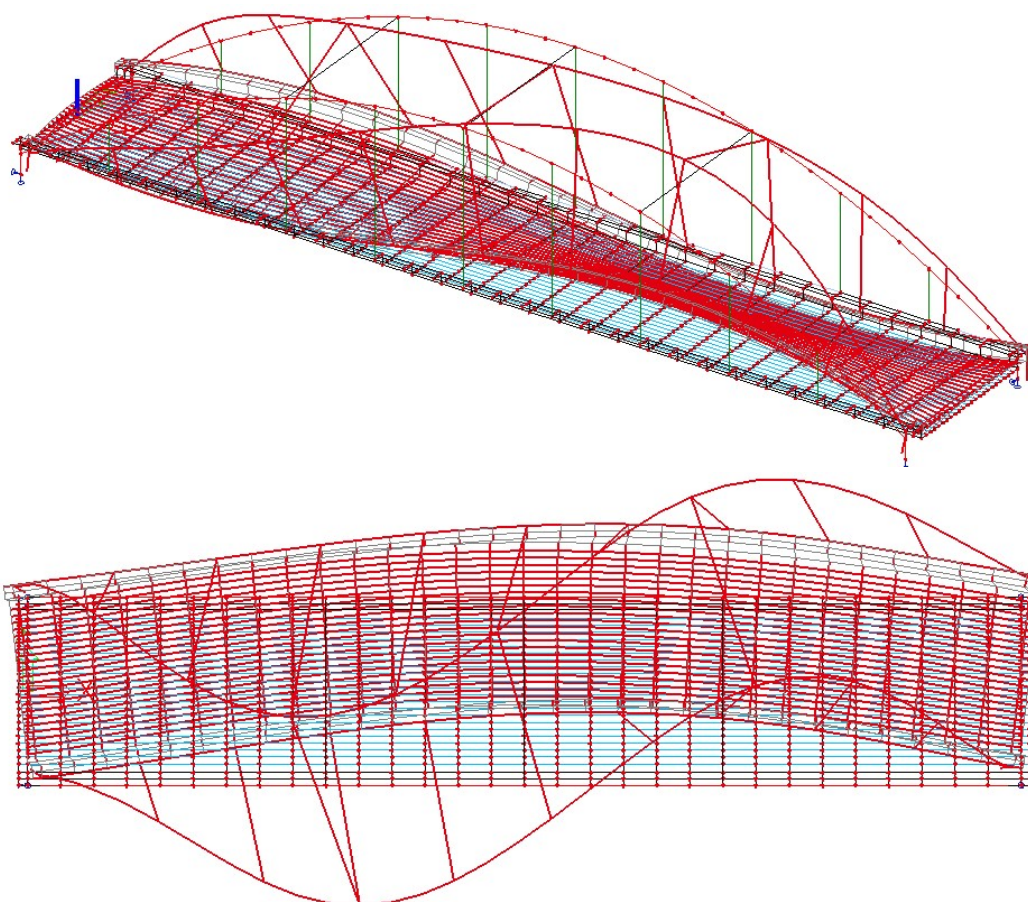
1. vlastný mód kmitania - $f_1 = f_{obluk} = 1,26$ Hz



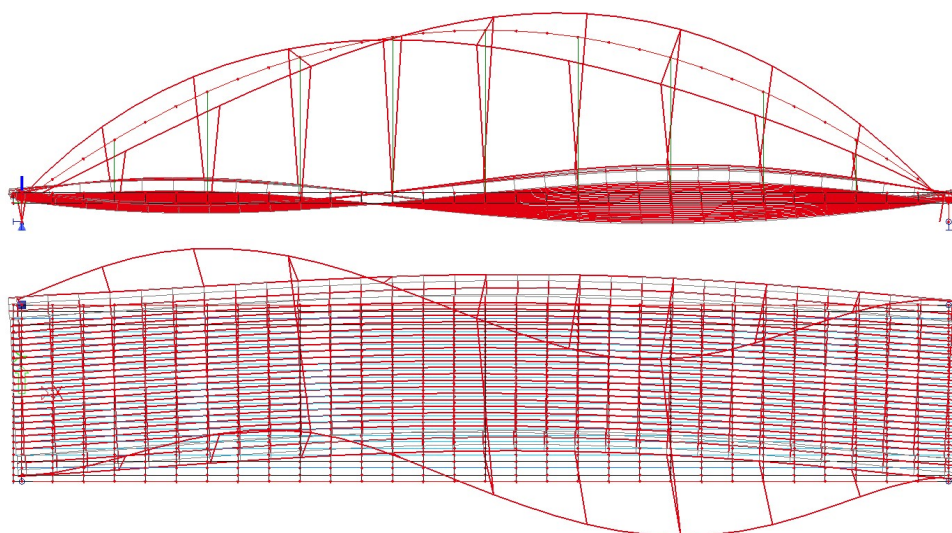
2. vlastný mód kmitania - $f_2 = f_{1.\text{vertik}} = 1,91 \text{ Hz}$



3. vlastný mód kmitania - $f_3 = f_{2.\text{vertik}} = 2,97 \text{ Hz}$



4. vlastný mód kmitania - $f_4 = f_{1,\text{horizont}+\text{torz}} = 3,20 \text{ Hz}$



5. vlastný mód kmitania - $f_5 = 3,37 \text{ Hz}$

Je zrejmé, že prvý tvar kmitania, reprezentuje priečne kmitanie oblúkov. Prvá vlastná frekvencia zvislého ohybového kmitania je tak 1,91 Hz.

Vodorovné kmitanie mostovky (spojené s torzným kmitaním) sa objavuje u o niečo vyšších frekvencií (4 tvar kmitania s frekvenciou 3,20 Hz, pričom je spojený s priečnymi tvarmi kmitania oblúkov. Podmienka,

aby kmitanie mostovky vo vodorovnom smere malo hodnotu vyššiu ako je limitná hodnota $f_{h0} = 1,2$ Hz (STN EN 1990/A2) je bezpečne splnená.

5.1.2 Overenie potreby dynamickej analýzy

Overenie je realizované na základe čl. 6.4.4. v STN EN 1991-2.

návrhová rýchlosť	V	=	160	km/h	v	=	44,44	m/s
typ konštrukcie								jednoducho uložená konštrukcia
rozpätie konštrukcie	L	=	66,00	m				
vlastná frekvencia kmitania (ohybová)	η_0	=	1,91	Hz				
vlastná frekvencia kmitania (krútiaca)	η_T	=	3,37	Hz				

horná medza vlastnej frekvencie	η_0	=	4,127	Hz
dolná medza vlastnej frekvencie	η_0	=	1,974	Hz

frekvencia v limite nie → príloha F v STN EN 1991-2

príloha F	$1,2 \cdot \eta_0$	=	2,292	Hz	použitie prílohy F je možné
	η_T	=	3,370	Hz	

$L > 50,0$ m →	v/η_0	=	23,269	m	
	$(v/\eta_0)_{lim}$	=	19,17	m	dynamická analýza je nutná

Tvary aj frekvencie naznačujú štandardné pôsobenie nosnej konštrukcie mosta. Návrhová rýchlosť trate 160 km/h je tak bezpečná z hľadiska dynamického pôsobenia.

Dynamický výpočet sa odporúča len v prípadoch vysokých rýchlostí nad 200 km/h. Mostný objekt je osadený v staničnom obvode žst. Liptovský Hrádok, dosiahnutie tak vysokých rýchlostí je preto nereálne.

5.2 POSÚDENIE SEIZMICITY

Lokalita	Liptovský Hrádok
Kategória podložia	A skálne podložie alebo iná geologická formácia, ktorá môže obsahovať najviac 5 m menej tuhého materiálu v povrchovej vrstve

Trieda významnosti mosta II väčšina bežných cestných a železničných mostov

referenčné špičkové seizmické zrýchlenie podložia A	a_{gR}	=	0,63	m/s ²
súčiniteľ podložia	S	=	1,00	
návrhové seizmické zrýchlenie podložia	a_g	=	0,63	m/s ²
súčiniteľ významnosti	γ_f	=	1,00	(pre $\gamma_f > 1,00$ je potrebný odborný posudok)

definovanie oblasti seizmicity : oblasť nízkej seizmicity

V oblasti s nízkou seizmicitou a uvažovaným pružným správaním mosta sa môžu pri posúdení seizmicity použiť zjednodušené kritériá. Pri ocelových mostoch navrhnutých na pružné správanie sa musia overiť účinky návrhového zaťaženia v súlade s príslušnými pravidlami STN EN 1993-2, čo bolo preukázané v kap. 4.5 až 4.10.

5.3 POSÚDENIE KOMBINOVANEJ ODOZVY KONŠTRUKCIE A KOĽAJE

typ konštrukcie	jednoducho podopretá jedna nosná konštrukcia oceľová
-----------------	--

použitie prílohy G3 STN EN 1991-2

typ koľajnice	UIC 60 (pevnosť v ťahu min. 900 MPa)
typ podvalov	ťažké betónové podvaly
maximálne rozostupy podvalov	600 mm
min. hrúbka koľajového lôžka pod podvalom	340 mm

dilatačná dĺžka mosta	L_T	=	66,00	m
pozdĺžny posun horného okraja NK	δ	=	2,84	mm
tuhosť opory v pozdĺžnom smere	K	=	20,00	MN/m
maximálna dilatačná dĺžka mosta	$L_{T,max}$	=	69,50	m

Bod (L_T , δ) opisujúci dilatačnú dĺžku nosnej konštrukcie mosta a pozdĺžny posun konca nosnej konštrukcie mosta spôsobený zvislým zaťažením leží pod zodpovedajúcou krivkou prislúchajúcej pozdĺžnej tuhosti spodnej stavby K. Maximálne prípustné prídavné napätia v koľaji sú vyhovujúce.

6 LOŽISKÁ A REAKCIE NA SPODNÚ STAVBU

6.1 ZAŤAŽENIE LOŽÍSK

Globálne extrémny v jednotlivých ložiskách na oporách

Podpera	Stav	Rx	Ry	Rz	Podpera	Stav	Rx	Ry	Rz
		[kN]	[kN]	[kN]			[kN]	[kN]	[kN]
Sn7	N,26/1	-1716,5	0,0	11952,5	Sn5	G,1/3	0,0	6,6	6419,9
Sn7	N,36/2	702,3	0,0	8591,3	Sn5	M/4*_47/6	0,0	-758,9	9303,2
Sn7	G,1/3	-34,8	0,0	6346,7	Sn5	R_9/7	0,0	66,1	11258,6
Sn7	_G,9/4	-474,1	0,0	3267,2	Sn5	G,11/8	0,0	4,9	3381,0
Sn7	R_16/5	-747,5	0,0	12431,8	Sn5	N,26/1	0,0	-571,7	13077,8
Sn6	N,43/9	-710,0	-132,8	9195,1	Sn8	G,1/3	0,0	0,0	6349,5
Sn6	N,18/10	1724,6	-868,2	13139,9	Sn8	_G,9/4	0,0	0,0	3304,8
Sn6	R_25/11	264,5	-1160,5	13609,8	Sn8	N,26/1	0,0	0,0	12072,6
Sn6	M/4*_37/12	-84,8	16,1	5381,2					
Sn6	G,11/8	25,8	-4,9	3383,1					
Sn6	R_17/13	1206,1	-1157,1	13638,8					

Globálne výslednice reakcií na opore s pozdĺžne pevnými ložiskami

Výsled. podpôr	Stav	Rx	Ry	Rz	Mx	My	Mz
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
Sn7+Sn6 (spolu)	N,6/14	1890,6	-128,8	23904,4	4262,8	0,0	-3150,4
	N,13/15	-1890,6	-134,6	23787,6	4261,0	0,0	-3054,4
	M/4*_37/12	0,0	16,1	10742,3	125,3	0,0	1059,6
	R_25/11	-937,7	-1160,5	25960,5	7869,8	0,0	-9166,1
	R_18/16	1875,3	-958,9	26047,4	7453,7	0,0	-9318,0
	G,11/8	0,0	-4,9	6709,9	351,7	0,0	-322,5
	N,20/17	945,3	-939,1	24575,7	8017,2	0,0	-9727,1

Globálne výslednice reakcií na opore s pozdĺžne posuvnými ložiskami

Výsled. podpôr	Stav	Rx	Ry	Rz	Mx	My	Mz
		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
Sn5+Sn8 (spolu)	G,1/3	0,0	6,6	12769,4	440,2	0,0	0,0
	R_9/7	0,0	66,1	22531,6	-90,4	0,0	0,0
	M/4*_47/6	0,0	-758,9	17616,7	6185,4	0,0	0,0
	N,26/1	0,0	-571,7	25150,4	6282,5	0,0	0,0
	G,11/8	0,0	4,9	6709,9	326,1	0,0	0,0
	M/4*_20/18	0,0	-713,4	22768,3	7917,4	0,0	0,0
	M/2*_37/19	0,0	50,5	14104,9	-679,5	0,0	0,0

Zo statického výpočtu vyvstali tieto maximálne návrhové reakcie na jedno ložisko:

návrhové hodnoty v zmysle EN

a vyčíslené sú aj

charakteristické hodnoty

$$R_{z,d,max} = 13639 \text{ kN}$$

$$R_{z,k,max} = 9490 \text{ kN}$$

$$R_{z,d,min} = 3267 \text{ kN}$$

$$R_{z,k,min} = 4023 \text{ kN}$$

$$R_{x,d,max} = 1725 \text{ kN}$$

$$R_{x,k,max} = 1318 \text{ kN}$$

$$R_{y,d,max} = 1161 \text{ kN}$$

$$R_{y,k,max} = 648 \text{ kN}$$

6.2 VÝPOČET DILATÁCIÍ

- dilatácia vplyvom priehybu a statického pôsobenia - v mieste uloženia na ložiská

$$\Delta L_{x,d} = 33,2 \text{ mm} \quad (\Delta L_{x,k} = 23,4 \text{ mm})$$

- dilatácia vplyvom zmeny teploty konštrukcie (v mieste ložiska)

$$t_{\max} = 45^{\circ}\text{C} \quad \text{maximálna teplota}$$

$$t_{\min} = -35^{\circ}\text{C} \quad \text{minimálna teplota}$$

$$t_{\text{mont}} = 10^{\circ}\text{C} \quad \text{základná montážna teplota}$$

$$\Delta T = t_{\max} - t_{\text{mont}} = 45^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} \quad \Delta T = 35^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha_T = 1,2 \cdot 10^{-5} ; L = 66 \text{ m}$$

$$\text{Predĺženie: } \Delta L_{T,k} = \Delta T \cdot \alpha_T \cdot L = 35 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 66000 = 27,7 \text{ mm}$$

$$\text{návrhová hodnota: } \Delta L_T = 27,7 \cdot 1,5 = 41,6 \text{ mm}$$

$$\text{Skrátenie: } \Delta L_T = \Delta T \cdot \alpha_T \cdot L = 45 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 66000 = 35,6 \text{ mm}$$

$$\text{návrhová hodnota: } \Delta L_T = 35,6 \cdot 1,5 = 53,5 \text{ mm}$$

- dilatácia vplyvom trenia konštrukcie - približne

$$h = 250 \text{ mm} - \text{predpokladaná výška ložiska}$$

$$\mu = 0,02$$

$$T = R_z \cdot \mu = 13639 \cdot 0,02 = 273 \text{ kN}$$

$$\Delta L_{fr,d} = \Delta L_{fr,k} = T \cdot (h/R_z) = 273 \cdot (250/13639) = 5,0 \text{ mm}$$

$$\text{Návrhové predĺženie: } \Delta L_d = \Delta L_{x,d} + \Delta L_{T,d} + \Delta L_{fr,d} = 33,2 + 41,6 + 5,0 = \mathbf{79,8 \text{ mm}} \quad (\Delta L_k = 56,1)$$

$$\text{Návrhové skrátenie: } \Delta L_d = \Delta L_{T,d} + \Delta L_{fr,d} = 53,5 + 5,0 = \mathbf{58,5 \text{ mm}} \quad (\Delta L_k = 40,6)$$

Ložisko musí zabezpečiť aj pootočenie – zo statického výpočtu vyplynula návrhová hodnota

$$\text{Pootočenie} \quad f_d = \mathbf{9,3 \text{ mrad}} \quad (f_k = 7).$$

6.3 NÁVRH LOŽÍSK - POŽIADAVKY NA LOŽISKÁ

Označenie ložísk		Reakcie v KN				Deformácie vzťahnuté k referenčnej teplote +20°C		
		Zvislé		Pozdĺž mosta	Priečne	Posuny [mm]		Pootočenie v [mrad]
		$R_{z,\max}$	$R_{z,\min}^*$	$R_{x,\max}$	$R_{y,\max}$	$u_{x,\max}$	$u_{y,\max}$	$f_{y,\max}$
Ložisko		Návrhové (výpočtové) hodnoty od kombinácií podľa EN						
MOST 66 m	TF	13700	3250	1750	1200	-	-	10
	TGeq	13700	3250	1750	-	-	± 17	10
	TGe	13700	3250	-	1200	+ 80 (-57)	-	10
	TGa	13700	3250	-	-	+ 80 (-57)	± 17	10
Ložisko		Charakteristické (normové) hodnoty od kombinácií podľa EN						
MOST 66 m	TF	9500	4000	1350	650	-	-	7
	TGeq	9500	4000	1350	-	-	± 13	7
	TGe	9500	4000	-	650	+ 59 (-41)	-	7
	TGa	9500	4000	-	-	+ 59 (-41)	± 13	7

* $R_{z,\min}$ vznikla vo všetkých prípadoch od kombinácií bez dopravy (teda stále účinky s nízkou výškou koľajového lôžka + prípadný vietor na konštrukciu)

Navrhujeme ložiská **RAISNER & WOLF (RW)**. Vzhľadom na veľké vodorovné sily musia byť však výrobné **atypické**. Atypické ložiská boli navrhnuté v spolupráci s pracovníkmi uvedenej firmy špeciálnymi výpočtovými postupami, ktorými táto spoločnosť disponuje. Ložiská spĺňajú všetky požiadavky. Parametre navrhnutých ložísk sú vyobrazené v **Prílohe 7 k TS**. Týmto rozmerom sú prispôbosené úložné prahy aj konštrukčné detaily koncov oceľových nosníkov. Rozmiestnenie ložísk - vid' výkresová dokumentácia. Pracovné označenie ložísk je na základe návrhovej zvislej reakcie, teda **TF 13700, TGeq 13700, TGe 13700, TGa 13700**. Z každého typu ložiska bude potrebné vyrobiť 1 kus.

6.4 POSÚDENIE UKOTVENIE LOŽÍSK

Počítame s úložnými doskami pod a nad ložiskom z materiálu hrúbky 40 mm.

Privarenie ložísk o úložné dosky

Navrhujeme kútový zvar (prípadne adekvátny tupý zvar) účinnej výšky **a = 6 mm**.

Minimálna únosnosť **jedného metra** takéhoto zvaru je

$$F_{w,Rd,bm} = f_{w,Rd} \cdot a \cdot 1,0 = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot a \cdot 1,0 = \frac{510000}{\sqrt{3} \cdot 0,9 \cdot 1,25} \cdot 0,006 \cdot 1,0 = 1571 \text{ kN}$$

Uchytenie o dolné pásnice trámov

Navrhujeme pomocou skrutiek **M30-8.8** v min 50 mm od okrajov.

$$\text{strih} \quad F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 561 \cdot 10^{-6}}{1,25} = 215,4 \text{ kN} \quad \text{rozhoduje strih}$$

$$\text{otlačenie (40 mm)} \quad F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}} = \frac{2,5 \cdot 0,5 \cdot 510 \cdot 10^3 \cdot 0,030 \cdot 0,040}{1,25} = 612,0 \text{ kN}$$

Uvažujeme tiež trenie v styku oceľ-oceľ podľa STN EN 1993-2 $\mu=0,4$ so súčiniteľom spoľahlivosti $\gamma_\mu=2,0$.

Kotvenie do úložných prahov

Do úložných prahov sú ložiská kotvené osadením úložných dosiek na plastmaltu, pričom trenie v tomto styku uvažujeme bezpečne ako v styku oceľ-betón podľa STN EN 1993-2 $\mu=0,6$ so súčiniteľom spoľahlivosti $\gamma_\mu=1,2$. Zvyšok vodorovných síl prisúdime zárážkam z trňov perimeru 22 m. Použijeme trné NELSON 22/220 s priemerom 22,22 mm z ocele S235, ktoré majú v betóne C30/37 únosnosť 89,3 kN.

Návrh spojovacích prostriedkov pre ložiská

Navrhnuté spoje v kotvení ložiska															
Označenie ložísk		Vodorovné reakcie resp. možné trenie na teflón s $\mu_d=0,038$			Zvar okolo ložiska				Skrutky M 30-8.8			Třne NELSON ϕ 22-350			
					Sila F	únos- nosť bm	min. dĺžka	skutočná dĺžka zvaru		F mínus trenie s $\mu_d=0,20$	únos- nosť 1ks	minim. počet skrutiek	F mínus trenie s $\mu_d=0,50$	únosnosť 1ks	minim. počet třířnov
								dolný	horný						
		$R_{x,max}$	$R_{y,max}$	$R_{z,min}$											
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[m]	[m]	[m]	[kN]	[kN]	[ks]	[kN]	[kN]	[ks]	
TF 13700	1750	1200	3250	2122	1571 (a=6mm) (t=40mm)	1,35	2,45	2,45	1472	215,4	7	497	89,3 (min)	6	
TGeq 13700	1750	513,75	3250	1824		1,16	2,45	3,26	1174		6	199		4	
TGe 13700	513,75	1200	3250	1305		0,83	2,39	3,50	655		4	0		4	
TGa 13700	513,75	513,75	3250	727		0,46	2,23	3,38	77		1	0		4	

6.5 Reakcie na opory

Údaje o zaťažení opory

Zo zostavených kombinácií zaťaženia boli vybrané rozhodujúce kombinácie. Zadávané zaťaženie bolo zadané na celú mostnú oporu ako súčet účinkov na ložiskách R1 a R2.

Reakcie na opore O2					
Ložisko	Pevné ložisko			Priečne posuvné	
Reakcie	Rx	Ry	Rz	Rx	Rz
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
Gmax	35	-7	6440	-35	6364
Gmin	474	-746	3945	-474	3285
Kombi 1	1197	-129	12311	693	11629
Kombi 2	1725	-868	13157	151	12028
Kombi 3	1251	-939	12947	-306	11664
Kombi 4	-159	-875	13100	-1717	11970
Kombi 5	1206	-1157	13656	-268	12397
Kombi 6	264	-1160	13627	-1202	12368
Kombi 7 (s Gmin)	26	-5	3392	-26	3335
Kombi 8 (s Gmin)	-710	-133	9204	-1181	8541

Hodnoty v tabuľke **sú včítane súčiniteľov zaťaženia**.

Reakcie **Rx môžu mať aj opačné znamienko** - naraz na oboch ložiskách

V reakciách je pripočítaná tiaž ložiska - odhadom cca 2,0 tony x 1,35.

Smer "x" je smer pozdĺž mosta - teda priečne na oporu

Smer "y" je smer naprieč mostom - teda v smere dlhšieho rozmeru opory

Reakcie na opore O1 možno uvažovať s tými istými hodnotami, samozrejme na opore O1 je pozdĺžna reakcia pri oboch klzných ložiskách nulová ($R_x = 0,0$ kN)

Parametre návrhu

Mostné opory 1 a 2 sú navrhnuté ako gravitačné opory plošne založené na úrovni štrkovej vrstvy s monolitickými krídlami.

Posúdenie

Posudok spodnej stavby vykonal doc. Ing. Marián Drusa PhD. z Katedry geotechniky, Stavebnej fakulty ŽU a je v nasledujúcej časi statického výpočtu.

7 SPODNÁ STAVBA

Kapitoly 6 a 7 spracoval doc. Ing. Marián Drusa, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta
Katedra geotechniky



7.1 PODKLADY K VÝPOČTOM SPODNEJ STAVBY

Pre vykonané výpočty boli použité údaje o geologickej stavbe a geotechnických vlastnostiach na základe vykonaných podrobných etáp IG prieskumu ako aj doplnkovej etapy prieskumu:

- Kuvík M. a kol. (2007): ŽSR Modernizácia železničnej trate Liptovský Mikuláš – Poprad na rýchlosť do 160 km/h, geotechnický prieskum podvalového podložia. GEOFOS s.r.o., Žilina;
- Kuvík M. a kol. (2010) Záverečná správa doplnkového prieskumu pre Modernizáciu trate Žilina – Košice, úsek trate Liptovský Mikuláš – Poprad Tatry (mimo) – úsek Lipt. Mikuláš – Lipt.Hrádok, Cadeco a.s.

Pre posúdenie opory 1 bola použitá skladba z vrtu LMD-03 a pre oporu 2 z vrtu LMD-02. Hladina podzemnej vody bola uvažovaná ako Q_{100} za oporou s prúdením smerom do koryta na úroveň bežnej hladiny vo vodnom toku.

Digitálna výkresová dokumentácia, údaje o zaťažení základových konštrukcií boli prevzaté od projektanta mostnej konštrukcie – Ing. J. Odrobiňáka, PhD.

Pre výpočty boli použité programy Fine Geo5 - Paženie posudok a Plaxis v.9 od Plaxis B.V. Katedry geotechniky SvF.

7.2 VÝPOČET MOSTNEJ OPORY 01

7.2.1 Vstupné údaje

Projekt

Akce : Modernizácia žel.na rýchlosť do 160 km/h
Část : SO 408.33.08
Popis : Rekonštrukcia mostu cez Belú v nžkm 244,013 (sžkm 247,096)
Autor : doc.Ing.M.Drusa, PhD.
Odběratel : Reming Consult a.s.
Datum : 10. 10. 2012

Geometrie konstrukce

Číslo	Pořadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.00	2.58
3	0.00	5.18
4	0.00	7.18
5	-4.60	7.18
6	-4.60	5.18

Číslo	Pořadnice X [m]	Hloubka Z [m]
7	-3.60	5.18
8	-3.60	2.58
9	-1.20	2.58
10	-1.20	0.00

Počátek [0,0] je v nejhořejším pravém bodu zdi.

Plocha řezu zdi = 21.66 m².

Délka mostní opěry = 10.80 m

Délka základu opěry = 15.00 m

Křídla opěry - prodloužená symetrická

Tloušťka křídla = 1.35 m

Délka křídla za závěr. zídka = 4.20 m

Délka základu křídla = 4.20 m

Šířka základu křídla = 2.35 m

Stupně základu

Číslo	Tloušťka t [m]	Přední výst. a ₁ [m]	Zadní výst. a ₂ [m]
1	0.20	0.20	0.20

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23.50$ kN/m³

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992 1-1 (EC2).

Beton v základe : C 25/30

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 25.00$ MPa

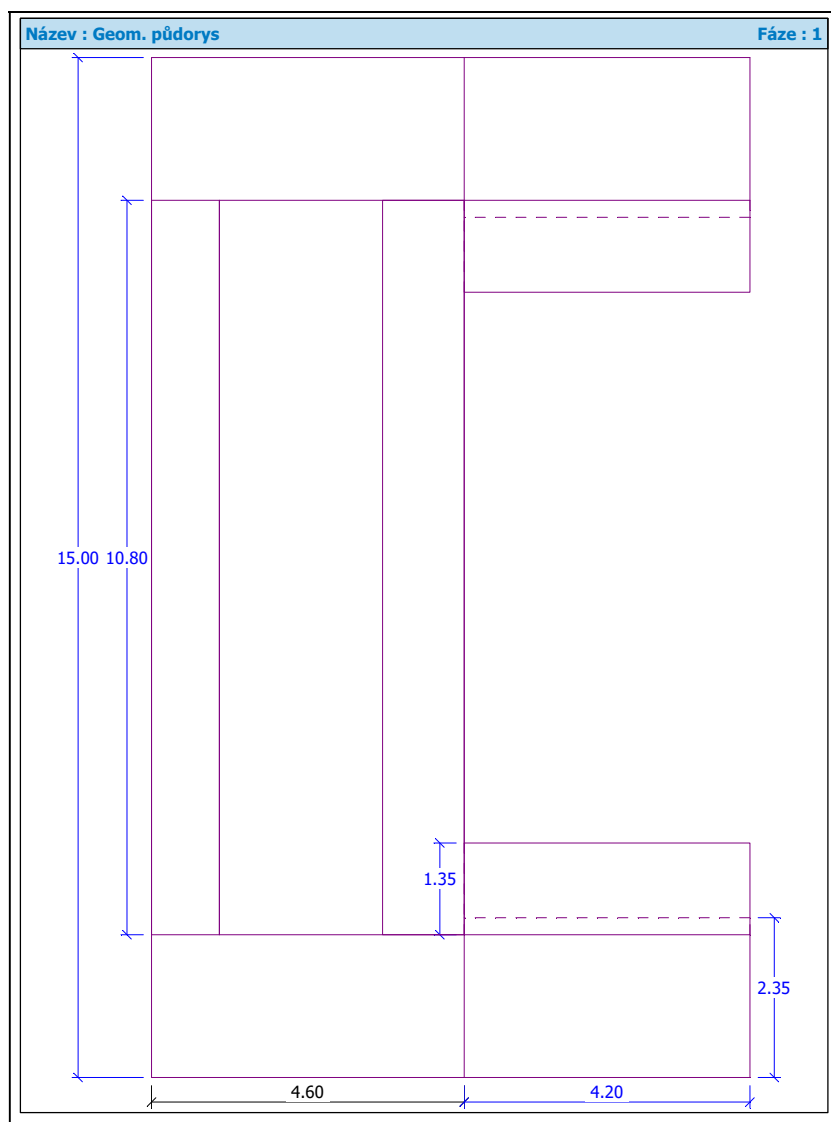
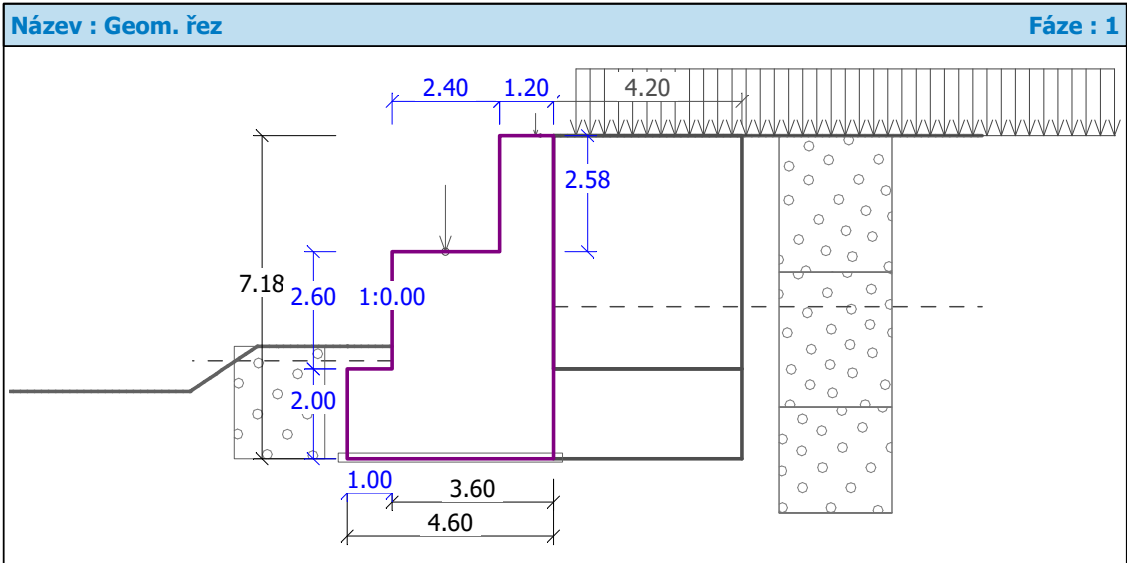
Pevnost v tahu $f_{ct} = 2.60$ MPa

Modul pružnosti $E_{cm} = 30500.00$ MPa

Ocel podélná : 10505 (R)

Mez kluzu $f_{yk} = 500.00$ MPa

Modul pružnosti $E = 200000.00$ MPa



7.2.2 Zaťažovacie stavy konštrukcie

Zaťažovacie stavy sú zhodné so stavmi na opore 2 s výnimkou horizontálnych zložiek zaťaženia v klzných ložiskách ($R_x = 0,0$ kN).

Reakcie na opore O2					
Ložisko	Pevné ložisko			Prične posuvné	
Reakcie	R_x	R_y	R_z	R_x	R_z
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
Gmax	35	-7	6440	-35	6364
Gmin	474	-746	3945	-474	3285
Kombi 1	1197	-129	12311	693	11629
Kombi 2	1725	-868	13157	151	12028
Kombi 3	1251	-939	12947	-306	11664
Kombi 4	-159	-875	13100	-1717	11970
Kombi 5	1206	-1157	13656	-268	12397
Kombi 6	264	-1160	13627	-1202	12368
Kombi 7 (s Gmin)	26	-5	3392	-26	3335
Kombi 8 (s Gmin)	-710	-133	9204	-1181	8541

Do výpočtu bol zvolená kombinácia Kombi 2

$R_x = 0$ kN $R_y = -868$ kN $R_z = 13157$ kN Okrem toho bolo uvažované zaťaženie od prechodovej dosky a zvršku pred oporou.

Název : Kombi 2. Typ zatěžovacího stavu : provozní stav.

Síly od mostu

Svislá síla $F_s = 13157.00$ kN

Vodorovná síla $F_v = 0.00$ kN

Umístění $a_1 = 1.19$ m

Výška $v = 0.00$ m

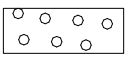
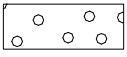
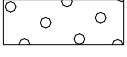
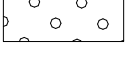
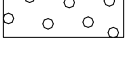
Síly od přechodové desky

Svislá síla $F_s = 125.00$ kN

Vodorovná síla $F_v = -175.00$ kN

Umístění $a_2 = 0.40$ m

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	3.03	násyp G1-G3 $I_d = 0,6-0,8$ kamenitý	
2	3.00	násyp G1-G3 $I_d = 0,6-0,8$ kamenitý	
3	2.80	fluv. G2-G3 v polohách balvanité	
4	6.00	podložie R3-R4 na povrchu zvetralé na GC	
5	-	násyp G1-G3 $I_d = 0,6-0,8$ kamenitý	

Tvar terénu

Terén za konstrukcí je rovný.

Vliv vody

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 3.80 m

Hladina podzemní vody před konstrukcí je v hloubce 5.00 m

Podloží u paty konstrukce je propustné.

Hydraulický gradient = 0.20

Zadaná plošná přitížení

Číslo	Přítížení		Působ.	Vel.1 [kN/m ²]	Vel.2 [kN/m ²]	Poř.x x [m]	Délka l [m]	Hloubka z [m]
	nové	změna						
1	ANO		proměnné	48.40		0.50	12.00	na terénu
Číslo	Název							
1	od vlaku							

Odpor na líci konstrukce

Odpor na líci konstrukce: klidový

Zemina na líci konstrukce - násyp G1-G3 Id =0,6-0,8 kamenitý

Výška zeminy před zdí h = 2.50 m

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet aktivního tlaku - Coulomb (ČSN 730037)

Výpočet pasivního tlaku - Caquot-Kerisel (ČSN 730037)

Norma výpočtu bet.konstrukcí - EN 1992 1-1 (EC2)

Nastavení výpočtu fáze

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Zadání koeficientů : Slovensko

Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Návrhová situace : trvalá

Součinitelé redukce zatížení (F)	Souč.	Nepříznivé [-]	Příznivé [-]
Stálé zatížení	γ_G	1,35	1,00
Proměnné zatížení	γ_Q	1,50	0,00
Zatížení vodou	γ_w	1,00	
Součinitelé redukce odporu (R)		Souč.	[-]
Součinitel redukce odporu na překlopení		γ_{Re}	1,40
Součinitel redukce odporu na posunutí		γ_{Rh}	1,10
Součinitel redukce odporu základové půdy		γ_{Rv}	1,40
Kombinační součinitelé pro proměnná zatížení		Souč.	[-]
Součinitel kombinační hodnoty		ψ_0	0,70
Součinitel časté hodnoty		ψ_1	0,50
Součinitel kvazistálé hodnoty		ψ_2	0,30

Posouzení čís. 1

Průběh tlaku vody

Bod čís.	Hloubka [m]	Vod.složka [kPa]	Svis. složka [kPa]
1	0.00	0.00	0.00
2	2.58	0.00	0.00
3	3.03	0.00	0.00
4	3.80	0.00	0.00
5	5.00	12.00	0.00
6	5.18	11.09	0.00
7	6.03	6.81	0.00
8	7.18	1.01	0.00
9	7.38	0.00	0.00

Průběh tlaku od přetížení - od vlaku

Bod čís.	Hloubka [m]	Vod.složka [kPa]	Svis. složka [kPa]
1	0.00	0.00	0.00
2	0.34	39.55	0.00
3	0.67	43.57	0.00
4	1.01	42.89	0.00
5	1.34	41.51	0.00
6	1.68	39.99	0.00
7	2.01	38.43	0.00
8	2.35	36.87	0.00
9	2.58	35.81	0.00
10	2.68	35.34	0.00
11	3.02	33.83	0.00
12	3.03	33.78	0.00
13	3.35	32.36	0.00
14	3.69	30.93	0.00
15	3.80	30.47	0.00
16	4.03	29.54	0.00
17	4.36	28.19	0.00
18	4.70	26.89	0.00
19	5.00	25.75	0.00
20	5.03	25.63	0.00
21	5.18	25.09	0.00
22	5.37	24.42	0.00
23	5.70	23.26	0.00

Bod čís.	Hloubka [m]	Vod.složka [kPa]	Svis. složka [kPa]
24	6.03	22.17	0.00
25	6.04	22.15	0.00
26	6.37	21.08	0.00
27	6.71	20.06	0.00
28	7.04	19.08	0.00
29	7.18	18.70	0.00
30	7.38	18.15	0.00

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Koef. překl.	Koef. posun.	Koef. napětí
Tíh.- zed'	0.00	-3.18	423.94	3.04	1.000	1.000	1.350
Odpor na líci	-23.51	-0.99	0.06	0.25	1.000	1.000	1.350
Tíh.- zemní klín	0.00	-4.33	15.89	4.90	1.000	1.000	1.350
Tlak v klidu	156.34	-2.64	0.00	5.00	1.350	1.350	1.350
Tlak vody	16.11	-1.99	0.00	5.00	1.000	1.000	1.000
od vlaku	167.21	-4.14	0.00	5.00	1.500	1.500	1.500
Křídla opěry	0.00	-4.79	127.82	6.90	1.000	1.000	1.350
Reakce mostu	0.00	-4.80	1218.24	2.39	-	-	-
Reakce přech.desky	16.20	-7.38	11.57	4.40	-	-	-

7.2.3 Posouzení mostnej opory O1

Šířka fiktivního základu opěry = 6.32 m

Posouzení na překlpení

Moment vzdorující $M_{\text{vzd}} = 2680.75 \text{ kNm/m}$

Moment klopící $M_{\text{kl}} = 1240.49 \text{ kNm/m}$

Zed' na překlpení VYHOVUJE

Posouzení na posunutí

Vodor. síla vzdorující $H_{\text{vzd}} = 854.81 \text{ kN/m}$

Vodor. síla posunující $H_{\text{pos}} = 338.89 \text{ kN/m}$

Zed' na posunutí VYHOVUJE

Celkové posouzení - OPORA VYHOVUJE

Maximální napětí v základové spáře : 334.75kPa

Únosnost základové půdy

Síly působící ve středu základové spáry

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]	Excentricita [m]	Napětí [kPa]
1	514.02	1437.25	339.37	1.22	334.75

7.2.4 Dimenzovanie prierezov

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Koef. moment	Koef. norm.sila	Koef. pos.sila
Tíh.- zedě	0.00	-1.46	191.20	2.26	1.000	1.350	1.000
Tlak v klidu	51.35	-1.33	0.00	3.60	1.350	1.000	1.350
Tlak vody	0.12	-0.06	0.00	3.60	1.000	1.000	1.000
od vlaku	104.45	-1.98	0.00	3.60	1.500	0.000	1.500
Křídla opěry	0.00	-1.39	127.82	5.70	1.000	1.350	1.000
Reakce mostu	0.00	-1.40	1218.24	1.19	-	-	-
Reakce přech.desky	16.20	-3.98	11.57	3.20	-	-	-

Dimenzace závěrné zídky - vstupní data:

Spára je navržena ze železobetonu; výpočtová šířka 1m.

Profil vložky = 25.0 mm

Počet vložek = 11

Krytí výztuže = 50.0 mm

Vnitřní síly : M = 191.36 kNm/m; N = -84.33 kN/m; Q = 150.42 kN/m

Výška průřezu h = 1.20 m

Dimenzace závěrné zídky - výsledky:

Stupeň vyztužení ρ = 0.45 % > 0.13 % = ρ_{min}

Poloha neutrálné osy x = 0.27 m

Norm.síla na mezi únosn. N_{Rd} = -1300.77 kN/m > -84.33 kN/m = N_{Ed}

Moment na mezi M_{Rd} = 2951.76 kNm/ > 191.36 kNm/ = M_{Ed}

únosnosti m m

Průřez VYHOVUJE.

Dimenzace v pracovní spáře 1.40 m pod záv. zídou - vstupní data:

Spára je navržena ze železobetonu; výpočtová šířka 1m.

Profil vložky = 25.0 mm

Počet vložek = 11

Krytí výztuže = 50.0 mm

Vnitřní síly : M = 608.27 kNm/m; N = -1548.83 kN/m; Q = 242.32 kN/m

Výška průřezu h = 3.60 m

Dimenzace v pracovní spáře 1.40 m pod záv. zídou - výsledky:

Stupeň vyztužení ρ = 0.15 % > 0.13 % = ρ_{min}

Poloha neutrálné osy x = 2.81 m

Norm.síla na mezi únosn. N_{Rd} = -37523.71 kN/m > -1548.83 kN/m = N_{Ed}

Moment na mezi $M_{Rd} = 14736.67 \text{ kNm/} > 608.27 \text{ kNm/} = M_{Ed}$
únosnosti m m

Průřez VYHOVUJE.

Dimenzace spáry křídlo / opěra - vstupní data:

Spára je navržena ze železobetonu; výpočtová šířka 1m.

Profil vložky = 25.0 mm

Počet vložek = 5

Krytí výztuže = 50.0 mm

Vnitřní síly : $M = 89.49 \text{ kNm/m}$; $N = 0.00 \text{ kN/m}$; $Q = 42.61 \text{ kN/m}$

Výška průřezu $h = 1.35 \text{ m}$

Dimenzace spáry křídlo / opěra - výsledky:

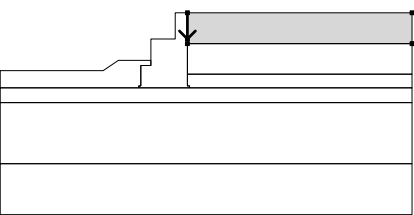
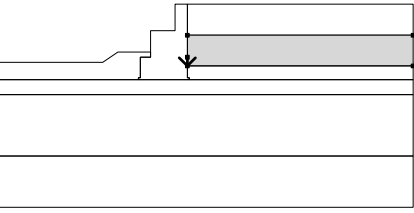
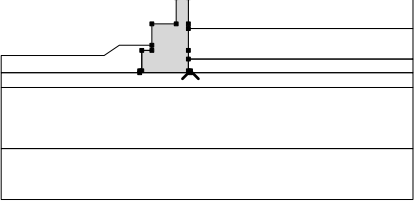
Stupeň vyztužení $\rho = 0.19 \% > 0.13 \% = \rho_{min}$

Moment na mezi $M_{Rd} = 1339.75 \text{ kNm/} > 89.49 \text{ kNm/} = M_{Ed}$
únosnosti m m

Průřez VYHOVUJE.

7.2.5 Výpočet stability svahu s oporou

Přiřazení a plochy

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
1		0,00	639,23	0,00	636,65	násyp G1-G3 $Id = 0,6-0,8$ kamenitý
		0,00	636,20	22,14	636,20	
		22,14	639,23			
2		0,00	634,05	0,00	633,20	násyp G1-G3 $Id = 0,6-0,8$ kamenitý
		22,14	633,20	22,14	636,20	
		0,00	636,20			
3		0,20	631,85	0,20	632,05	Tuhé těleso
		0,00	632,05	0,00	633,20	
		0,00	634,05	0,00	636,20	
		0,00	636,65	0,00	639,23	
		-1,20	639,23	-1,20	636,65	
		-3,60	636,65	-3,60	634,55	
		-3,60	634,05	-4,60	634,05	
		-4,60	632,05	-4,80	632,05	
		-4,80	631,85			

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
4		-4,80	631,85	-4,80	632,05	násyp G1-G3 Id =0,6-0,8 kamenitý
		-4,60	632,05	-4,60	634,05	
		-3,60	634,05	-3,60	634,55	
		-4,80	634,55	-6,80	634,55	
		-8,30	633,55	-18,45	633,55	
		-18,45	631,85			
5		0,00	632,05	0,20	632,05	fluv. G2-G3 v polohách balvanité
		0,20	631,85	22,14	631,85	
		22,14	633,20	0,00	633,20	
6		0,00	630,40	22,14	630,40	fluv. G2-G3 v polohách balvanité
		22,14	631,85	0,20	631,85	
		-4,80	631,85	-18,45	631,85	
		-18,45	630,40			
7		0,00	624,40	22,14	624,40	podložie R3-R4 na povrchu zvetralé na GC
		22,14	630,40	0,00	630,40	
		-18,45	630,40	-18,45	624,40	
8		0,00	624,40	-18,45	624,40	násyp G1-G3 Id =0,6-0,8 kamenitý
		-18,45	619,40	22,14	619,40	
		22,14	624,40			

Přetížení

Číslo	Typ	Působení	Umístění z [m]	Počátek x [m]	Délka l [m]	Šířka b [m]	Sklon α [°]	Velikost		
								q, q1, f, F	q2	jednotka
1	přímkové	stálé	z = 636,65	x = -2,41			0,00	877,13		kN/m
2	přímkové	stálé	z = 639,23	x = -0,40			54,46	14,34		kN/m
3	pásové	stálé	na povrchu	x = 0,50	l = 12,00		0,00	48,40		kN/m ²

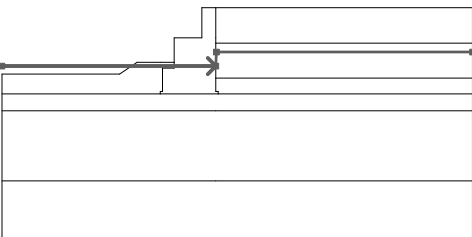
Názvy přetížení

Číslo	Název
-------	-------

Číslo	Název
1	Most
2	Přech. deska
3	od vlaku

Voda

Typ vody : HPV

Číslo	Umístění HPV	Souřadnice bodů HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-18,45	634,23	0,00	634,23	0,05	635,43
		22,14	635,43				

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : v efektivních parametrech

Nastavení výpočtu fáze

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Zadání koeficientů : Standard

Návrhový přístup : 3 - redukce zatížení GEO, STR a materiálu

Návrhová situace : trvalá

Součinitelé redukce zatížení (F)	Souč.	Stav STR [-]		Stav GEO [-]	
		Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení	γ_G	1,35	1,00	1,00	1,00
Proměnné zatížení	γ_Q	1,50	0,00	1,30	0,00
Zatížení vodou	γ_w			1,00	
Součinitelé redukce materiálu (M)				Souč.	[-]
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření				γ_ϕ	1,25
Součinitel redukce efektivní soudržnosti				γ_c	1,25
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti				γ_{cu}	1,40

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1

Kruhová smyková plocha

Parametry smykové plochy							
Střed :	x =	-6,53	[m]	Úhly :	$\alpha_1 =$	-52,93	[°]
	z =	640,18	[m]		$\alpha_2 =$	85,06	[°]

Parametry smykové plochy			
Poloměr :	R =	11,00 [m]	
Smyková plocha po optimalizaci.			

Posouzení stability svahu (Spencer)

Využití : 74,4 %

Stabilita svahu VYHOVUJE

7.3 VÝPOČET MOSTNEJ OPORY 02

7.3.1 Vstupné údaje

Projekt

Akce : Modernizácia žel.na rýchlosť do 160 km/h

Část : SO 408.33.08

Popis : Rekonštrukcia mostu cez Belú v nžkm 244,013 (sžkm 247,096)

Autor : doc.Ing.M.Drusa, PhD.

Odběratel : Reming Consult a.s.

Datum : 10. 10. 2012

Geometrie konstrukce

Číslo	Pořadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.00	2.45
3	0.00	5.05
4	0.00	7.05
5	-4.60	7.05
6	-4.60	5.05
7	-3.60	5.05
8	-3.60	2.45
9	-1.20	2.45
10	-1.20	0.00

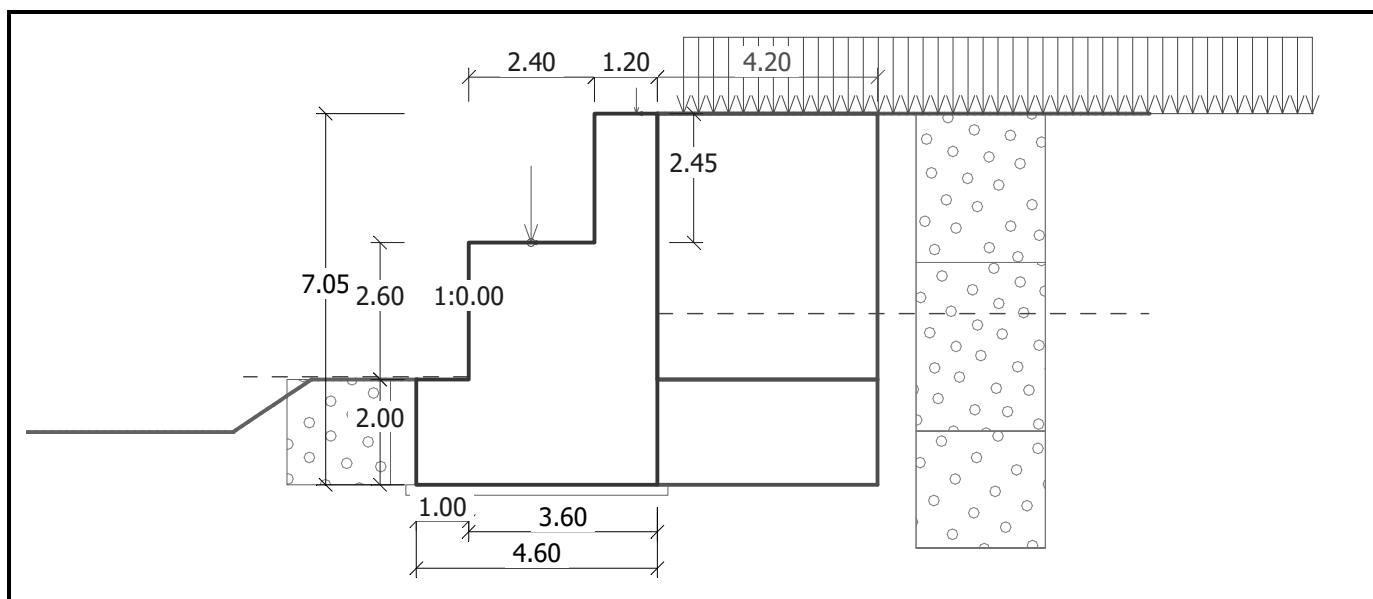
Počátek [0,0] je v nejhořejším pravém bodu zdi.

Plocha řezu zdi = 21.50 m².

Délka mostní opěry = 10.80 m

Délka základu opěry = 15.00 m

Název : Geom. řez	Fáze : 1
--------------------------	-----------------



Křídla opěry - prodloužená symetrická

Tloušťka křídla	= 1.35 m
Délka křídla za závěr. zídou	= 4.20 m
Délka základu křídla	= 4.20 m
Šířka základu křídla	= 2.35 m

Stupně základu

Číslo	Tloušťka t [m]	Přední výst. a ₁ [m]	Zadní výst. a ₂ [m]
1	0.20	0.20	0.20

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23.50 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992 1-1 (EC2).

Beton : C 25/30

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 25.00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu $f_{ct} = 2.60 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E_{cm} = 30500.00 \text{ MPa}$

Ocel podélná : 10505 (R)

Mez kluzu $f_{yk} = 500.00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti $E = 200000.00 \text{ MPa}$

Parametry zemin

násyp G1-G3 Id =0,6-0,8 kamenitý

Objemová tíha : $\gamma = 19.00 \text{ kN/m}^3$

Napjatost : efektivní

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 33.00^\circ$

Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 5.00 \text{ kPa}$

Třecí úhel kce-zemina : $\delta = 11.00^\circ$

Zemina : nesoudržná

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19.70 \text{ kN/m}^3$

fluv. G2-G3 v polohách balvanité

Objemová tíha :	γ = 20,00 kN/m ³
Napjatost :	efektivní
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef} = 36,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef} = 0,00 kPa
Třecí úhel kce-zemina :	δ = 12,00 °
Zemina :	nesoudržná
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat} = 20,50 kN/m ³

podložie R3-R4 na povrchu zvetralé na GC

Objemová tíha :	γ = 19,50 kN/m ³
Napjatost :	efektivní
Úhel vnitřního tření :	φ_{ef} = 28,00 °
Soudržnost zeminy :	c_{ef} = 30,00 kPa
Třecí úhel kce-zemina :	δ = 9,00 °
Zemina :	nesoudržná
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat} = 20,50 kN/m ³

7.3.2 Zatřazovací stav

Opora 2 $R_x = +-1725$ kN $R_y = -868$ kN $R_z = 13157$ kN

Název : Kombi 2.

Typ zatěžovacího stavu : provozní stav.

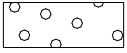
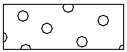

Síly od mostu

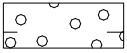
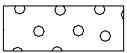
Svislá síla	F_s = 13157.00 kN
Vodorovná síla	F_v = -1725.00 kN
Umístění	a_1 = 1.19 m
Výška	v = 0.00 m

Síly od přechodové desky

Svislá síla	F_s = 125.00 kN
Vodorovná síla	F_v = -175.00 kN
Umístění	a_2 = 0.40 m

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2.83	násyp G1-G3 $I_d = 0,6-0,8$ kamenitý	
2	3.20	násyp G1-G3 $I_d = 0,6-0,8$ kamenitý	
3	2.80	fluv. G2-G3 v polohách balvanité	

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
4	6.00	podložie R3-R4 na povrchu zvetralé na GC	
5	-	násyp G1-G3 Id =0,6-0,8 kamenitý	

Tvar terénu

Terén za konstrukcí je rovný.

Vliv vody

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 3.80 m

Hladina podzemní vody před konstrukcí je v hloubce 5.00 m

Podloží u paty konstrukce je propustné.

Hydraulický gradient = 0.22

Zadaná plošná přitížení

Číslo	Přítížení		Působ.	Vel.1 [kN/m ²]	Vel.2 [kN/m ²]	Poř.x x [m]	Délka l [m]	Hloubka z [m]
	nové	změna						
1	ANO		proměnné	48.40		0.50	12.00	na terénu
Číslo	Název							
1	od vlaku							

Odpor na líci konstrukce

Odpor na líci konstrukce: klidový

Zemina na líci konstrukce - násyp G1-G3 Id =0,6-0,8 kamenitý

Výška zeminy před zdí h = 2.00 m

Tvar terénu na líci konstrukce

Číslo	Souřadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0.00	0.00
2	0.00	-2.00
3	-2.00	-2.00
4	-3.50	-1.00
5	-4.50	-1.00

Počátek [0,0] je umístěn do levého spodního okraje konstrukce.

Kladná souřadnice +z směřuje dolů.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet aktivního tlaku - Coulomb (ČSN 730037)

Výpočet pasivního tlaku - Caquot-Kerisel (ČSN 730037)

Norma výpočtu bet.konstrukcí - EN 1992 1-1 (EC2)

Nastavení výpočtu fáze

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Zadání koeficientů : Slovensko

Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Návrhová situace : trvalá

Součinitelé redukce zatížení (F)	Souč.	Nepříznivé [-]	Příznivé [-]
Stálé zatížení	γ_G	1,35	1,00
Proměnné zatížení	γ_Q	1,50	0,00
Zatížení vodou	γ_w	1,00	
Součinitelé redukce odporu (R)		Souč.	[-]
Součinitel redukce odporu na překlopení		γ_{Re}	1,40
Součinitel redukce odporu na posunutí		γ_{Rh}	1,10
Součinitel redukce odporu základové půdy		γ_{Rv}	1,40
Kombinační součinitelé pro proměnná zatížení		Souč.	[-]
Součinitel kombinační hodnoty		ψ_0	0,70
Součinitel časté hodnoty		ψ_1	0,50
Součinitel kvazistálé hodnoty		ψ_2	0,30

Posouzení čís. 1

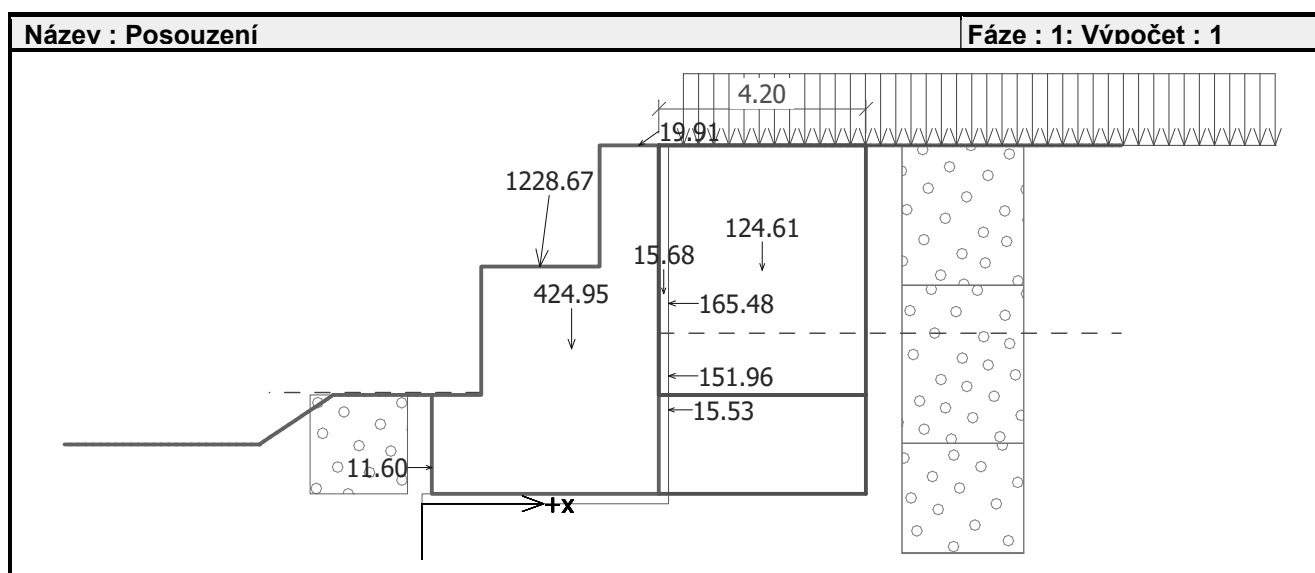
Průběh tlaku v klidu za konstrukcí (bez přitížení)

Vrst. čís.	Poč. [m] Kon. [m]	σ_z [kPa]	σ_w [kPa]	Tlak [kPa]	Složka vod. [kPa]	Složka sv. [kPa]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.45	46.55	0.00	21.20	21.20	0.00
2	2.45	46.55	0.00	21.20	21.20	0.00
	2.83	53.77	0.00	24.48	24.48	0.00
3	2.83	53.77	0.00	24.48	24.48	0.00
	3.80	72.20	0.00	32.88	32.88	0.00
4	3.80	72.20	0.00	32.88	32.88	0.00
	5.00	86.39	12.00	39.34	39.34	0.00
5	5.00	86.39	12.00	39.34	39.34	0.00
	5.05	86.98	11.73	39.61	39.61	0.00
6	5.05	86.98	11.73	39.61	39.61	0.00
	6.03	98.57	6.51	44.88	44.88	0.00
7	6.03	98.57	6.51	40.63	40.63	0.00
	7.05	111.44	1.07	45.94	45.94	0.00
8	7.05	111.44	1.07	45.94	45.94	0.00
	7.25	113.97	0.00	46.98	46.98	0.00

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F_{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Koef. překl.	Koef. posun.	Koef. napětí
Tíh.- zed'	0.00	-3.14	424.95	3.03	1.000	1.000	1.350
Odpor na líci	-11.60	-0.73	0.00	0.20	1.000	1.000	1.000
Tíh.- zemní klín	0.00	-4.25	15.68	4.90	1.000	1.000	1.350
Tlak v klidu	151.96	-2.59	0.00	5.00	1.350	1.350	1.350
Tlak vody	15.53	-1.90	0.00	5.00	1.000	1.000	1.000
od vlaku	165.48	-4.05	0.00	5.00	1.500	1.500	1.500
Křídla opěry	0.00	-4.73	124.61	6.90	1.000	1.000	1.350
Reakce mostu	159.72	-4.80	1218.24	2.39	-	-	-
Reakce přech.desky	16.20	-7.25	11.57	4.40	-	-	-

7.3.3 Posouzení mostnej opory O2



Šířka fiktivního základu opěry = 6.32 m

Posouzení na překlpení

Moment vzdorující $M_{\text{vzd}} = 2668.15 \text{ kNm/m}$

Moment klopící $M_{\text{kl}} = 1757.71 \text{ kNm/m}$

Zed' na překlpení VYHOVUJE

Posouzení na posunutí

Vodor. síla vzdorující $H_{\text{vzd}} = 853.65 \text{ kN/m}$

Vodor. síla posunující $H_{\text{pos}} = 455.92 \text{ kN/m}$

Zed' na posunutí VYHOVUJE

Celkové posouzení - OPĚRA VYHOVUJE

Maximální napětí v základové spáře : 405.53kPa

Únosnost základové půdy výpočtom

Síly působící ve středu základové spáry

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]	Excentricita [m]	Napětí [kPa]
1	1050.38	1434.88	458.26	1.63	405.53

7.3.4 Dimenzovanie prierezov

Dimenzace závěrné zídky - vstupní data:

Spára je navržena ze železobetonu; výpočtová šířka 1m.

Profil vložky = 25.0 m
m

Počet vložek = 11

Krytí výztuže = 40.0 m
m

Vnitřní síly : M = 172.35 kNm/m; N = -80.66 kN/m; Q = 142.27 kN/m

Výška průřezu h = 1.20 m

Dimenzace závěrné zídky - výsledky:

Stupeň vyztužení ρ = 0.45 % > 0.13 % = ρ_{min}

Poloha neutrálné osy x = 0.28 m

Norm.síla na mezi únosn. N_{Rd} = -1408.68 kN/m > -80.66 kN/m = N_{Ed}

Moment na mezi M_{Rd} = 3010.02 kNm/ > 172.35 kNm/ = M_{Ed}
únosnosti m m

Průřez VYHOVUJE.

Dimenzace v pracovní spáře 1.40 m pod záv. zídkou - vstupní data:

Spára je navržena ze železobetonu; výpočtová šířka 1m.

Profil vložky = 25.0 m
m

Počet vložek = 11

Krytí výztuže = 40.0 m
m

Vnitřní síly : M = 817.93 kNm/m; N = -1541.95 kN/m; Q = 393.12 kN/m

Výška průřezu h = 3.60 m

Dimenzace v pracovní spáře 1.40 m pod záv. zídkou - výsledky:

Stupeň vyztužení ρ = 0.15 % > 0.13 % = ρ_{min}

Poloha neutrálné osy x = 2.56 m

Norm.síla na mezi únosn. N_{Rd} = -33968.90 kN/m > -1541.95 kN/m = N_{Ed}

Moment na mezi M_{Rd} = 18018.87 kNm/ > 817.93 kNm/ = M_{Ed}
únosnosti m m

Průřez VYHOVUJE.

Dimenzace spáry křídlo / opěra - vstupní data:

Spára je navržena ze železobetonu; výpočtová šířka 1m.

Profil vložky = 25.0 m
m

Počet vložek = 5

Krytí výztuže = 40.0 m
m

Vnitřní síly : $M = 84.74 \text{ kNm/m}$; $N = 0.00 \text{ kN/m}$; $Q = 40.35 \text{ kN/m}$
 Výška průřezu $h = 1.35 \text{ m}$

Dimenzace spáry křídlo / opěra - výsledky:

Stupeň vyztužení $\rho = 0.19 \% > 0.13 \% = \rho_{\min}$

Moment na mezi únosnosti $M_{Rd} = 1350.42 \text{ kNm/m} > 84.74 \text{ kNm/m} = M_{Ed}$

Průřez VYHOVUJE.

7.3.5 Výpočet stability svahu

Kruhová smyková plocha

Parametry smykové plochy						
Střed :	x =	-6,61	[m]	Úhly :	α_1 =	-39,54 [°]
	z =	643,47	[m]		α_2 =	71,54 [°]
Poloměr :	R =	13,31	[m]			
Smyková plocha po optimalizaci.						

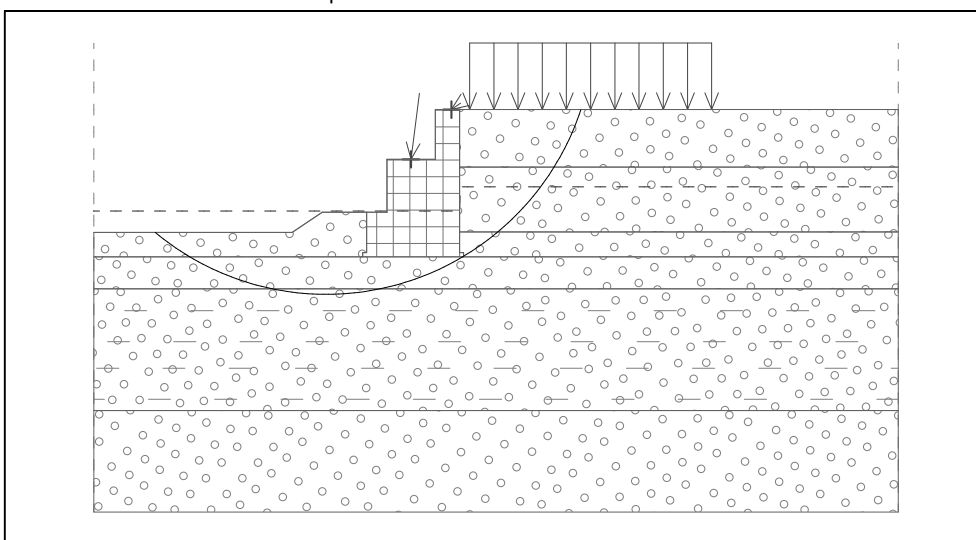
Posouzení stability svahu (Bishop)

Sumace aktivních sil : $F_a = 969,22 \text{ kN/m}$

Sumace pasivních sil : $F_p = 1376,81 \text{ kN/m}$

Moment sesouvající : $M_a = 12900,29 \text{ kNm/m}$

Moment vzdorující : $M_p = 18325,38 \text{ kNm/m}$



Využití : 70,4 %

Stabilita svahu

VYHOVUJE

8 POSÚDENIE DOČASNÝCH PAŽENÍ A ZAKLADANIA PROVIZÓRIA

8.1 POSÚDENIE ŠTETOVNICOVEJ STENY ŠS4

Posúdenie steny ŠS4 bolo vykonané v najnepriaznivejšej etape výstavby pri hĺbení stavebnej jamy novej opory a súčasnej prevádzky na provízórnej trati v blízkosti.

8.1.1 Vstupné údaje

Projekt

Akce : Modernizácia žel.na rýchlosť do 160 km/h
Část : SO 408.33.08
Popis : Rekonštrukcia mostu cez Belú v nžkm 244,013 (sžkm 247,096)
Autor : doc.Ing.M.Drusa, PhD.
Odběratel : Reming Consult a.s.
Datum : 10. 10. 2012

Geometrie konstrukce

Délka konstrukce = 10.00 m

Typ konstrukce : Štětovnice IIIIn 436 x 168 x 13.0 mm

Koef.redukce tlaku před stěnou = 1.00

Plocha průřezu $A = 1.973E-02 \text{ m}^2/\text{m}$
Moment setrvačnosti $I = 2.320E-04 \text{ m}^4/\text{m}$
Modul pružnosti $E = 210000.00 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku $G = 81000.00 \text{ MPa}$
Modul reakce podloží počítán podle terorie Schmitt.

Parametry zemin

násyp G1-G3 Id =0,6-0,8 kamenitý

Objemová tíha : $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Napjatost : efektivní
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 33,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
Třecí úhel aktivní : $\delta_{act} = 11,00^\circ$
Třecí úhel pasivní : $\delta_{pas} = 11,00^\circ$
Zemina : nesoudržná
Edometrický modul : $E_{oed} = 100,00 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,70 \text{ kN/m}^3$

fluv. G2-G3 v polohách balvanité

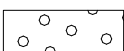
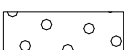
Objemová tíha : $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Napjatost : efektivní
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 36,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Třecí úhel aktivní : $\delta_{act} = 13,00^\circ$
Třecí úhel pasivní : $\delta_{pas} = 13,00^\circ$
Zemina : nesoudržná

Edometrický modul : $E_{oed} = 161,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

podložie R3-R4 na povrchu zvetralé na GC

Objemová tíha : $\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektívni
 Úhel vnútorného trenia : $\varphi_{ef} = 28,00^\circ$
 Soudržnosť zeminy : $c_{ef} = 30,00 \text{ kPa}$
 Třecí úhel aktivní : $\delta_{act} = 9,00^\circ$
 Třecí úhel pasivní : $\delta_{pas} = 9,00^\circ$
 Zemina : soudržná
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,30$
 Edometrický modul : $E_{oed} = 250,00 \text{ MPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2.83	násyp G1-G3 $Id = 0,6-0,8$ kamenitý	
2	3.20	násyp G1-G3 $Id = 0,6-0,8$ kamenitý	
3	2.80	fluv. G2-G3 v polohách balvanitě	
4	6.00	fluv. G2-G3 v polohách balvanitě	
5	-	podložie R3-R4 na povrchu zvetralé na GC	

Hĺoubení

Zemina před stěnou je odebrána do hĺoubky 3.25 m.

Tvar terénu

Terén za konstrukci je ve sklonu 1: 2.00 (úhel sklonu je 26.57°).
 Výška náspu je 0.50 m, délka náspu je 1.00 m.

Vliv vody

Hĺadina podzemní vody za konstrukci je v hĺoubce 3.80 m
 Hĺadina podzemní vody před konstrukci je v hĺoubce 7.00 m
 Podloží u paty konstrukce je propustné.
 Hydraulický gradient = 0.35

Zadaná plošná přitížení

Číslo	Přetížení		Působ.	Vel.1 [kN/m ²]	Vel.2 [kN/m ²]	Poř.x x [m]	Délka l [m]	Hloubka z [m]
	nové	změna						
1	ANO		proměnné	48.40		1.73	2.25	-0.20
Číslo	Název							
1	vlak							

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet aktivního tlaku - Coulomb (ČSN 730037)

Výpočet pasivního tlaku - Caquot-Kerisel (ČSN 730037)

Počet dělení stěny na konečné prvky = 20

Nastavení výpočtu fáze

Výpočet proveden bez redukce vstupních dat.- dočasný návrhový stav

Modelovanie bolo vykonané v troch fázach výstavby s postupným odkopávaním výkopu pre novú oporu.

8.1.2 Výsledky výpočtu (Fáza budovania 1)

Maximální posouvající síla = 47.13 kN/m

Maximální moment = 83.25 kNm/m

Maximální deformace = 18.9 mm

Vstupní data (Fáze budování 2)

Hloubení Zemina před stěnou je odebrána do hloubky 2.75 m.

Tvar dna jámy

Číslo	Souřadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0.00	0.00
2	-0.10	0.00
3	-2.35	3.25
4	-3.35	3.25

Počátek [0,0] je umístěn na dně jámy. Kladná souřadnice +z směřuje dolů.

Tvar terénu

Terén za konstrukcí je ve sklonu 1: 2.00 (úhel sklonu je 26.57 °). Výška náspu je 0.50 m délka 1.00 m.

Vliv vody

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 3.80 m, před konstrukcí je v hloubce 7.00 m

Podloží u paty konstrukce je propustné. Hydraulický gradient = 0.35

Zadaná plošná přetížení

Číslo	Přetížení		Působ.	Vel.1 [kN/m ²]	Vel.2 [kN/m ²]	Poř.x x [m]	Délka l [m]	Hloubka z [m]
	nové	změna						
1	NE	NE	proměnné	48.40		1.73	2.25	-0.20
Číslo	Název							
1	vlak							

Nastavení výpočtu fáze

Výpočet proveden bez redukce vstupních dat.

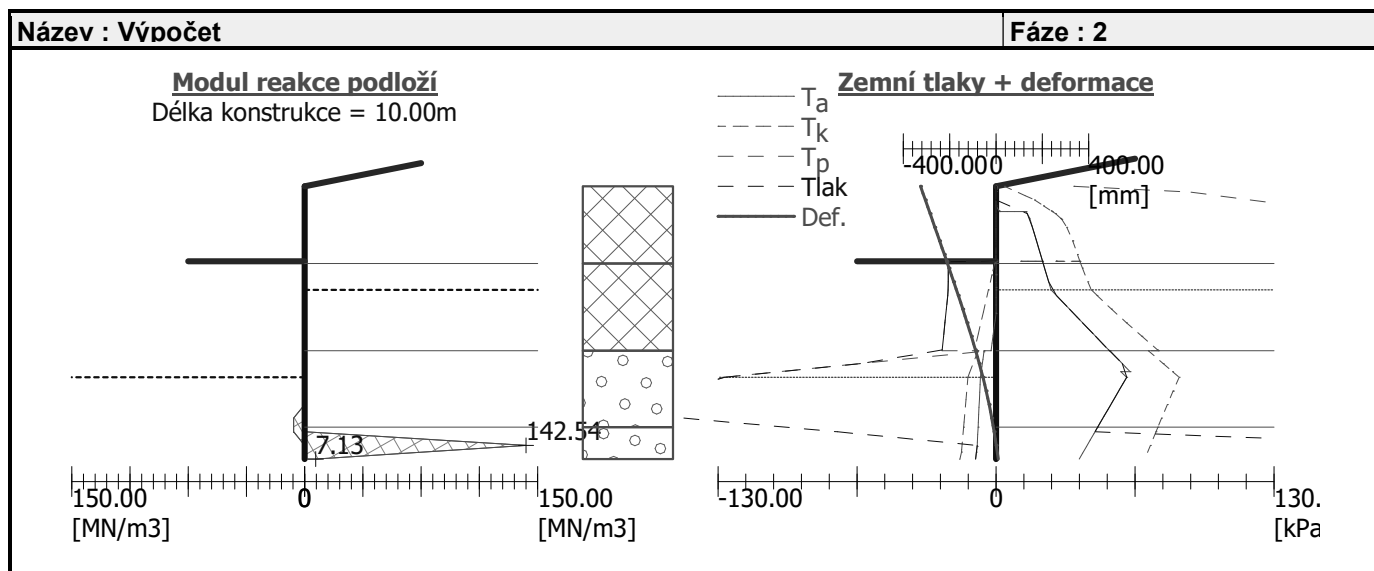
8.1.3 Výsledky výpočtu (Fáze budovania 2)

Průběhy tlaků na konstrukci (před a za stěnou)

Maximální posouvající síla = 235.59 kN/m

Maximální moment = 275.34 kNm/m

Maximální deformace = 325.7 mm



Poznámka: Štetovnicovú stenu v prípade veľkých deformácií v hornej úrovni je potrebné podchytiť šikmými vzperami dĺžky 4-5 m opretými v rohoch o napájajú štetovnicovú stenu a na opačnej strane do svahu výkopu. V prípade ďalších deformácií inštalovať tyčové kotvy v úrovni 1/3 výšky pažiacej konštrukcie.

8.2 POSÚDENIE DOČASNÉHO PILIERA PROVIZÓRNEHO MOSTU

8.2.1 Vstupný model a charakteristiky

ID	Name	Type	γ_{unsat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	k_x [m/day]	k_y [m/day]	ν [-]	E_{ref} [kN/m ²]	c_{ref} [kN/m ²]	φ [°]	ψ [°]	E_{incr} [kN/m ³]
1	Fluv.G2-G3	Drained	20,0	20,5	10,0000	10,0000	0,25	66667,0	5,0	33,0	3,0	0,0
2	Nasyp_G1-G3	Drained	20,0	20,5	15,0000	15,0000	0,25	1,25E5	7,0	33,0	3,0	0,0
3	Beton	Undrained	23,5	23,7	1,0000	1,0000	0,30	1,56E7	750,0	45,0	15,0	0,0
4	Hutn_strk	Drained	19,0	19,5	15,0000	15,0000	0,25	1,25E5	10,0	35,0	5,0	0,0

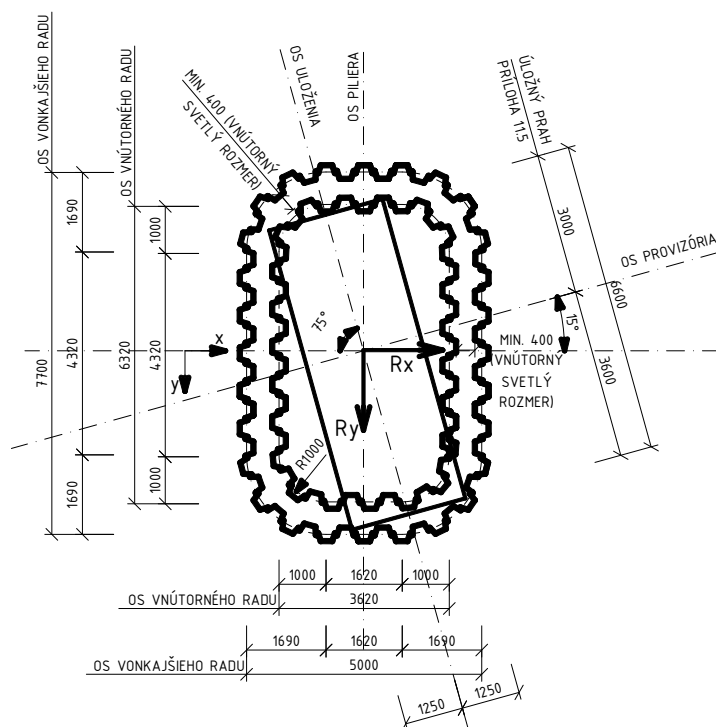
Parametre použitého doskového prvku – štetovnice IIIn

ID	Name	Type	EA [kN/m]	EI [kNm ² /m]	w [kN/m ²]	ν [-]	M_p [kNm/m]	N_p [kN/m]
1	IIIn	Elastic	4,1433E6	48700,0	8,4	0,15	1E15	1E15

8.2.2 Údaje o zaťažení

Údaje o zaťažení poskytol Ing., Jaroslav Odrobiňák, PhD. na základe roznosu zaťaženia z mostného provizória.

Zaťaženie na úložný prah piliera provizória – schéma.



Stále zaťaženie		Zaťaženie na prah piliera provizória			
G	Rz [kN]				
Charakter. hodnota	690,8				
Návrhová hodnota	775,6				
Zaťaženie dopravou					
Q	Zvislé			Pozdĺžne na most	Priečne na most
	Rz [kN]	ey [mm]	ex [mm]	Rx [kN]	Ry [kN]
Charakter. hodnota	3820,3	± 83,3	± 73,1	0 resp. (± 1210)	± 60,5
Návrhová hodnota	5348,4			0 resp. (± 1694)	± 84,7
Zaťaženie vetrom					
W	Zvislé			Pozdĺžne na most	Priečne na most
	Rz [kN]	ey [mm]	ex [mm]	Rx [kN]	Ry [kN]
Charakter. hodnota	390	± 2400	0	0	± 234
Návrhová hodnota	585			0	± 351

Sily R_z , R_x , R_y pôsobia v osi mosta uprostred provizórneho piliera zo štetovnicovej ohrádzky

Excentricity e_y a e_x sú možné excentricity pôsobenia sily R_z v smere osi "y" a "x"

Pri silách R_x je uvedené v zátvorke sila, ak by došlo na k neželanému osadeniu dvojice pevných ložísk na pilie

Zaťaženie vetrom v kombinácii s dopravou sa má prenásobiť súčiniteľom 0,75

Hodnoty zaťaženia pre 2D model.

Zaťaženie zvislé $F_{dz} = 775,6 + 5348,4 + 585 \times 0,75 = 6562,75 \text{ kN}$

$F_{dh} = 1694 \text{ kN}$

Platí na celý pilier šírky v priečnom smere dĺžky 6,30 m

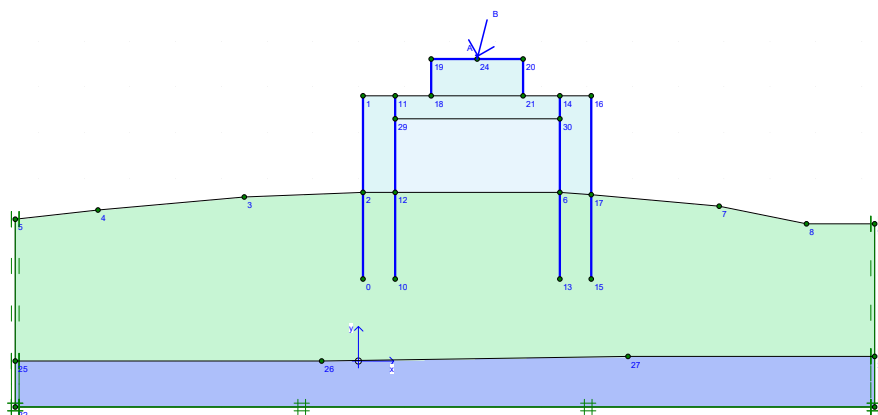
Na dĺžku piliera 1,0 m v priečnom smere bude pôsobiť:

$$F_{dz} = 1041,7 \text{ kN} \text{ a } F_{dh} = 268,9 \text{ kN}$$

V etape výstavby hodnota stáleho zaťaženie $775,6 \text{ kN}/6,3 = 123,11 \text{ kN}$.

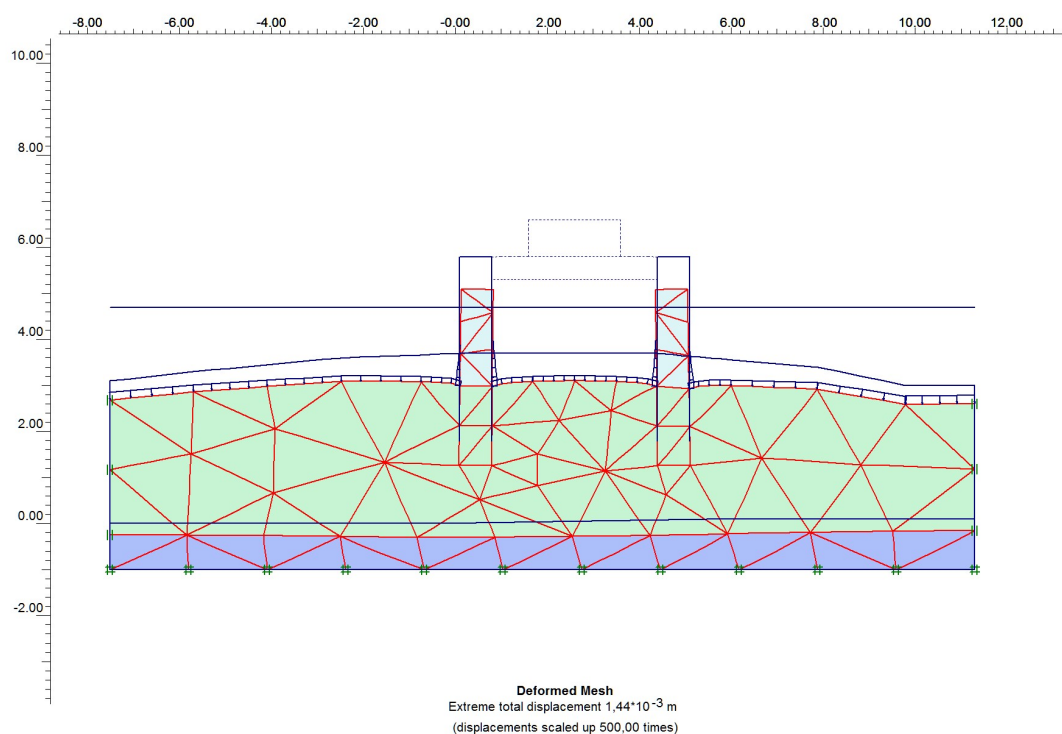
8.2.3 Model piliera a fázy výpočtu

Dočasný pilier je navrhnutý ako dvojité štetovnicové stena s výplňou betónom nižšej triedy a bol modelovaný v systéme Plaxis 15-uzlovými konečnými prvkami v kombinácii s doskovými prvkami (štetovnice) s maximálnou hladinou vody na Q_{100} .

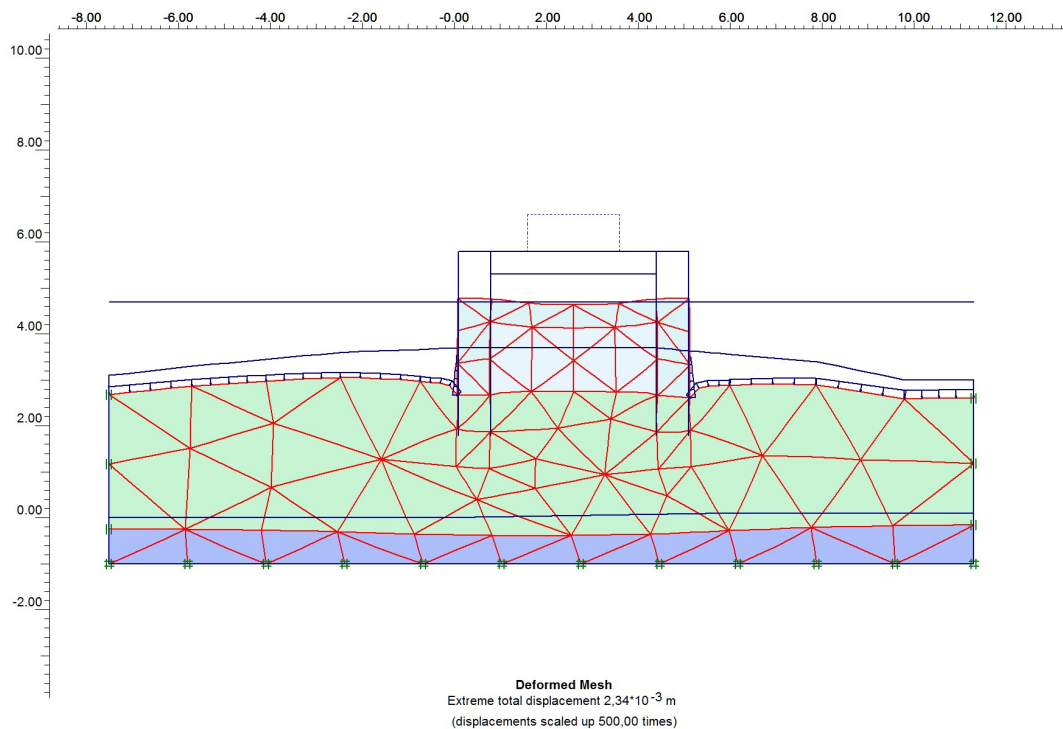


Pre overenie medzných stavov bol dočasný pilier posudzovaný vo viacerých fázach výstavby zaťaženia. Pre analýzu I. MS sa využil výpočet s metódou „fi-c“ redukcie a pre deformácie plastický výpočet konsolidovaného stavu s aktualizovanou sieťou.

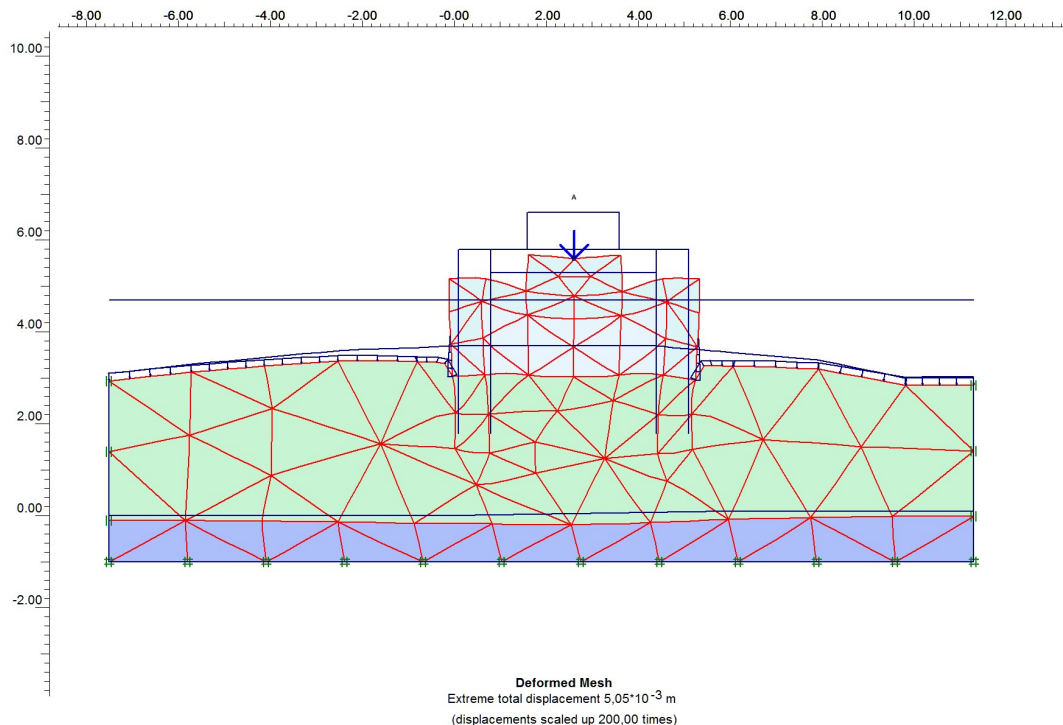
Výsledok prvej analýzy konsolidácie bez zaťaženia ukazuje obrázok:



V druhej fáze výpočtu sa overili deformácie od vlastnej tiaže konštrukcie po jej zhotovení, celkové sadanie je okolo 3,0 mm.

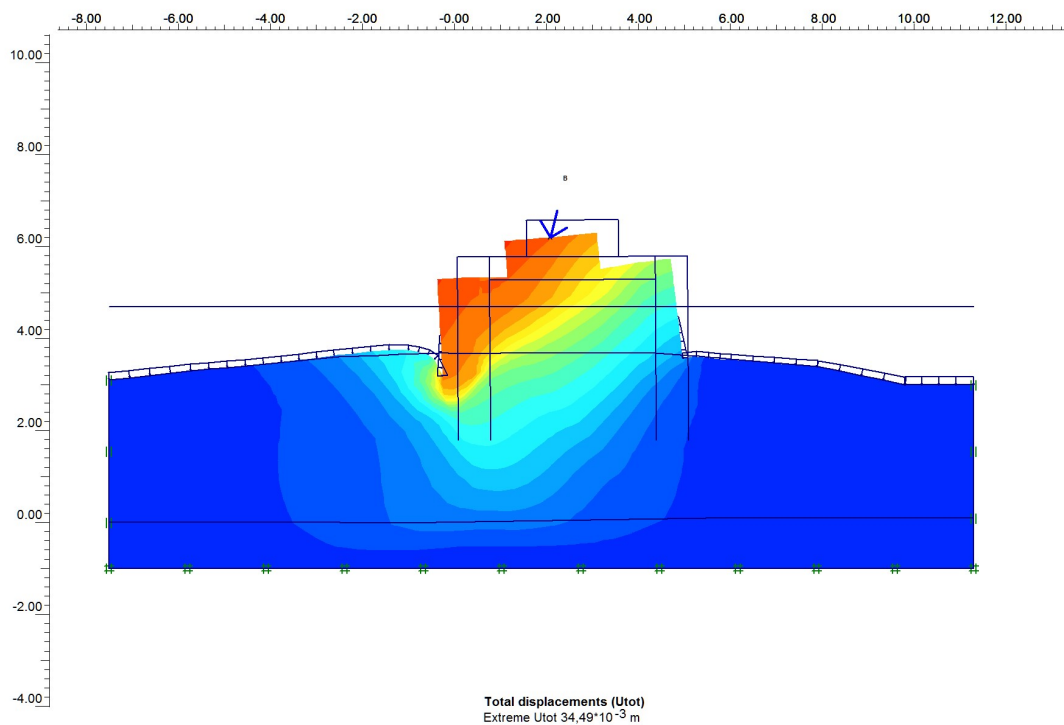


V treťom kroku bol model vystavený stálemu zaťaženiu od konštrukcie provizória bez účinkov vetra a dopravy, výsledné sadanie je priaznivé v hodnote okolo 5 mm.

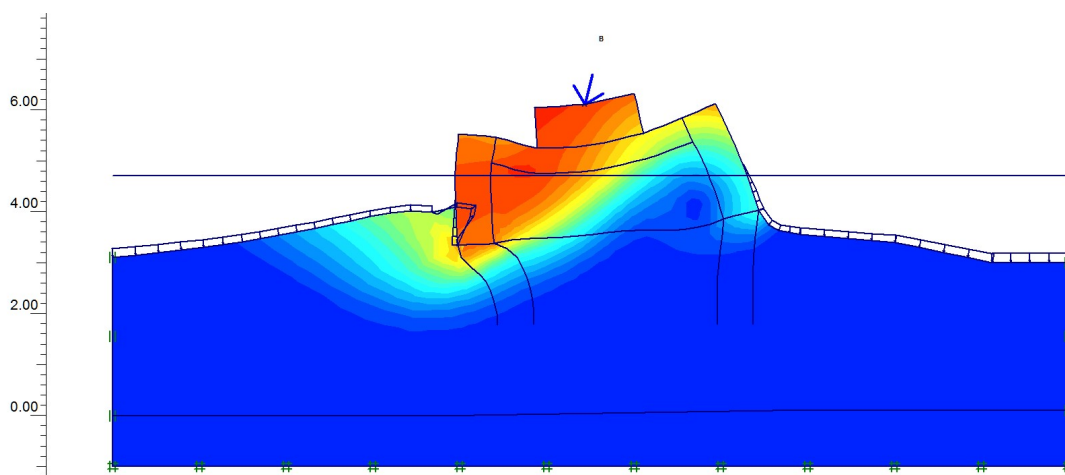


V štvrtom modelovom výpočte sme overili celkové deformácie piliera po náraste zaťaženia na prevádzkový stav = stále + premenlivé (doprava a vietor). Pribeh deformácii od kombinácie zaťaženia

ukazuje nasledovný výstup plastickej analýzy konštrukcie – max. deformácie sú priaznivé pre daný typ konštrukcie v hodnotách do 35 mm.



V poslednom kroku bola overená stabilita mostného piliera výpočtom metódou „fi-c“ redukcie, získaný stupeň stability $\Sigma M_{sf} = F_s = 1,149$ je $> 1,10$. Pribeh možných šmykových porušení ukazuje nasledovný obrázok.



8.3 POSÚDENIE KONŠTRUKCIE DOČASNEJ OPORY 2

8.3.1 Vstupné údaje

Projekt

Akce : Modernizácia žel.na rýchlosť do 160 km/h
Část : SO 408.33.08
Popis : Rekonštrukcia mostu cez Belú v nžkm 244,013 (sžkm 247,096)
Autor : doc.Ing.M.Drusa, PhD.
Odběratel : Reming Consult a.s.
Datum : 10. 10. 2012

Geometria konštrukcie

Délka konstrukce = 10.00 m

Typ konstrukce : Štětovnice IIIIn 436 x 168 x 13.0 mm

Koef.redukce tlaku před stěnou = 1.00

Plocha průřezu	$A = 1.973E-02 \text{ m}^2/\text{m}$
Moment setrvačnosti	$I = 2.320E-04 \text{ m}^4/\text{m}$
Modul pružnosti	$E = 210000.00 \text{ MPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 81000.00 \text{ MPa}$
Modul reakce podloží počítán podle terorie Schmitt.	

Parametry zemin

násyp G1-G3 Id =0,6-0,8 kamenitý

Objemová tíha :	$\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
Napjatost :	efektivní
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{\text{ef}} = 33,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{\text{ef}} = 5,00 \text{ kPa}$
Třecí úhel aktivní :	$\delta_{\text{act}} = 11,00^\circ$
Třecí úhel pasivní :	$\delta_{\text{pas}} = 11,00^\circ$
Zemina :	nesoudržná
Edometrický modul :	$E_{\text{oed}} = 100,00 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{\text{sat}} = 19,70 \text{ kN/m}^3$

fluv. G2-G3 v polohách balvanité

Objemová tíha :	$\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Napjatost :	efektivní
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{\text{ef}} = 36,00^\circ$
Soudržnost zeminy :	$c_{\text{ef}} = 0,00 \text{ kPa}$
Třecí úhel aktivní :	$\delta_{\text{act}} = 13,00^\circ$
Třecí úhel pasivní :	$\delta_{\text{pas}} = 13,00^\circ$
Zemina :	nesoudržná
Edometrický modul :	$E_{\text{oed}} = 161,00 \text{ MPa}$
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{\text{sat}} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

podložie R3-R4 na povrchu zvetralé na GC

Objemová tíha :	γ	=	19,50 kN/m ³
Napjatost :	efektívny		
Úhel vnútorného trenia :	φ_{ef}	=	28,00 °
Soudržnosť zeminy :	c_{ef}	=	30,00 kPa
Třecí úhel aktivní :	δ_{act}	=	9,00 °
Třecí úhel pasivní :	δ_{pas}	=	9,00 °
Zemina :	soudržná		
Poissonovo číslo :	ν	=	0,30
Edometrický modul :	E_{oed}	=	250,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	γ_{sat}	=	20,50 kN/m ³

Geologický profil a přiřazení zemín

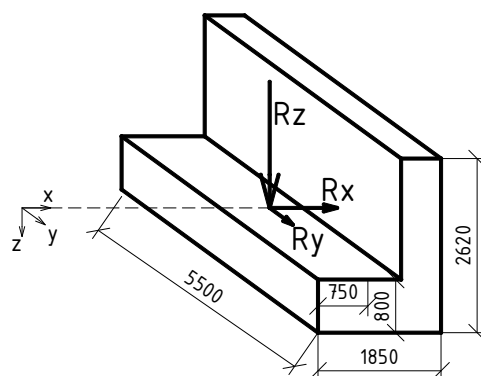
Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2.83	násyp G1-G3 $I_d = 0,6-0,8$ kamenitý	
2	3.20	násyp G1-G3 $I_d = 0,6-0,8$ kamenitý	
3	2.80	fluv. G2-G3 v polohách balvanité	
4	6.00	fluv. G2-G3 v polohách balvanité	
5	-	podložie R3-R4 na povrchu zvetralé na GC	

Hĺbtení

Zemina pred stenou je odebrána do hĺbky 3.25 m.

8.3.2 Údaje o zaťažení

Údaje o zaťažení poskytol Ing., Jaroslav Odrobiňák, PhD. na základe roznosu zaťaženia z mostného provizória.



Stále zaťaženie		Zaťaženie na oporu provizória			
G	Rz [kN]				
Charakter. hodnota	345,4				
Návrhová hodnota	387,8				
Zaťaženie dopravou					
Q	Zvislé			Pozdĺžne na most	Priečne na most
	Rz [kN]	ey [mm]	ex [mm]	Rx [kN]	Ry [kN]
Charakter. hodnota	2223,1	± 83,3	0	± 1210	± 60,5
Návrhová hodnota	3112,4			± 1694	± 84,7
Zaťaženie vetrom					
W	Zvislé			Pozdĺžne na most	Priečne na most
	Rz [kN]	ey [mm]	ex [mm]	Rx [kN]	Ry [kN]
Charakter. hodnota	195	± 2400	0	0	± 117
Návrhová hodnota	292,5			0	± 175,5

Sily Rz, Rx, Ry pôsobia v osi mosta 750 mm od líca opory.

Excentricity ey a ex sú možné excentricity pôsobenia sily Rz v smere osi "y" a "x"

Zaťaženie vetrom v kombinácii s dopravou sa má prenášobiť súčiniteľom 0,75

Stále $F_{dz} = 387,8 \text{ kN}$ Pohyblivé $F_{dz} = 3112,4 + 292,5 \cdot 0,75 = 3331,8 \text{ kN}$

Pohyblivé v smere osi y $F_{dy} = 84,7 + 175,5 \cdot 0,75 = 216,3 \text{ kN}$

Tvar terénu

Terén za konštrukci je ve sklonu 1: 2.00 (úhel sklonu je 26.57 °).

Výška náspu je 0.50 m, dĺžka náspu je 1.00 m.

Vliv vody

Hladina podzemní vody za konštrukci je v hloubce 3.80 m

Hladina podzemní vody před konštrukci je v hloubce 7.00 m

Podloží u paty konstrukce je propustné.

Hydraulický gradient = 0.35

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet aktivního tlaku - Coulomb (ČSN 730037)

Výpočet pasivního tlaku - Caquot-Kerisel (ČSN 730037)

Počet dělení stěny na konečné prvky = 20

Nastavení výpočtu fáze Výpočet proveden bez redukce vstupních dat.

8.3.3 Výsledky výpočtu (Fáza budovania 1)



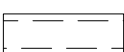
Maximální posouvající síla = 19.47 kN/m

Maximální moment = 23.45 kNm/m

Maximální deformace = 4.5 mm

Vstupní data (Fáze budování 2)

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2.83	násyp G1-G3 $I_d = 0,6-0,8$ kamenitý	
2	3.20	násyp G1-G3 $I_d = 0,6-0,8$ kamenitý	
3	2.80	fluv. G2-G3 v polohách balvanité	
4	6.00	fluv. G2-G3 v polohách balvanité	
5	-	podložie R3-R4 na povrchu zvetralé na GC	

Hloubení

Zemina před stěnou je odebrána do hloubky 2.75 m.

Tvar dna jámy

Číslo	Souřadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0.00	0.00
2	-0.10	0.00
3	-2.35	3.25
4	-3.35	3.25

Počátek [0,0] je umístěn na dně jámy.

Kladná souřadnice +z směřuje dolů.

Tvar terénu

Terén za konstrukcí je ve sklonu 1: 2.00 (úhel sklonu je 26.57 °).

Výška náspu je 0.50 m, délka náspu je 1.00 m.

Vliv vody

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 3.80 m

Hladina podzemní vody před konstrukcí je v hloubce 7.00 m

Podloží u paty konstrukce je propustné.

Hydraulický gradient = 0.83

Zadané kotvy

Číslo	Nová kotva	Hloubka z [m]	Délka l [m]	Kořen l_k [m]	Sklon α [°]	Vzd. mezi b [m]
1	ANO	0.60	6.00	5.00	0.00	1.10
Číslo	Průměr d [mm]	Plocha A [mm ²]	Modul E [MPa]	Dopnutí	Síla F [kN]	
1	36.0		210000.00		0.00	

Nastavení výpočtu fáze

Výpočet proveden bez redukce vstupních dat.

8.3.4 Výsledky výpočtu (Fáze budovania 2)

Průběhy tlaků na konstrukci (před a za stěnou)

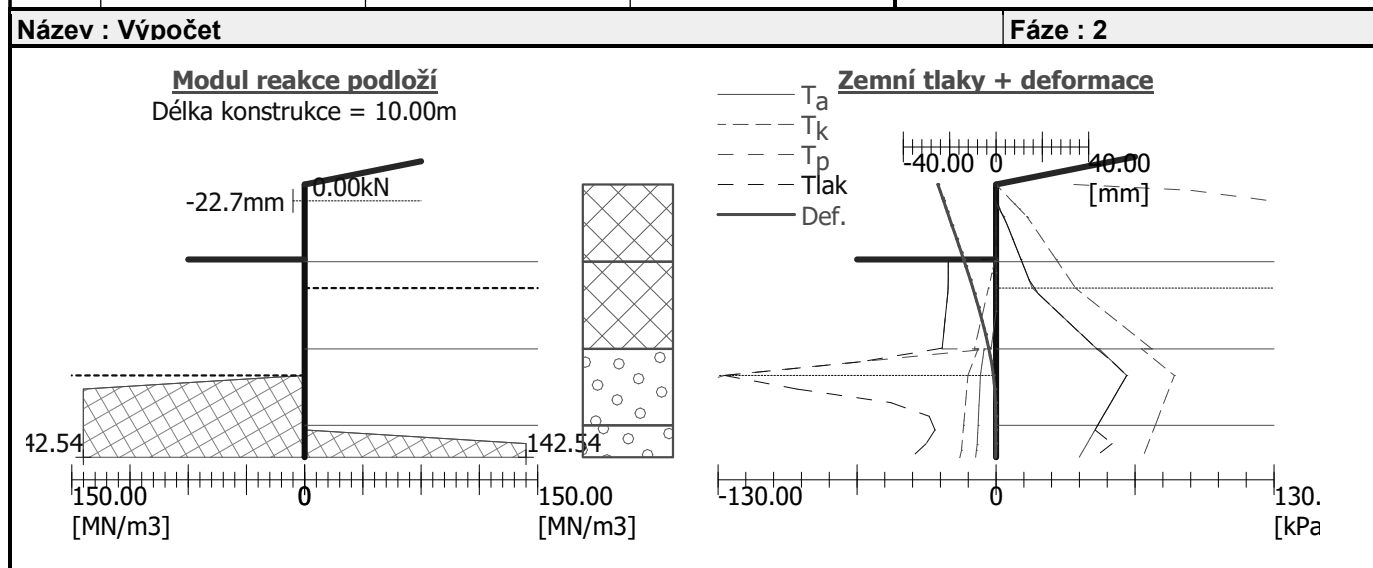
Maximální posouvající síla = 33.94 kN/m

Maximální moment = 60.52 kNm/m

Maximální deformace = 25.1 mm

Síly v kotvách

Číslo	Hloubka [m]	Deformace [mm]	Síla v kotvě [kN]
1	0.60	-22.7	0.00



Vnitřní stabilita kotevního systému - mezivýsledky

$E_A = 107.68$ kN/m $\delta = 11.63^\circ$

Řada kotev	E_{A1} [kN/m]	δ_1 [°]	G [kN/m]	C [kN/m]	θ [°]	Započítané řady kotev	Q [kN/m]	F [kN/m]	FK_{MAX} [kN]
1	0.14	33.00	638.11	43.79	38.32		174.49	90.96	100.06

Vstupní data (Fáze budování 3)

Hloubení

Zemina před stěnou je odebrána do hloubky 2.75 m.

Tvar dna jámy

Číslo	Souřadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0.00	0.00
2	-0.10	0.00
3	-2.35	3.25
4	-3.35	3.25

Počátek [0,0] je umístěn na dně jámy.

Kladná souřadnice +z směřuje dolů.

Tvar terénu

Terén za konstrukcí je ve sklonu 1: 2.00 (úhel sklonu je 26.57 °).

Výška náspu je 0.50 m, délka náspu je 1.00 m.

Vliv vody

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 3.80 m

Hladina podzemní vody před konstrukcí je v hloubce 7.00 m

Podloží u paty konstrukce je propustné.

Hydraulický gradient = 0.38

Zadaná bodová přitížení

Číslo	Přítížení		Působ.	Velikost [kN]	Poř.x x [m]	Délka l [m]	Šířka b[m]	Hloubka z [m]
	nové	změna						
1	ANO		stálé	387.80	1.75	0.60	0.60	na terénu
2	ANO		proměnné	3331.80	1.75	0.60	0.60	na terénu
Číslo	Název							
1	stále							

Zadané kotvy

Číslo	Nová kotva	Hloubka z [m]	Délka l [m]	Kořen l _k [m]	Sklon α [°]	Vzd. mezi b [m]
1	NE	0.60	6.00	5.00	0.00	1.10
Číslo	Průměr d [mm]	Plocha A [mm ²]	Modul E [MPa]	Dopnutí	Síla F [kN]	
1	36.0		210000.00		326.75	

Nastavení výpočtu fáze

Výpočet proveden bez redukce vstupních dat – klasický postup

8.3.5 Výsledky výpočtu (Fáza budovania 3)

Průběhy modulu reakce podloží a vnitřních sil po konstrukci

Hloubka [m]	kh,p [MN/m ³]	kh,z [MN/m ³]	Deformace [mm]	Tlak [kPa]	Pos.síla [kN/m]	Moment [kNm/m]
0.00	0.00	0.00	-27.92	0.00	0.00	0.00
0.50	0.00	0.00	-31.18	0.00	0.00	-0.00
0.60	0.00	0.00	-31.83	53.15	-2.66	0.09
0.60	0.00	0.00	-31.83	53.15	294.39	0.09
1.00	0.00	0.00	-34.38	265.75	230.61	-107.75
1.50	0.00	0.00	-37.05	208.60	112.03	-192.22
2.00	0.00	0.00	-38.75	149.60	22.48	-224.61
2.50	0.00	0.00	-39.32	90.60	-37.58	-219.61
2.74	0.00	0.00	-39.19	62.28	-55.92	-208.25
2.76	0.00	0.00	-39.17	37.59	-56.92	-207.12
3.00	0.00	0.00	-38.78	9.24	-62.54	-192.65
3.50	0.00	0.00	-37.24	-6.84	-63.14	-160.90
4.00	0.00	0.00	-34.88	-2.87	-60.71	-130.02
4.50	0.00	0.00	-31.85	3.25	-60.81	-99.77
5.00	0.00	0.00	-28.31	9.36	-63.96	-68.70
5.50	0.00	0.00	-24.42	15.48	-70.17	-35.30
6.00	0.00	0.00	-20.35	21.59	-79.43	1.98
6.50	0.00	0.00	-16.29	-8.93	-82.60	43.12
7.00	0.00	0.00	-12.45	-65.87	-63.90	80.93
7.50	0.00	0.00	-9.02	-91.89	-24.46	103.56
8.00	0.00	0.00	-6.11	-117.91	27.99	103.23
8.50	7.13	0.00	-3.72	8.66	57.36	76.93
9.00	7.13	0.00	-1.72	18.66	50.44	49.81
9.50	7.13	142.54	0.02	58.38	61.62	18.20
10.00	0.00	7.13	1.66	70.91	-0.00	-0.00

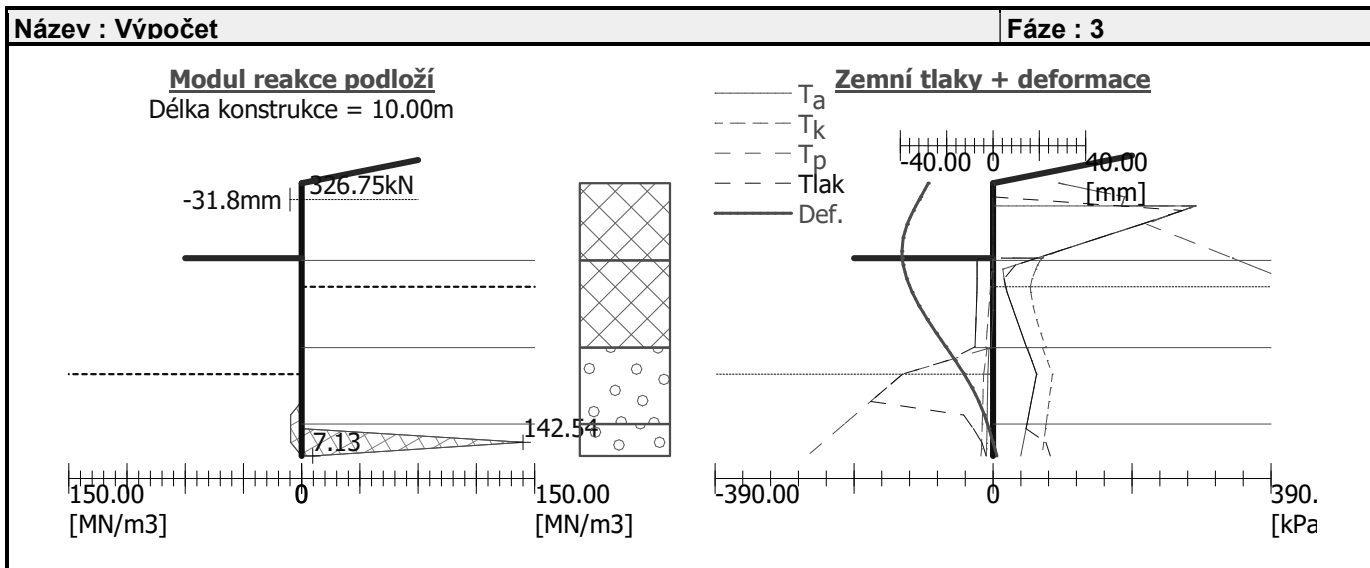
Maximální posouvající síla = 294.39 kN/m

Maximální moment = 224.61 kNm/m

Maximální deformace = 39.3 mm

Síly v kotvách

Číslo	Hloubka [m]	Deformace [mm]	Síla v kotvě [kN]
1	0.60	-31.8	326.75



Vnitřní stabilita kotevního systému - mezivýsledky

$E_A = 516.16 \text{ kN/m}$ $\delta = 11.41^\circ$

Řada kotev	E_{A1} [kN/m]	δ_1 [°]	G [kN/m]	C [kN/m]	θ [°]	Započítané řady kotev	Q [kN/m]	F [kN/m]	FK _{MAX} [kN]
1	0.14	33.00	6947.88	37.27	46.76		6867.45	-984.30	-1082.73

8.3.6 Posúdenie celkovej stability opory

Kotvy

Číslo	Počátek		Délka a sklon / souřadnice		Vzd. kotev b [m]	Průměr / plocha d [mm] / A [mm²]	Modul pružnosti E [MPa]	Síla na m.přetrž. F _c [kN]	Působí v tlaku	Síla F [kN]
	x [m]	z [m]	l [m] / x [m]	α [°] / z [m]						
1	-0,20	-0,60	l = 6,00	$\alpha = 0,00$	1,10	d =			Ne	326,75

Přetížení

Číslo	Typ	Působení	Umístění z [m]	Počátek x [m]	Délka l [m]	Šířka b [m]	Sklon α [°]	Velikost		
								q, q ₁ , f, F	q ₂	jednotka
1	bodové	stálé	na povrchu	x = 1,75	l = 0,60	b = 0,60		387,80		kN
2	bodové	stálé	na povrchu	x = 1,75	l = 0,60	b = 0,60		3331,80		kN

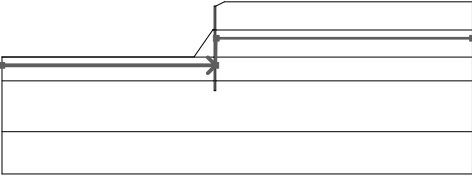
Názvy přetížení

Číslo	Název
1	stále

Voda

Typ vody :

HPV uvažovaná pri prúdení do stavebnej jamy

Číslo	Umístění HPV	Souřadnice bodů HPV [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		-25,00	-7,00	0,00	-7,00	0,05	-3,80
		30,00	-3,80				

Tahová trhlina

Tahová trhlina není zadána.

Zemětřesení

Se zemětřesením se nepočítá.

Celkové nastavení výpočtu

Typ výpočtu : v efektivních parametrech

Nastavení výpočtu fáze

Metodika posouzení : klasický výpočet

Nastavení výpočtu : Slovenská republika

Typ výpočtu : Stupeň bezpečnosti

Stupeň bezpečnosti : 1,50

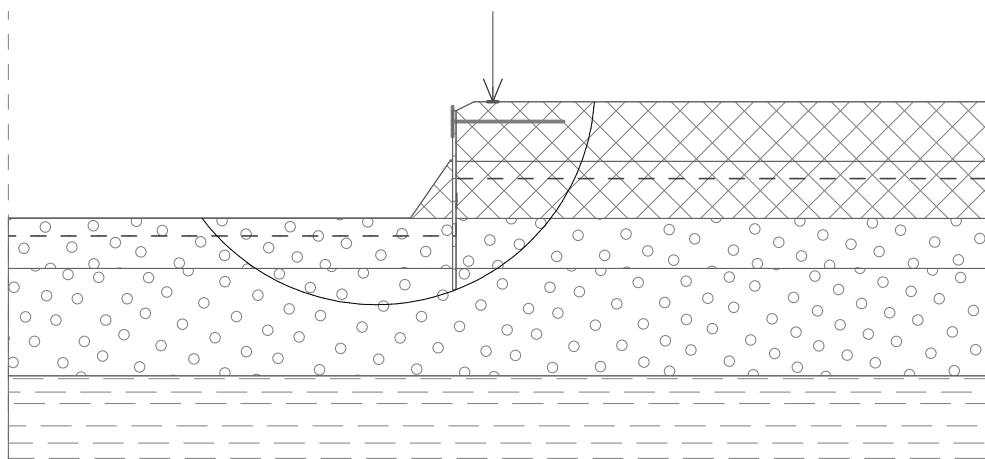
Výsledky (Fáze budování 1)**Výpočet 1****Kruhová smyková plocha**

Parametry smykové plochy						
Střed :	x =	-4,45	[m]	Úhly :	α_1 =	-52,94 [°]
	z =	1,35	[m]		α_2 =	86,00 [°]
Poloměr :	R =	12,20	[m]			
Smyková plocha po optimalizaci.						

Posouzení stability svahu (Spencer)

Stupeň bezpečnosti = 2,00 > 1,50

Stabilita svahu VYHOVUJE



Poznámka: Štetovnicovú stenu dočasnej opory predpisujeme monitorovať a geodeticky zameriavať v čase prevádzky provizória. V prípade veľkých deformácií v hornej úrovni je potrebné podchytiť šikmými vzperami dĺžky 4-5 m opretými v rohoch o napájajú štetovnicovú stenu a na opačnej strane do svahu výkopu. V prípade ďalších deformácií inštalovať doplňujúce tyčové kotvy v úrovni 1/3 výšky pažiacej konštrukcie.

8.4 Literatúra k spodnej stavbe

- STN EN 1991-2 Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 2: Zaťaženia mostov dopravou, 2006
- STN EN 1997-1 (73 0091) Eurokód 7 Navrhovanie geotechnických konštrukcií. Časť 1: Všeobecné pravidlá, 2005
- STN EN 14475 (73 1009) - Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Vystužené zemné konštrukcie, 2007
- STN EN 1537: Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác. Injektované horninové kotvy, 2002

9 ZÁVER

Nosné časti mostného objektu SO 408.33.08 spĺňajú požiadavky podmienok spoľahlivosti, bezpečnosti a trvanlivosti.

Projektant si vyhradzuje právo odsúhlasenia zmien, ktoré ovplyvnia statické a dynamické pôsobenie navrhnutých častí mosta čo i v malej miere.

V prípade zmeny stavebných postupov opísaných v TS, prípadne iných zmien kontaktovať zodpovedného projektanta objektu.

Ak sa po odkrytí základových škár preukáže iná (horšia) kvalita základovej pôdy, alebo v prípade zmeny technológie zakladania kontaktovať prof. Ing. Mariána Drusu, PhD.

Žilina, september 2024

za kolektív spracovateľov:

Ing. Jozef Prokop, PhD.