

Most cez Hron na ceste III/2379 ev. č. 2379-4

Obsah

1	Technická správa k statickému výpočtu	2
1.1	Identifikačné údaje	2
1.2	Základné údaje o objekte	2
1.3	Účel vypracovania prepočtu	3
1.4	Popis konštrukcie mostného objektu	3
1.5	Použité podklady	5
2	Výpočet vnútorných síl	5
2.1	Úvod – analýza konštrukcie	5
2.2	Výpočtové modely	6
2.2.1	Model na určenie zaťažiteľnosti rekonštruovaného mosta	6
2.2.2	Modely na overenie stability mosta pri realizácii stavebných prác	7
2.3	Výpočet zaťaženia	12
2.4	Zaťažovacie skupiny	15
2.5	Zaťažovacie stavy	15
2.6	Rozhodujúce vnútorné sily	16
2.6.1	Vnútorné sily pre nosníky Vloššák v strede rozpätia	16
2.6.2	Vnútorné sily pre určenie zaťažiteľnosti úložného prahu piliera	17
2.6.3	Vnútorné sily pre určenie zaťažiteľnosti kruhového drieku piliera	17
2.7	Únosnosť nosníkov Vloššák	19
3	Výpočet zaťažiteľnosti rekonštruovanej konštrukcie	19
3.1	Výpočet zaťažiteľnosti nosnej konštrukcie	19
3.1.1	Normálna zaťažiteľnosť W_n , faktor normálnej zaťažiteľnosti F_z	19
3.1.2	Výhradná zaťažiteľnosť W_r	20
3.1.3	Výnimočná zaťažiteľnosť W_e	21
3.2	Výpočet zaťažiteľnosti spodnej stavby	22
3.2.1	Výpočet zaťažiteľnosti úložného prahu piliera	22
3.2.2	Výpočet zaťažiteľnosti drieku piliera	27
3.3	Overenie únosnosti mosta počas rekonštrukcie	31
3.3.1	Overenie únosnosti mosta počas 1. fázy rekonštrukcie	31
3.3.2	Overenie únosnosti mosta počas 2. fázy rekonštrukcie	35
4	Vyhodnotenie zaťažiteľnosti	39

1 Technická správa k statickému výpočtu

1.1 Identifikačné údaje

Stavba: Most cez Hron na ceste III/2379 ev. č. 2379-4, Nemecká

Stavebný objekt: D201 Most cez Hron na ceste III/2379 ev. č. 2379-4

Druh stavby: Rekonštrukcia

Katastrálne územie Nemecká

Okres Brezno

Kraj Banskobystrický

Investor Banskobystrický samosprávny kraj,
Nám. SNP č. 23,
974 01 Banská Bystrica

Správca mosta Banskobystrický samosprávny kraj,
Nám. SNP č. 23,
974 01 Banská Bystrica

Projektant DAQE Slovakia, s.r.o.
Univerzitná 8498/25, 010 08 Žilina

Zodpovedný projektant: Ing. Lukáš Rolko
kontakt na ZoP: 0908 939 806, l.rolko@gmail.com

1.2 Základné údaje o objekte

Druh prevádzanej komunikácie	cesta tretej triedy III/2379
Kategória cesty	C 8,5/50
Staničenie na ceste	km 3,285
Prekážka	rieka Hron
Počet mostovkových podlaží	jednopodlažný most
Výšková poloha mostovky	horná mostovka
Meniteľnosť základnej polohy	nepohyblivý most
Doba trvania	most trvalý
Priebeh trasy na moste	smerovo začína v prechodnici a pokračuje v priamej
Situatívne usporiadanie	šikmý (vzhľadom na prekážku)
Hmotná podstata	masívny
Členitosť hlavnej nosnej konštrukcie	päť - poľový, predpätý betón, nosníky Vloššák 0,85 m x 18,4 m, 5x11ks
Východzia charakteristika	trámový
Konštrukčné usporiadanie priečneho rezu	otvorene usporiadaný
Obmedzenie voľnej výšky na moste	voľná výška neobmedzená
Rok postavenia mosta	neuvedené
Počet dil. celkov	5
Dĺžka premostenia	90,72 m
Rozpätia polí	5 x 18,0 m
Dĺžka mosta	100,19 m

Šikmosť mosta	kolmý
Šírka spevnenej časti vozovky	premenlivá min. 7,95 m
Šírka medzi zábradliami	premenlivá min 10,31m
Šírka ríms na moste	ľavá 1,53 m, pravá 1,55 m
Šírka chodníka	2 x 1,18m
Celková šírka	11,023 m
Výška mosta nad terénom	až 5,7 m
Stavebná výška mosta	1,17 m
Plocha NK mosta	1027 m ²
Dôležité upozornenia	nie sú

1.3 Účel vypracovania prepočtu

Účelom vypracovania tohto prepočtu je stanovenie zaťažiteľnosti mostného objektu po realizovaní navrhovaných rekonštrukčných prác ako i overenie stability mostného objektu počas realizácie rekonštrukčných prác.

1.4 Popis konštrukcie mostného objektu

Most prevádza cestu III/2379 ponad rieku Hron. Trasa cesty III/2379 vchádza na most v prechodnici a ďalej na moste pokračuje v priamej. Tesne za mostom pokračuje trasa v prechodnici.

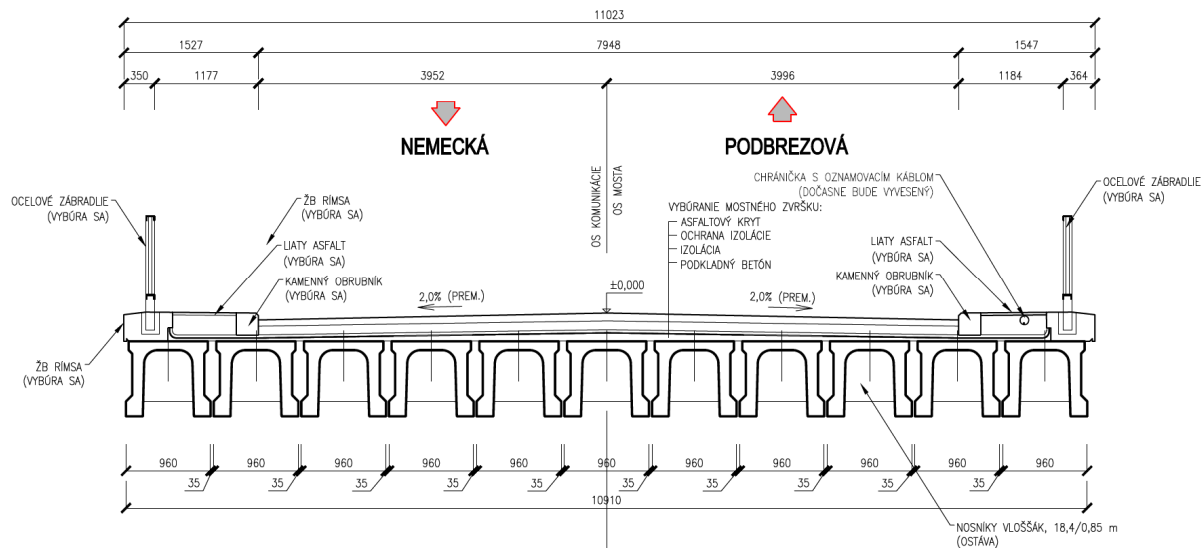
Mostný objekt 2379-4 je 5-poľový most z predpätých prefabrikátov. Nosná konštrukcia je tvorená v priečnom reze celkovo jedenástimi predpätými nosníkmi Vloššák. Dĺžka nosníkov je 18,4 m. Rozpätie jednotlivých polí mosta je 18,0 m, dĺžka premostenia je 90,72 m. Výška nosníkov Vloššák je 0,85 m. Na nosníkoch bola vyhotovená vrstva zrovnávacieho betónu hrúbky cca 100 mm. Na tejto vrstve je v súčasnosti vozovka o hrúbke 190mm. Nosníky sú v priečnom smere prepojené priečnym predpätím a medzinosníkovými dobetonávkami. Šírka vozovky na moste je premenlivá, minimálne cca. 7,95m. V krajných poliach sa vozovka rozširuje. Na moste sa nachádzajú rímsy do ktorých je ukotvené zábradlie so zvislou výplňou.

Spodná stavba mosta je tvorená dvojicou betónových opôr a štyrmi piliermi. Opory sú zložené zo základov, betónových driekov s kamenným obkladom, železobetónových úložných prahov a záverných stienok. Súčasťou opôr sú aj nadväzujúce betónové krídla. Založenie mosta je plošné. Pilieri sú kruhového prierezu na ktorom je železobetónový úložný prah premenlivej výšky a šírky. Pri betonáži kruhových driekov pilierov boli použité ako debnenie betónové skruže. Betónové jadro kruhového drieku piliera má priemer 1,5 m. Výška driekov pilierov je premenlivá od 3,0m po 4,5m.

Na moste sa nachádzajú odvodňovače avšak vo veľmi zlom stave. Odvodnenie je zabezpečené priečnymi a pozdĺžnymi sklonmi vozovky k odvodňovačom. Most nemá mostné závery ani dilatačnú škáru medzi nosníkmi a závernými stienkami.

VZOROVÝ PRIEČNY REZ

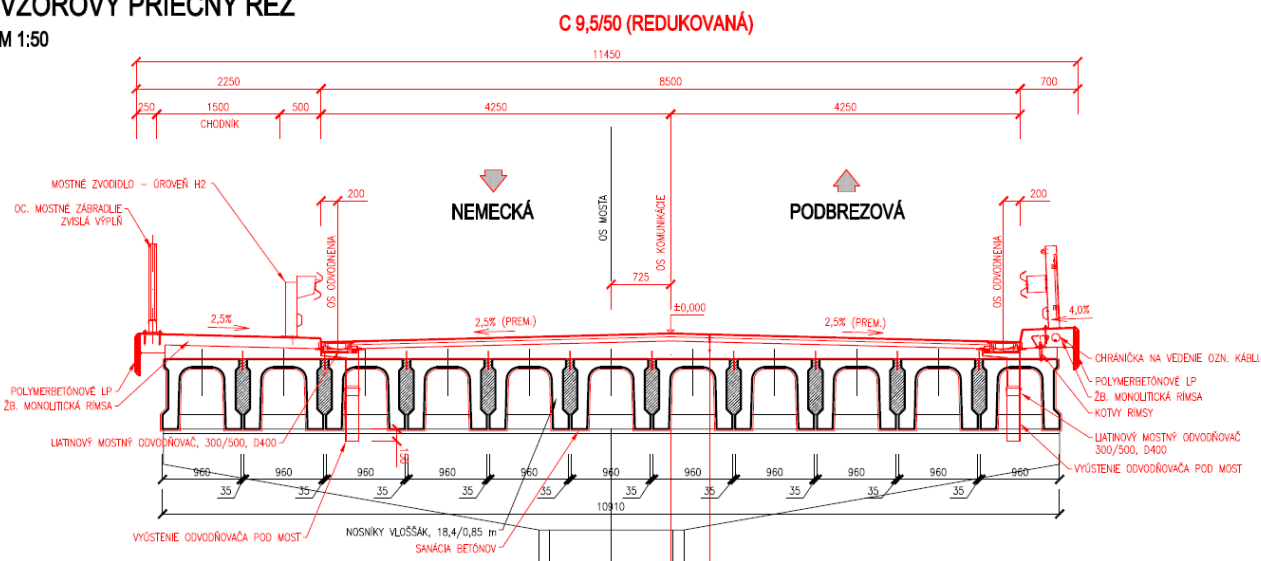
EXISTUJÚCI STAV, M 1:50



Obr. Priechy rez mostom - existujúci stav

VZOROVÝ PRIEČNY REZ

M 1:50



Obr. Priechy rez mostom - navrhovaný stav

1.5 Použité podklady

Použité podklady:

- [1] STN 73 6201 Projektovanie mostných objektov
- [2] Diagnostika mosta cez Hron ev.č. 2379-4 v obci Nemecká, spracovávateľ: VÚIS Mosty s.r.o., Bratislava máj 2017
- [3] Pôvodná projektová dokumentácia: Most cez Hron na štátnej ceste č.66 v obci zámotie, spracovávateľ: Štátny ústav pre projektovanie dopravných stavieb DOPRAVOPROJEKT, Bratislava august 1963.
- [3] STN EN 1991 Eurokód 1. Zaťaženie konštrukcií
- [4] STN EN 1990 Eurokód Základy navrhovania
- [5] STN EN 1992 Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií
- [6] STN EN 1997 Eurokód 7. Navrhovanie geotechnických konštrukcií
- [7] TP 060 - Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Mosty, MDVRR SR: 2012
- [8] TP 104: Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok
- [9] TP 006: Hodnotenia statických dôsledkov porúch mostov z prefabrikovaných nosníkov Vloššák
- [10] Manuály a návodu ku programu SCIA ENGINEER

2 Výpočet vnútorných síl

2.1 Úvod – analýza konštrukcie

Mostný objekt 2379-4 je 5-pol'ový most z predpätých prefabrikátov. Nosná konštrukcia je tvorená v priečnom reze celkovo jedenástimi predpätými nosníkmi Vloššák. Dĺžka nosníkov je 18,4 m. Rozpätie polí mosta je 18,0 m. Nosníky sú v priečnom smere prepojené priečnym predpätím a previazané betonárskou výstužou v rámci dobetonávok. V pozdĺžnom i priečnom smere je nosná konštrukcia predpätá.

Množstvo, geometria a stav napätosti predpínacej výstuže nie je známy. Nakoľko tieto charakteristiky nebolo možné určiť počas diagnostického prieskumu mostného objektu z dôvodu nutnosti vykonania pomerne veľkého množstva deštruktívnych zásahov do nosnej konštrukcie, v nasledujúcom sa bude pri určení únosnosti nosníkov vychádzať z informácií uvedených v metodickom pokyne TP 006 (predtým TP 006) so zohľadnením ich aktuálneho stavebno-technického stavu. Nakoľko tieto únosnosti boli v minulosti vypočítané podľa metódy dovoľených namáhání neboli pri výpočte uvažované parciálne súčinitele zaťaženia.



Obr. Pohľad na mostný objekt zospodu



Obr. Detail kotiev priečného predpätia

2.2 Výpočtové modely

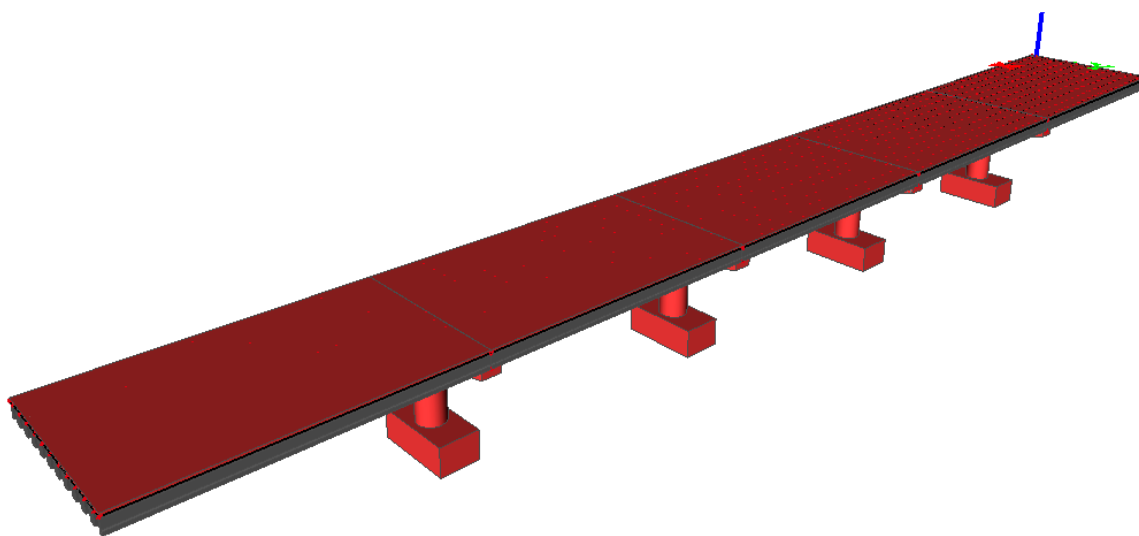
2.2.1 Model na určenie zaťažiteľnosti rekonštruovaného mosta

Na vystihnutie priestorového správania sa konštrukcie bol vytvorený v prostredí výpočtového programu Scia Engineer celkový dosko – prúťový model mostu vrátane pilierov a ich úložných prahov. Tento model slúži na určenie rozhodujúcich hodnôt vnútorných síl pre určenie zaťažiteľnosti jednotlivých limitujúcich prierezov danej nosnej konštrukcie po realizácii navrhovaných rekonštrukčných prác. Konštrukcia sa skladá z 11 prúťových prvkov – predpätých nosníkov Vloššák dĺžky 18,4m, ktoré sú v priečnom smere prepojené rebrami – modelovanými ako prúťové prvky. Jednotlivé nosníky sú prepojené v skutočnosti dobetonávkami a predpäté v mieste rebier. V modeli nie sú modelované medzinosníkové dobetonávky a ich tiaž je zohľadnená zadaným zaťažením. Na hornej ploche nosníkov je modelovaná spriahajúca doska konštantnej (priemernej) hrúbky a jednotlivé hlavné nosníky sú k nej pripojené ako rebrá dosky.

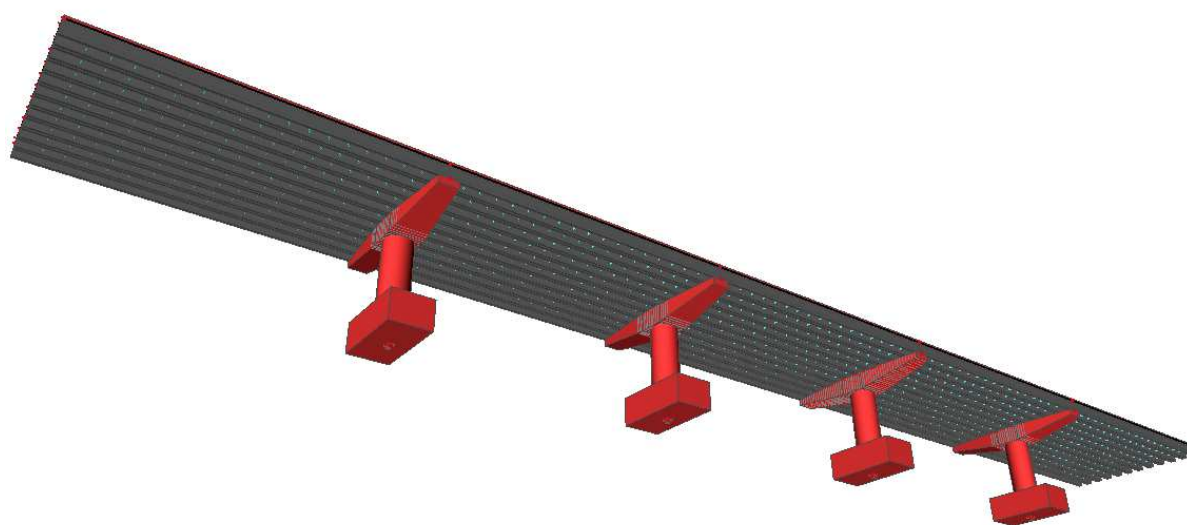
Na určenie zaťažiteľnosti spodnej stavby (kruhového drieku piliera a úložného prahu piliera) bola do výpočtového programu namodelovaná výstuž podľa pôvodného projektu mosta. Na zohľadnenie stavebnotechnického stavu bolo uvažované s 10% korozívnym úbytkom plochy výstuže ktorý bol zohľadnený znížením medze klzu zadanej betonárskej výstuže.

Nosná konštrukcia je uložená kĺbovo a posuvne na čo zodpovedá celkovému pôsobeniu mosta.

Vo výpočtovom modeli boli modelované zaťaženia podľa **TP 104 – Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok**. Keďže sa jedná o 5 - poľový most avšak každé pole pôsobí ako prostý nosník nebolo nutné zriadenie vplyvových plôch.



Obr. – Výpočtový model - pohľad zhora



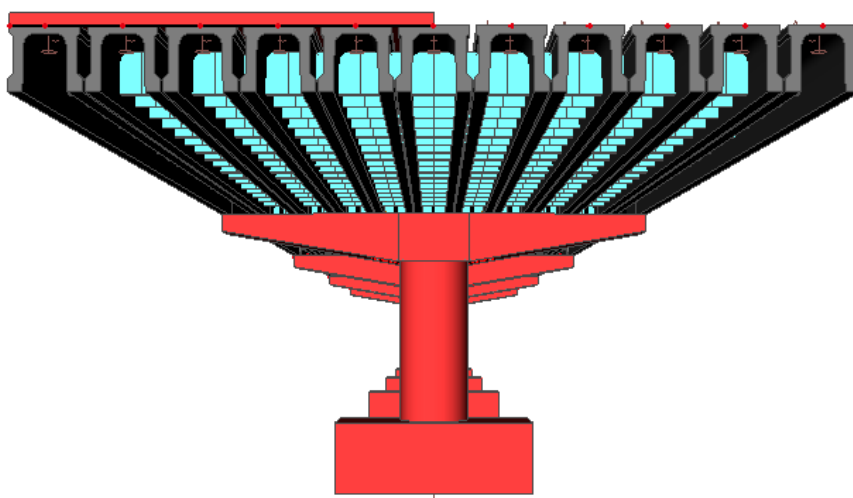
Obr. – Výpočtový model - pohľad zdola

2.2.2 Modely na overenie stability mosta pri realizácii stavebných prác

Na overenie stability konštrukcie počas výstavby boli použité dva výpočtové modely. Konštrukcia v týchto modeloch bola modelovaná rovnako ako v prípade výpočtového modelu na určenie zaťažiteľnosti mosta.

Prvý model slúži na overenie stability mosta, keď dôjde k vybúraníu polovice mostného zvršku a tým výraznému odľahčeniu časti mosta, pričom po druhej polovici mosta (pôvodnej) bude prebiehať doprava.

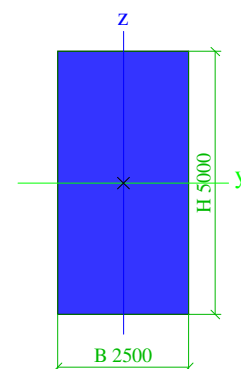
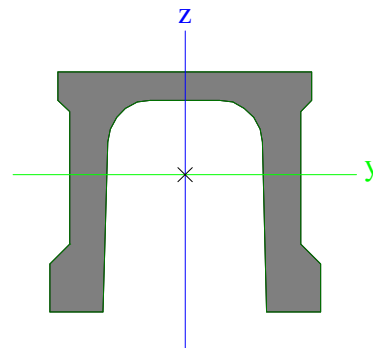
Druhý model slúži na overenie stability mosta vo fáze, keď dôjde k vybúraníu druhej polovice mosta (odľahčeniu) a doprava bude prebiehať po už zrekonštruovanej časti mostného objektu.






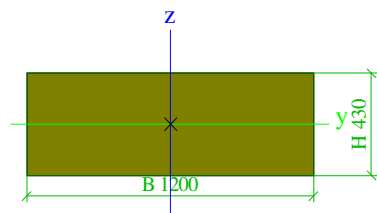
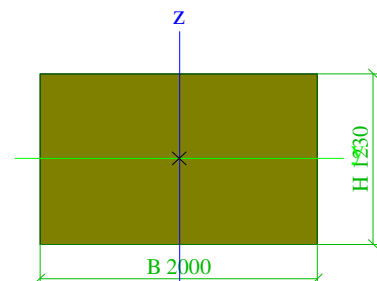
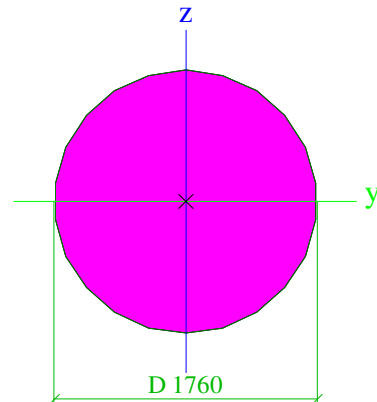
Obr. – Výpočtový model - pohľad priečny rez

Prierezy použité vo výpočtovom modeli:

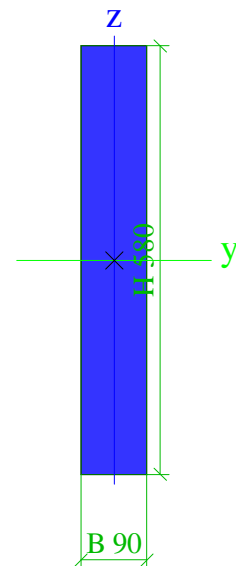
VLOSSAK 18,4/0,85m			
Typ	Všeobecný prierez		
Typ tvaru	Tenkostenný		
Materiálová položka	C40/50		
Výroba	všeobecný		
Farba			
A [m ²]	3,2454e-01		
A _y [m ²], A _z [m ²]	1,0240e-01	2,1141e-01	
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	4,9901e+00	4,9901e+00	
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	0	61	
∠f1 alfa [deg]	0,00		
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	2,4983e-02	3,6008e-02	
i _y [mm], i _z [mm]	277	333	
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	5,1388e-02	7,5014e-02	
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00	
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00	
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00	
d _y [mm], d _z [mm]	0	0	
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	6,3286e-03	0,0000e+00	
β _y [mm], β _z [mm]	-174	0	
Obrázok			
ZAKLAD PILIERA			
Typ	Obdĺžnik		
Detailný	5000; 2500		
Typ tvaru	Hrubostenný		
Materiálová položka	C16/20		
Výroba	betón		
Farba			
A [m ²]	1,2500e+01		
A _y [m ²], A _z [m ²]	1,0417e+01	1,0417e+01	
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	1,5000e+01	1,5000e+01	
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	1250	2500	
∠f1 alfa [deg]	0,00		
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	2,6042e+01	6,5104e+00	
i _y [mm], i _z [mm]	1443	722	
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	1,0417e+01	5,2083e+00	
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00	
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00	
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00	
d _y [mm], d _z [mm]	0	0	
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	1,7869e+01	0,0000e+00	



β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Obrázok		
DRIEK PILIERA		
Typ	Kruh	
Detailný	1760	
Typ tvaru	Hrubostenný	
Materiálová položka	C20/25	
Výroba	betón	
Farba		
A [m ²]	2,4328e+00	
A _y [m ²], A _z [m ²]	2,1896e+00	2,1896e+00
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	5,5289e+00	5,5289e+00
c _{y,UCS} [mm], c _{z,UCS} [mm]	880	880
φ_1 alfa [deg]	0,00	
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	4,7100e-01	4,7100e-01
i _y [mm], i _z [mm]	440	440
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	5,3523e-01	5,3523e-01
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	9,0863e-01	9,0863e-01
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	9,4200e-01	0,0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Obrázok		
ULOŽNY PRAH STRED		
Typ	Obdĺžnik	
Detailný	1230; 2000	
Typ tvaru	Hrubostenný	
Materiálová položka	C20/25	
Výroba	betón	
Farba		
A [m ²]	2,4600e+00	
A _y [m ²], A _z [m ²]	2,0500e+00	2,0500e+00
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	6,4600e+00	6,4600e+00
c _{y,UCS} [mm], c _{z,UCS} [mm]	1000	615
φ_1 alfa [deg]	0,00	
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	3,1014e-01	8,2000e-01
i _y [mm], i _z [mm]	355	577
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	5,0430e-01	8,2000e-01
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	7,6569e-01	0,0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Obrázok		
ULOŽNY PRAH OKRAJ		
Typ	Obdĺžnik	
Detailný	430; 1200	
Typ tvaru	Hrubostenný	
Materiálová položka	C20/25	
Výroba	betón	
Farba		
A [m ²]	5,1600e-01	
A _y [m ²], A _z [m ²]	4,3000e-01	4,3000e-01
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	3,2600e+00	3,2600e+00
c _{y,UCS} [mm], c _{z,UCS} [mm]	600	215
φ_1 alfa [deg]	0,00	
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	7,9507e-03	6,1920e-02
i _y [mm], i _z [mm]	124	346
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	3,6980e-02	1,0320e-01
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	2,4626e-02	0,0000e+00



β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Obrázok		
ULOŽNY PRAH OKRAJ1		
Typ	Obdĺžnik	
Detailný	580; 90	
Typ tvaru	Hrubostenný	
Materiálová položka	C20/25	
Výroba	betón	
Farba		
A [m ²]	5,2200e-02	
A _y [m ²], A _z [m ²]	4,3500e-02	4,3500e-02
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	1,3400e+00	1,3400e+00
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	45	290
$\backslash f1$ alfa [deg]	0,00	
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	1,4633e-03	3,5235e-05
i _y [mm], i _z [mm]	167	26
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	5,0460e-03	7,8300e-04
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	1,2716e-04	0,0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Obrázok		
ULOŽNY PRAH OKRAJ2		
Typ	Kruh	
Detailný	Číselný	
Farba		
Rovinný vzper y-y, Rovinný vzper z-z	d	d
A [m ²]	1,2566e+05	
A _y [m ²], A _z [m ²]	1,1310e+05	1,1310e+05
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	1,2566e+03	1,2566e+03
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	200000	200000
I _{y,LCS} [m ⁴], I _{z,LCS} [m ⁴]	1,2566e+09	1,2566e+09
I _{yz,LCS} [m ⁴]	2,8610e-06	
$\backslash f1$ alfa [deg]	-22,50	
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	1,2566e+09	1,2566e+09
i _y [mm], i _z [mm]	99990	99990
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	6,2832e+06	6,2832e+06
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	1,0667e+07	1,0667e+07
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	2,5133e+09	0,0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	0	0



Vysvetlivky symbolov	
A	Plocha
A _y	Šmyk. plocha v hlavnom smere y
A _z	Šmyk. plocha v hlavnom smere z
A _L	Obvod na jednotku dĺžky
A _D	Vysychajúci obvod na jednotku dĺžky
C _{y,UCS}	Súradnica ťažiska v smere Y zadaného osového systému
C _{z,UCS}	Súradnica ťažiska v smere Z zadaného osového systému
I _{y,LCS}	Moment zotrvačnosti k osi YLSS
I _{z,LCS}	Moment zotrvačnosti k osi ZLSS
I _{yz,LCS}	Deviačný moment plochy v systéme LSS
$\backslash f1$ alfa	Uhlové pootočením hlavného osového systému
I _y	Moment zotrvačnosti k hlavnej osi y
I _z	Moment zotrvačnosti k hlavnej osi z
i _y	Polomer zotrvačnosti k hlavnej osi y
i _z	Polomer zotrvačnosti k hlavnej osi z

Vysvetlivky symbolov	
$W_{el,y}$	Pružný prierezový modul k hlavnej osi y
$W_{el,z}$	Pružný prierezový modul k hlavnej osi z
$W_{pl,y}$	Plastický prierezový modul k hlavnej osi y
$W_{pl,z}$	Plastický prierezový modul k hlavnej osi z
$M_{pl,y,+}$	Plastický moment k hlavnej osi y pre kladný moment M_y
$M_{pl,y,-}$	Plastický moment k hlavnej osi y pre záporný moment M_y
$M_{pl,z,+}$	Plastický moment k hlavnej osi z pre kladný moment M_z
$M_{pl,z,-}$	Plastický moment k hlavnej osi z pre záporný moment M_z
d_y	Súradnica stredu šmyku v hlavnom smere y meraná od ťažiska
d_z	Súradnica stredu šmyku v hlavnom smere z meraná od ťažiska
I_t	Konštanta krútenia
I_w	Konštanta deplanácie
β_y	Konštanta monosymetrie k hlavnej osi y
β_z	Konštanta monosymetrie k hlavnej osi z

Materiály použité vo výpočtovom modeli:

Názov	Typ	ρ [kg/m ³]	Hustota v čerstvom stave [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	μ	α [m/mK]	$f_{c,k,28}$ [MPa]
C16/20	Betón	2500,0	2600,0	2,8600e+04	0.2	0,00	16,00
C20/25	Betón	2500,0	2600,0	3,0000e+04	0.2	0,00	20,00
C40/50	Betón	2500,0	2600,0	3,5200e+04	0.2	0,00	40,00
C20/25 Nulova Tiaz	Betón	0,0	2600,0	3,0000e+04	0.2	0,00	20,00

Betón EN 1992-2	Názov	Typ	Merná hmotnosť [kg/m ³]	E modul [MPa]	Poisson - nu	G modul [MPa]	Tepel. rozťažnosť [m/mK]
C30/37	(EN1992-2)	Betón	2500,0	3,2800e+04	0.2	1,3667e+04	0,00

Vysvetlivky symbolov	
Hustota v čerstvom stave	Hodnota hustoty v čerstvom stave sa použije iba v prípade, ak je zadaná spriahnutá doska a jej vlastná tiaž sa berie do úvahy.

Výstuž EC2

Názov	Typ	ρ [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	G_{mod} [MPa]	α [m/mK]	$f_{y,k}$ [MPa]
III A OSL.	Betonárska výstuž	7850,0	2,0000e+05	8,3333e+04	0,00	360,0

2.3 Výpočet zaťaženia

Stále zaťaženie (Pôvodná konštrukcia)

► Predpoklady výpočtu: Zaťaženie tiažou vozovky a ďalších vodorovných konštrukcií uvažujem ako plošné rovnomerné vždy s intenzitou vyplývajúcou z priemernej hrúbky daného prvku. V prípade existujúcich rím je celá konštrukcia rím uvažovaná z betónu.

Výpočet hodnoty spojitých plošných zaťažení:

Objemové tieže jednotlivých materiálov:

$$\begin{aligned} & - \text{betón} \quad \gamma_b := 26 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3} \\ & - \text{vozovka} \quad \gamma_{voz} := 24 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3} \end{aligned}$$

Dimenzie jednotlivých prvkov konštrukcie:

► Hrúbka:	Vozovka	$h_{voz} := 190 \text{ mm}$
	ŽB. rím	$h_{rím} := 330 \text{ mm}$
	Zrov. betón	$h_{bet} := 100 \text{ mm}$
► Zaťažovacia šírka:	Vozovka	$b_{voz} := 7.95 \text{ m}$
	[Premennivá]	
	ŽB. rím	$b_{rím.L} := 1.53 \text{ m}$
		$b_{rím.P} := 1.55 \text{ m}$
► Roznášacia šírka zaťaženia:	Vozovka	$s_{voz} := 7.95 \text{ m}$
	ŽB. rím	$s_{rím.L} := 1.43 \text{ m}$
		$s_{rím.P} := 1.43 \text{ m}$

Celkový objem dobetonávok a bet. rebier nosníkov: $A_{dob} := 1.04 \text{ m}^2$

Hodnoty plošných zaťažení: $g_{voz} := \frac{h_{voz} \cdot b_{voz} \cdot \gamma_{voz} + h_{bet} \cdot \gamma_b \cdot b_{voz}}{s_{voz}} = 7.16 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$

$$g_{rím.L} := \frac{h_{rím} \cdot b_{rím.L} \cdot \gamma_b}{s_{rím.L}} = 9.18 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$g_{rím.P} := \frac{h_{rím} \cdot b_{rím.P} \cdot \gamma_b}{s_{rím.P}} = 9.3 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$g_{dobet} := \frac{A_{dob} \cdot \gamma_b}{10.85 \text{ m}} = 2.492 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Zábradlie: $g_z := 1.0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$

Výpočet zaťaženia

Stále zaťaženie (Rekonštruovaná konštrukcia)

► Predpoklady výpočtu: Zaťaženie tiažou vozovky a ďalších vodorovných konštrukcií uvažujem ako plošné rovnomerné vždy s intenzitou vyplývajúcou z priemernej hrúbky daného prvku.

Výpočet hodnoty spojitých plošných zaťažení:

Objemové tieže jednotlivých materiálov:

$$\begin{aligned} & - \text{betón} \quad \gamma_b := 26 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3} \\ & - \text{vozovka} \quad \gamma_{voz} := 24 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3} \end{aligned}$$

Dimenzie jednotlivých prvkov konštrukcie:

- **Hrúbka:** Vozovka $h_{voz} := 90 \text{ mm}$
- **Prierezová plocha ríms:** $A_{r.L} := 0.318 \text{ m}^2 + 0.019 \text{ m}^2 = 0.337 \text{ m}^2$
 $A_{r.P} := 0.148 \text{ m}^2 + 0.019 \text{ m}^2 = 0.167 \text{ m}^2$
- **Zaťažovacia šírka:** Vozovka $b_{voz} := 8.5 \text{ m}$
 [Premennivá]
- **Roznášacia šírka zaťaženia:** Vozovka $s_{voz} := 8.5 \text{ m}$
 ŽB. rímsy $s_{rím.L} := 1.90 \text{ m}$
 $s_{rím.P} := 0.45 \text{ m}$

Hodnoty plošných zaťažení:

$$g_{voz} := \frac{h_{voz} \cdot b_{voz} \cdot \gamma_{voz}}{s_{voz}} = 2.16 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$g_{rím.L} := \frac{A_{r.L} \cdot \gamma_b}{s_{rím.L}} = 4.612 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$g_{rím.P} := \frac{A_{r.P} \cdot \gamma_b}{s_{rím.P}} = 9.649 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

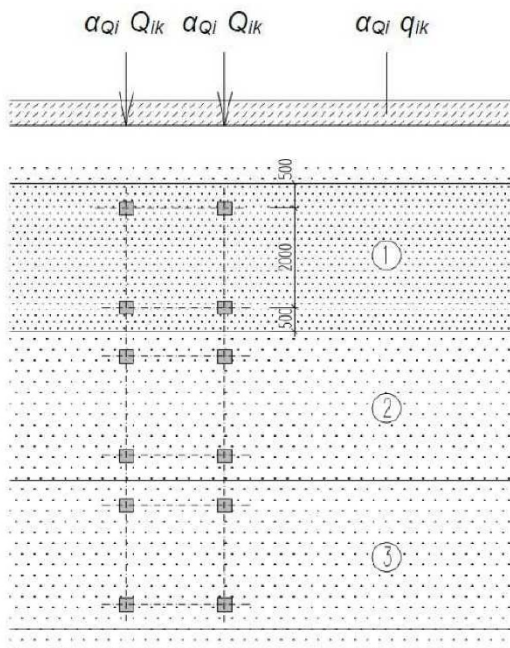
$$g_{izol} := 0.07 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

Zábradlie:

$$g_z := 1.0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

Premenné zaťaženie na určenie zaťažiteľnosti mosta

Zaťažovací model LM1 (Normálna zaťažiteľnosť):



Na moste bude aplikovaný zaťažovací pruh 1, 2 a 3 s príslušným plošným zaťažením.

Pruh č. 1 bude zaťažený plošným zaťažením $9,0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$
 ostatná časť bude zaťažená plošným zaťažením $2,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$

Sily na jednu nápravu od LM1 podľa zaťažovacích pruhov:

$$Q_{1k} := 300 \text{ kN} \quad \alpha_{Q1} := 0.9$$

$$Q_{2k} := 200 \text{ kN} \quad \alpha_{Q2} := 0.9$$

$$Q_{2k} := 100 \text{ kN} \quad \alpha_{Q2} := 0.9$$

Plošné zaťaženia podľa zaťažovacích pruhov:

$$q_{1k} := 9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \alpha_{q1} := 0.9$$

$$q_{2k} := 2.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \alpha_{q2} := 1.0$$

$$q_{3k} := 2.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \alpha_{q3} := 1.0$$

$$q_r := 2.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad \alpha_{qr} := 1.0$$

Zaťažovací model pre Výhradné zaťaženie (Výhradná zaťažiteľnosť W_r):

Model vozidla pre výhradnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 900/150 podľa STN EN 1991-2 čl. A.2(1).

Rozmer kola: $F_r := 75 \text{ kN}$

Rozmer kola : 1,2m x 0,15m

=> intenzita $Q_{k,r} := 416.67 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$

Ovplyvnená dĺžka zaťažením

pre výpočet dynamického

súčiniteľa:

$$L_{m,k} := 18[\text{m}]$$

$$\text{Dynamický súčiniteľ } \varphi := 1.4 - \frac{L_{m,k}}{500} = 1.364$$

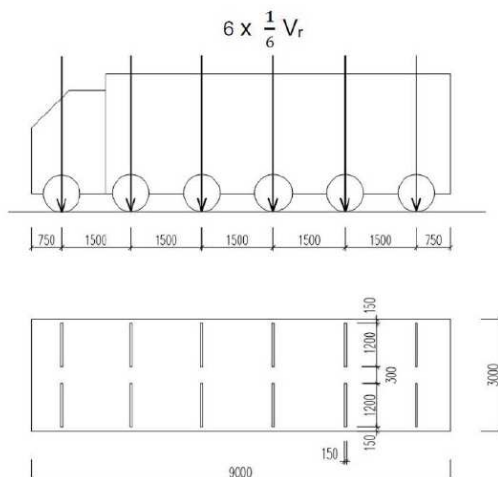
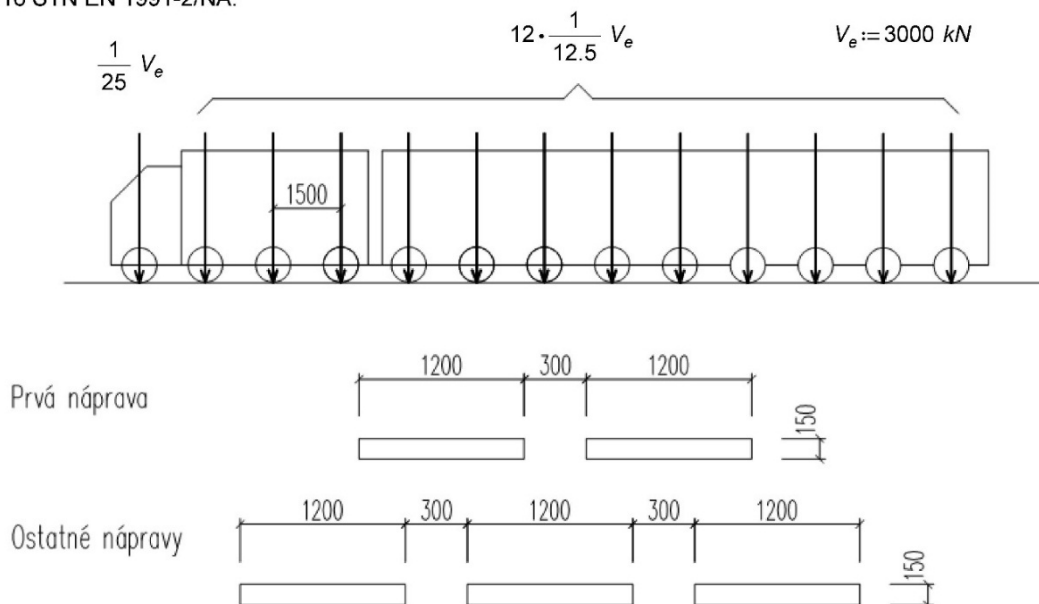


Schéma zaťažovacieho modelu výhradné zaťaženie

Zaťažovací model pre Výnimočné zaťaženie (Výnimočná zaťažiteľnosť):

=> Model vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 3000/240 podľa A.2(1) STN EN 1991-2. Schéma vozidla je na obrázku 4. Pre umiestnenie vozidla na moste platí čl. 2.16 STN EN 1991-2/NA.



$$\text{Zaťaženie na jedno koleso: } V_{1,e} := \frac{1}{12.5} \cdot V_e = 80 \text{ kN} \quad Q_{1k,e} := \frac{V_{1,e}}{1.2 \text{ m} \cdot 0.15 \text{ m}} = 444.444 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

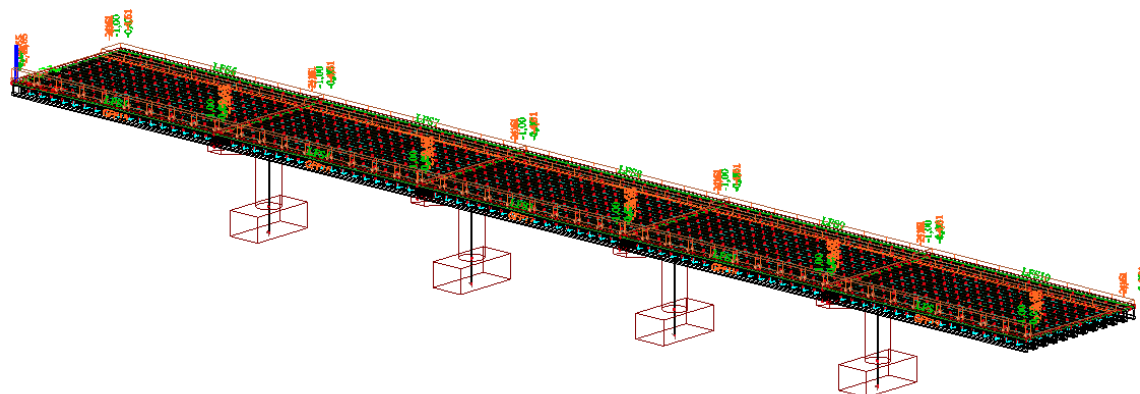
$$V_{2,e} := \frac{1}{25} \cdot V_e = 60 \text{ kN} \quad Q_{2k,e} := \frac{V_{2,e}}{1.2 \text{ m} \cdot 0.15 \text{ m}} = 333.333 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

2.4 Zat'azovacie skupiny

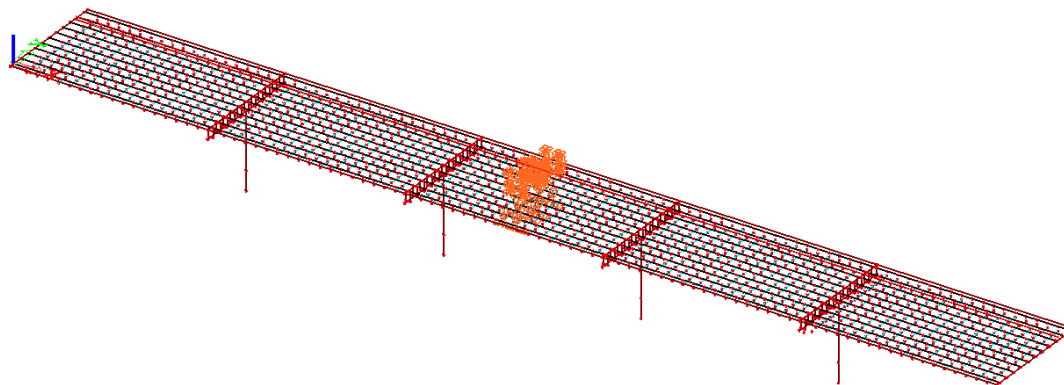
Názov	Zat'azenie	Špecifikácia	Typ
LG1 VLASTNA TIAZ	Stále		
LG2 STALE ZATAZENIE	Stále		
LG3-LM 1 TS	Premenné	Výberová	Zat'azenie dopravou - gr1a - TS
LG4-LM 1 UDL	Premenné	Výberová	Zat'azenie dopravou - gr1a - UDL
LG5-VR	Premenné	Výberová	Zat'azenie dopravou - gr5 - zvláštne vozidlá
LG6-VE	Premenné	Výberová	Zat'azenie dopravou - gr5 - zvláštne vozidlá

2.5 Zat'azovacie stavy

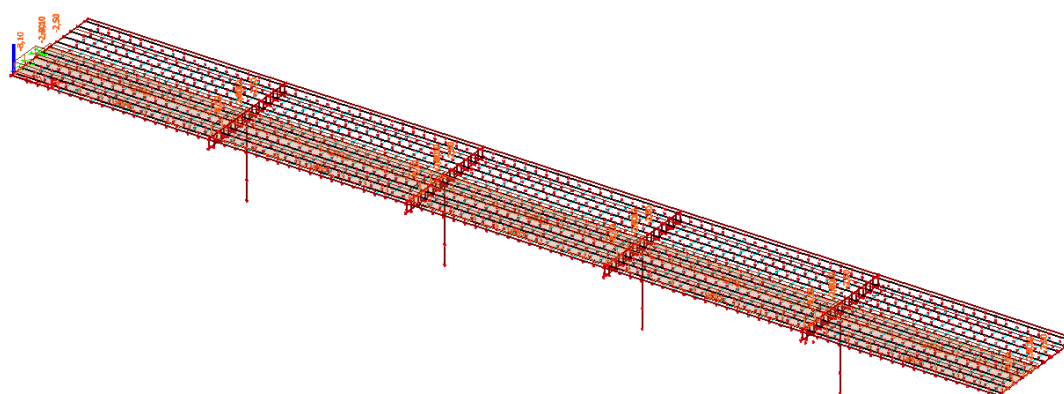
Názov	Popis Spec	Typ pôsobenia Typ zat'azenia	Zat'azovacia skupina	Dĺžka trvania	Vzorový zat'azovací stav
VLASTNA TIAZ		Stále Vlastná tiaž	LG1 VLASTNA TIAZ		
STALE ZATAZENIE		Stále	LG2 STALE ZATAZENIE		
		Štandard			
STALE ZATAZENIE- DOBETONÁVKY		Stále	LG2 STALE ZATAZENIE		
		Štandard			
STALE ZATAZENIE- SPRIAHOVUJACA DOSKA		Stále	LG2 STALE ZATAZENIE		
		Štandard			
LM 1 TS MOMENT V POLI		Premenné	LG3-LM 1 TS	Krátkodobé	Žiadny
	Štandard	Statické			
LM 1 TS MOMENT PRIECNIK+PILIER		Premenné	LG3-LM 1 TS	Krátkodobé	Žiadny
	Štandard	Statické			
LM 1 UDL MOMENT V POLI		Premenné	LG4-LM 1 UDL	Krátkodobé	Žiadny
	Štandard	Statické			
LM 1 UDL MOMENT PRIECNIK+PILIER		Premenné	LG4-LM 1 UDL	Krátkodobé	Žiadny
	Štandard	Statické			
900/150 MOMENT V POLI		Premenné	LG5-VR	Krátkodobé	Žiadny
	Štandard	Statické			
900/150 MOMENT PRIECNIK+PILIER		Premenné	LG5-VR	Krátkodobé	Žiadny
	Štandard	Statické			
3000/240 MOMENT V POLI		Premenné	LG6-VE	Krátkodobé	Žiadny
	Štandard	Statické			
3000/240 MOMENT PRIECNIK+PILIER		Premenné	LG6-VE	Krátkodobé	Žiadny
	Štandard	Statické			



Obr. Poloha zaťaženia vlastnou tiažou vozovky, ríms a zábradlia



Obr. Jedna z polôh zaťažovacieho vozidla modelu LM1 -TS



Obr. Jedna z polôh zaťažovacieho modelu LM1 –UDL

2.6 Rozhodujúce vnútorné sily

2.6.1 Vnútorné sily pre nosníky Vloššák v strede rozpätia

Tab. Hodnoty ohybových momentov M_y od jednotlivých zložiek zaťaženi

Nosník (číslo)	Vlastná ťaž	Vlastná ťaž /(spriahujúca doska)	Stále zataženia	VN-TS	VN-UDL	VR	VE
B1	264,58	82,91	114,84	349,67	124,61	359,37	432,18
B2	277,82	86,53	118,86	329,12	117,91	320,8	424,18
B3	291,11	90,18	123,01	307,81	111,02	280,44	414,23
B4	302,6	93,35	126,74	292,33	103,09	235,96	401,44
B5	310,32	95,48	129,45	243,75	93,52	190,5	381,32
B6	312,98	96,21	130,76	204,98	82,29	145,77	352,82
B7	310,32	95,48	130,55	166,87	69,8	103,95	316,89
B8	302,6	93,35	128,89	116,43	56,56	65,1	275,21
B9	291,11	90,18	126,09	79,2	43,16	28,87	229,97
B10	277,82	86,53	122,8	46,68	29,94	1,9	183,96
B11	264,58	82,91	119,61	15,97	16,95	6,79	138,6

2.6.2 Vnútorne sily pre určenie zaťažiteľnosti úložného prahu piliera

Tab. Hodnoty ohybových momentov M_y od jednotlivých zložiek zaťaženia

Rez uložným prahom	Vlastná tiaž [kN*m ⁻¹]	Vlastná tiaž /(spriahujúca doska) [kN*m ⁻¹]	Stále zataženia [kN*m ⁻¹]	VN-TS [kN*m ⁻¹]	VN-UDL [kN*m ⁻¹]	VR [kN*m ⁻¹]	VE [kN*m ⁻¹]
U2	-1815,41	-508,61	-774,68	-927,35	-849,72	-1376,44	-1622,73

2.6.3 Vnútorne sily pre určenie zaťažiteľnosti kruhového drieku piliera

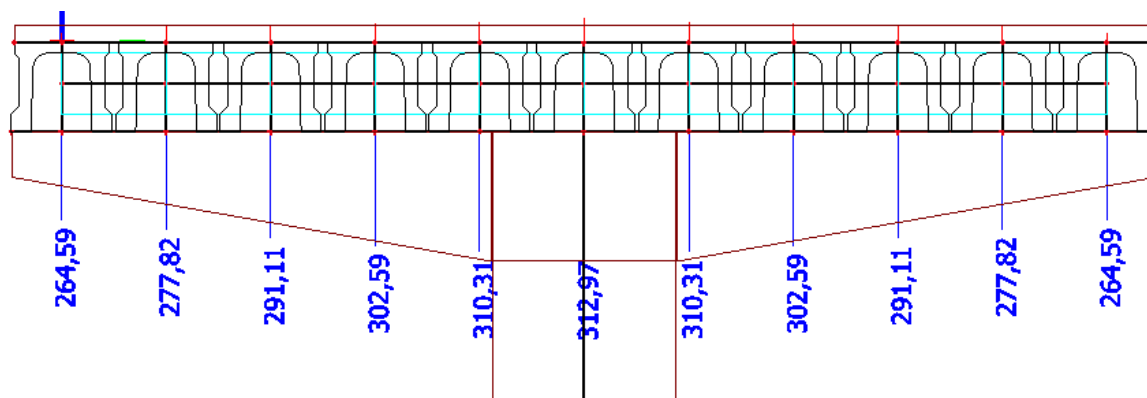
Tab. Hodnoty ohybových momentov M_y od jednotlivých zložiek zaťaženia

Nosník (číslo)	Vlastná tiaž [kN*m ⁻¹]	Vlastná tiaž /(spriahujúca doska) [kN*m ⁻¹]	Stále zataženia [kN*m ⁻¹]	VN-TS [kN*m ⁻¹]	VN-UDL [kN*m ⁻¹]	VR [kN*m ⁻¹]	VE [kN*m ⁻¹]
S2	-0,45	-11,31	-66,79	-1616,83	-1636,81	-2443,56	-2457,85

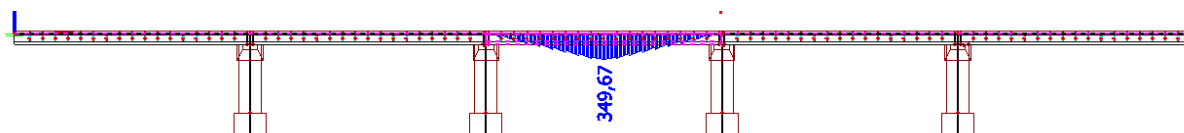
Tab. Hodnoty ohybových momentov M_y od jednotlivých zložiek zaťaženia

Nosník (číslo)	Vlastná tiaž [kN*m ⁻¹]	Vlastná tiaž /(spriahujúca doska) [kN*m ⁻¹]	Stále zataženia [kN*m ⁻¹]	VN-TS [kN*m ⁻¹]	VN-UDL [kN*m ⁻¹]	VR [kN*m ⁻¹]	VE [kN*m ⁻¹]
S2	-3384,02	-818,52	-1127,23	-528,3	-539,12	-798	-2250,02

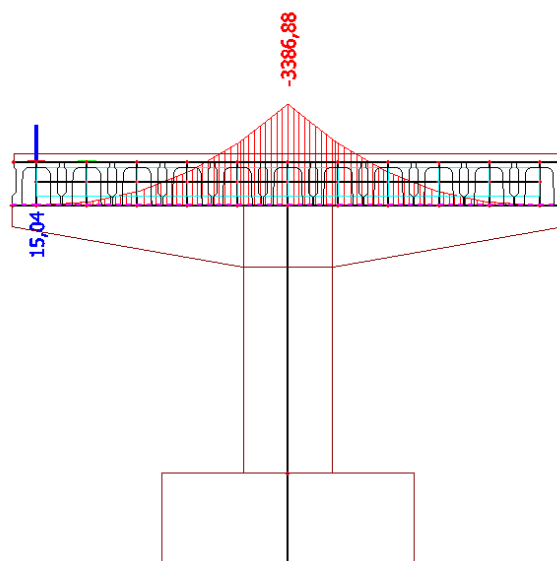
Poznámka: V prípade potreby sú ďalšie hodnoty vnútorných síl archivované u projektanta. Rozhodujúce kombinácie vnútorných síl pre posudzované prierezy sú uvedené pri prepočte zaťažiteľnosti prierezu.



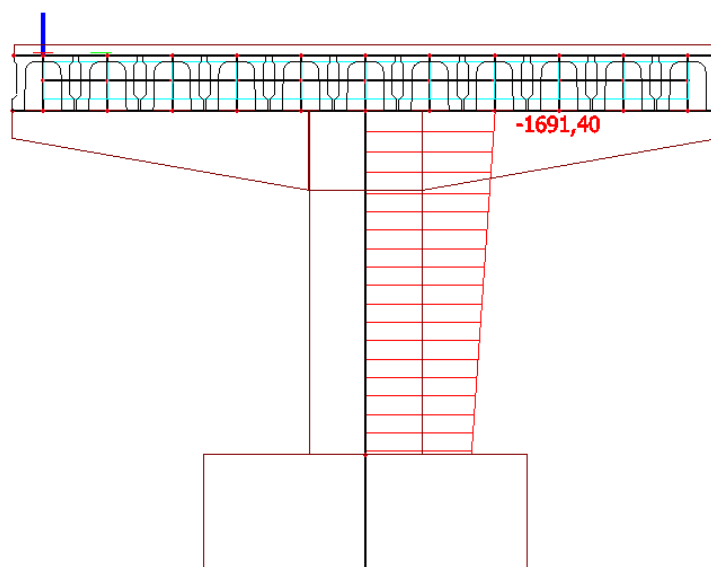
Obr. Priebeh ohybových momentov M_y v pričnom reze na nosníkoch Vlošák v strede rozpätia od vlastnej tiaže



Obr. Priebeh ohybových momentov M_y v pozdĺžnom reze na nosníkoch Vlošák v strede rozpätia od TS zaťažovacieho modelu LM 1



Obr. Priebeh ohybových momentov M_y v pričnom reze na úložnom prahu piliera od vlastnej tiaže



Obr. Priebeh ohybových momentov M_y v pričnom reze pilierovej stojke od excentricky postaveného TS zaťažovacieho modelu LM1

2.7 Únosnosť nosníkov Vloššák

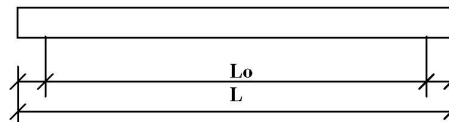
Tab. Hodnotenie statických dôsledkov porúch mostov z prefabrikovaných nosníkov Vloššák. Zdroj TP 006

ZÁKLADNÁ SVETLOSŤ	ZÁKLADNÉ ROZMERY												PRIPUSTNÉ ODCHÝLKY	** MENOVIŤ SVETLOSŤ	Lo	DIELEC	ZNAČKA	DĹŽKA		Počet priečných káblov	HMOTNOSŤ 1.10*5 kg	ROZPÄTIE m	MAXIMÁLNY MOMENT kNm ***
	h	s	u	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	b						L					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm						m					
12m	630	2100	450	100	90	60	30	400	90	90	180	960	Db = 10 mm , Dh = 5 mm , DL = 20 mm	10 m	KRAJNÝ	MPT6-10	11,30	3x12	8,9	11	439		
														VNÚTORNÝ	MPT7-10	11,30	3x12	8,9	11	439			
														11 m	KRAJNÝ	MPT6-11	12,30	3x13	9,6	12	476		
														VNÚTORNÝ	MPT7-11	12,30	3x13	9,6	12	476			
15m	700	1200	520	170	70	40	40	450	160	80	170	960		12 m	KRAJNÝ	MPT6-12	13,30	3x14	10,9	13	514		
														VNÚTORNÝ	MPT7-12	13,30	3x14	10,9	13	514			
														13 m	KRAJNÝ	MPT6-13	14,40	3x15	12,5	13,80	572		
														VNÚTORNÝ	MPT7-13	14,40	3x15	12,5	13,80	572			
18m	850	1200	520	170	70	40	30	450	90	90	260	960		14 m	KRAJNÝ	MPT6-14	15,40	3x16	13,3	14,80	639		
														VNÚTORNÝ	MPT7-14	15,40	3x16	13,3	14,80	639			
														15 m	KRAJNÝ	MPT6-15	16,40	3x17	14,1	15,60	707		
														VNÚTORNÝ	MPT7-15	16,40	3x17	14,1	15,60	707			
													16 m	KRAJNÝ	MPT6-16	17,40	3x18	17,4	16,80	831			
													VNÚTORNÝ	MPT7-16	17,40	3x18	17,4	16,80	831				
													17 m	KRAJNÝ	MPT6-17	18,40	3x19	18,3	17,80	900			
													VNÚTORNÝ	MPT7-17	18,40	3x19	18,3	17,80	900				
													18 m	KRAJNÝ	MPT6-18	19,40	3x20	19,3	18,80	964			
													VNÚTORNÝ	MPT7-18	19,40	3x20	19,3	18,80	964				

Tab. 1 Základné údaje o nosníkoch Vloššák

** ODVODENÁ ZO ZÁKLADNEJ SVETLOSTI

*** PRE HLAVNÉ ZAŤAŽENIE BEZ VLASTNEJ VÁHY V PRIEREZE L/2



3 Výpočet zaťažiteľnosti rekonštruovanej konštrukcie

3.1 Výpočet zaťažiteľnosti nosnej konštrukcie

3.1.1 Normálna zaťažiteľnosť W_n , faktor normálnej zaťažiteľnosti F_z

Faktor normálnej zaťažiteľnosti F_z a faktor výhradnej zaťažiteľnosti F_v vyjadrujú schopnosť mostu prenášať základné premenné zaťaženie vyjadrené zaťažovacou schémou LM1 a schémou pre výhradnú zaťažiteľnosť podľa STN EN 1991-2 ktoré sa používa pre celkové a lokálne overenie konštrukcie.

$$F_z = \frac{R_{dW.c}}{E_{d.WLM1}}$$

$R_{dW.c}$ je hodnota kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie

$E_{d.WLM1}$ je hodnota statickej veličiny od účinku normovej hodnoty zaťaženia LM1.

Normálna zaťažiteľnosť sa stanoví na základe: $W_n = F_z \cdot W_{n.rep}$

Pričom $W_{n.rep}$ je hmotnosť reprezentatívneho zaťažovacieho vozidla a to 320kN

Tab. Tabuľkový výpočet hodnôt normálnej zaťažiteľnosti nosníkov mosta

Nosník(číslo)	Súčiniteľ k	Normové voz. [kN]	Faktor Fz	Zaťažiteľnosť Vn [kN]	Zaťažiteľnosť Vn [t]
B1	0,90	320	0,824	263,5	26,4
B2	0,90	320	0,832	266,1	26,6
B3	0,90	320	0,842	269,5	27,0
B4	0,90	320	0,850	272,1	27,2
B5	0,90	320	0,963	308,3	30,8
B6	0,90	320	1,116	357,3	35,7
Výsledná normálna zaťažiteľnosť W_n [t]:					26,4

Poznámky:

- 1) Pri prepočte zaťažiteľnosti bola použitá tabuľková hodnota únosnosti nosníkov Vloššák na základe ich dĺžky z TP 006 ,nakolko geometria, množstvo a napätie predpínacej výstuže nie sú známe.
- 2) Redukčný súčiniteľ únosnosti nosníka slúži na zohľadnenie jeho momentálneho stavebno-technického stavu a predstavuje oslabenie prierezu. Hodnota bola určená na základe odhadu množstva skorodovanej predpínacej výstuže.
- 3) Výsledná normálna zaťažiteľnosť je platná pre všetky nosníky. Zaťažiteľnosť uvedená v tabuľke pre jednotlivé nosníky je vyčíslená pre najnepriaznivejšiu polohu zaťaženia z hľadiska mosta.

3.1.2 Výhradná zaťažiteľnosť W_r

Faktor výhradnej zaťažiteľnosti K_{z,r} vyjadruje schopnosť mostu prenášať výhradné zaťaženie vyjadrené zaťažovacou schémou 900/150 podľa STN 1991-2

$$K_{z,r} = \frac{R_{d,Wc}}{E_{d,W900.150}}$$

R_{d,Wc} je hodnota kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie

E_{d,W900.150} je hodnota statickej veličiny od účinku normovej hodnoty zaťaženia 900/150

Výhradná zaťažiteľnosť sa stanoví na základe: $W_r = K_{z,r} \cdot W_{r,rep}$

Pričom W_{n,rep,v} je hmotnosť reprezentatívneho zaťažovacieho vozidla a to 900kN

W_{r,rep} := 900 kN

Dĺžka mostu (ovplyvnená dĺžka): L_{M,o} := 18.0

Dynamický súčiniteľ: $\varphi := 1.4 - \frac{L_{M,o}}{500} = 1.364$

Tab. Tabuľkový výpočet hodnôt výhradnej zaťažiteľnosti nosníkov mosta

Nosník(číslo)	Súčiniteľ k	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z,e}$	Zaťažiteľnosť W_r [kN]	Zaťažiteľnosť W_r [t]
B1	0,90	900	0,797	717,1	71,7
B2	0,90	900	0,850	764,7	76,5
B3	0,90	900	0,922	830,1	83,0
B4	0,90	900	1,045	940,3	94,0
B5	0,90	900	1,251	1125,5	112,5
B6	0,90	900	1,613	1451,7	145,2
Výsledná výhradná zaťažiteľnosť W_r [t]:					71,7
Použitý dynamický súčiniteľ ψ				1,364	

Poznámky:

- 1) Pri prepočte zaťažiteľnosti bola použitá tabuľková hodnota únosnosti nosníkov Vloššák na základe ich dĺžky z TP 006 ,nakoľko geometria, množstvo a napätie predpínacej výstuže nie sú známe.
- 2) Redukčný súčiniteľ únosnosti nosníka slúži na zohľadnenie jeho momentálneho stavebno-technického stavu a predstavuje oslabenie prierezu. Hodnota bola určená na základe množstva skorodovanej predpínacej výstuže.
- 3) Výsledná výhradná zaťažiteľnosť je platná pre všetky nosníky. Zaťažiteľnosť uvedená v tabuľke pre jednotlivé nosníky je vyčíslená pre najnepriaznivejšiu polohu zaťaženia z hľadiska mosta.

3.1.3 Výnimočná zaťažiteľnosť W_e

Faktor výhradnej zaťažiteľnosti $K_{z,e}$ vyjadruje schopnosť mostu prenášať výnimočné zaťaženie vyjadrené zaťažovacou schémou 3000/240 podľa STN 1991-2.

$$K_{z,e} = \frac{R_{d,We}}{E_{d,We}}$$

$R_{d,We}$ je hodnota kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie

$E_{d,We}$ je hodnota statickej veličiny od účinku normovej hodnoty zaťaženia 3000/240.

Výhradná zaťažiteľnosť sa stanoví na základe: $W_e = K_{z,e} \cdot W_{e,rep}$

Pričom $W_{e,rep}$ je hmotnosť reprezentatívneho zaťažovacieho vozidla a to 3000kN

Tab. Tabuľkový výpočet hodnôt výnimočnej zaťažiteľnosti nosníkov mosta

Nosník(číslo)	Súčiniteľ k	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z,e}$	Zaťažiteľnosť W_e [kN]	Zaťažiteľnosť W_e [t]
B1	0,90	3000	0,904	2711,2	271,1
B2	0,90	3000	0,876	2629,4	262,9
B3	0,90	3000	0,852	2555,1	255,5
B4	0,90	3000	0,838	2512,8	251,3
B5	0,90	3000	0,852	2556,4	255,6
B6	0,90	3000	0,909	2727,0	272,7
Výsledná výnimočná zaťažiteľnosť W_e [t]:				251,3	

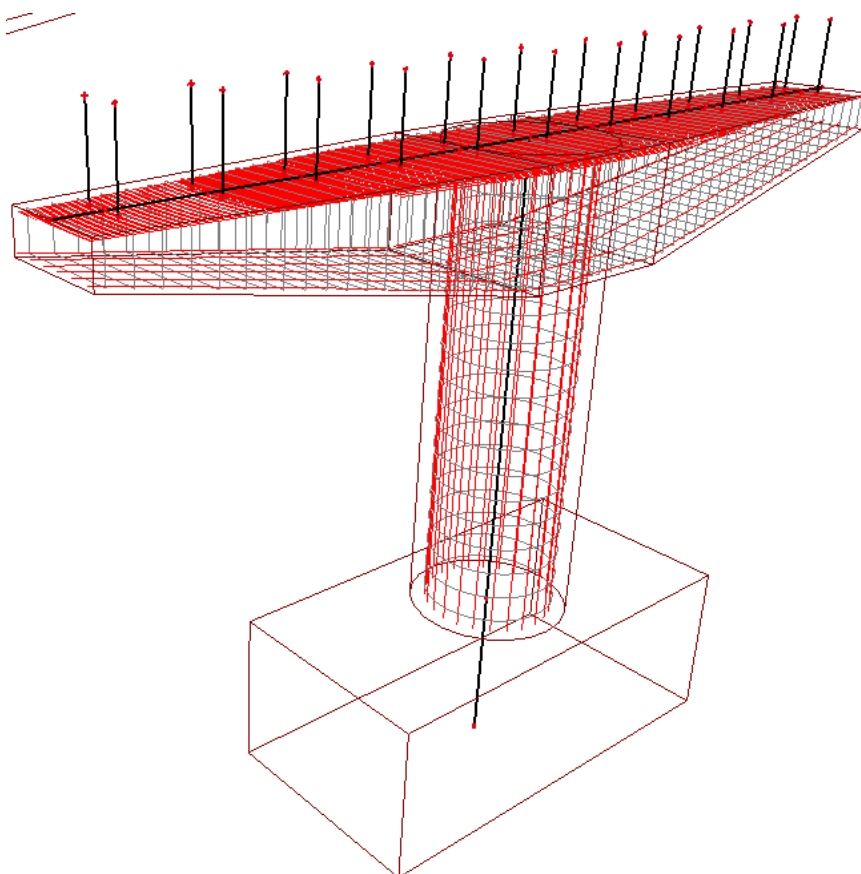
Poznámky:

- 1) Pri prepočte zaťažiteľnosti bola použitá tabuľková hodnota únosnosti nosníkov Vloššák na základe ich dĺžky z TP 006 ,nakolko geometria, množstvo a napätie predpínacej výstuže nie sú známe.
- 2) Redukčný súčiniteľ únosnosti nosníka slúži na zohľadnenie jeho momentálneho stavebno-technického stavu a predstavuje oslabenie prierezu. Hodnota bola určená na základe množstva skorodovanej predpínacej výstuže.
- 3) Výsledná výnimočná zaťažiteľnosť je platná pre všetky nosníky. Zaťažiteľnosť uvedená v tabuľke pre jednotlivé nosníky je vyčíslená pre najnepriaznivejšiu polohu zaťaženia z hľadiska mosta.

3.2 Výpočet zaťažiteľnosti spodnej stavby

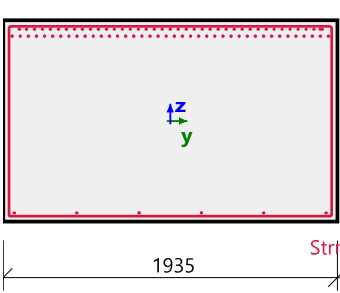
3.2.1 Výpočet zaťažiteľnosti úložného prahu piliera

Poznámka: Pri výpočte zaťažiteľnosti úložného prahu bolo uvažované s 10% koroziívnym úbytkom plochy výstuže, ktorý bol zohľadnený zmenšením medze klzu výstuže.



Obr. Model vystuženia úložného prahu pre výpočet odolnosti prierezu

Výpočet využitia prierezu úložného prahu od kombinácie vlastnej tiaže a stáleho zaťaženia

Nosník B537		Obdĺžnik	
EC EN 1992-1-1		Rez 123 [dx = 6.7 m]	
Dĺžka prvku	Ld = 10.9 m	Materiály	
Vzperná dĺžka y	Ly = 32.2 m	Betón	C20/25
Vzperná dĺžka z	Lz = 10.9 m	Výstuž	B 400A
		Súčinitele	
		Norma	EC EN 1992-1-1
		Vlastnosti betónu	$\gamma_c = 1.5, \alpha_{cc} = 0.85$
		Vlastnosti výstuže	$\gamma_s = 1.15$
		Výstuž	
		Pozdĺ. prúty: 86φ20 mm, Celk. plocha = 27018 mm ²	
		Strmene: φ = 11 mm, A _{sw} = 202 mm ² , A _{sw,s} = 1112 mm ² /m	
		Krytie strmeňov:	
		Hore	30 mm
		Dole	26 mm
		Vľavo	28 mm
		Vpravo	28 mm

Materiálové charakteristiky

Návrhová hodnota pevnosti betónu v tlaku

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0.85 \cdot 20}{1.5} = 11.3 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota medze klzu betonárskej výstuže

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{360}{1.15} = 313 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -82.3 \text{ kN} \quad M_y = -3497 \text{ kNm} \quad M_z = 0.0873 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

1.35*VLASTNATIAZ+1.35*STALEZATAZENIE+1.35*STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Imperfekcie: Áno

$$N_{Ed} = -82.3 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -4716 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = 0.196 \text{ kNm}$$

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Áno

Použiť pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

Vstupné údaje pre vytvorenie ID

Metóda posúdenia interakčným diagramom

N_uM_u

Rozdelenie pretvorenia po výške prierezu

250

Počet vertikálnych rezov

36

Výslednica ohybových momentov

M_{res} = 4716 kNm

Uhol výslednice ohybových momentov vzťahnutý k M_y
 smer v horizontálnej rovine M_y-M_z

$\alpha_{MyMz} = 0^\circ$

Uhol výslednice ohybových momentov vzťahnutý k N
 smer vo vertikálnej rovine N-M_{res}

$\alpha_{NM} = -1^\circ$

Výpočet odolnosti

Odolnosti v kladnom smere N_{Rd+} = 12 kN M_{Rdy+} = 708 kNm M_{Rdz+} = 0.3 kNm

Odolnosti v zápornom smere N_{Rd-} = -129 kN M_{Rdy-} = -7381 kNm M_{Rdz-} = -0.03 kNm

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -82.3 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -4716 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 0.196 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = -129 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = -7381 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = 0.3 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

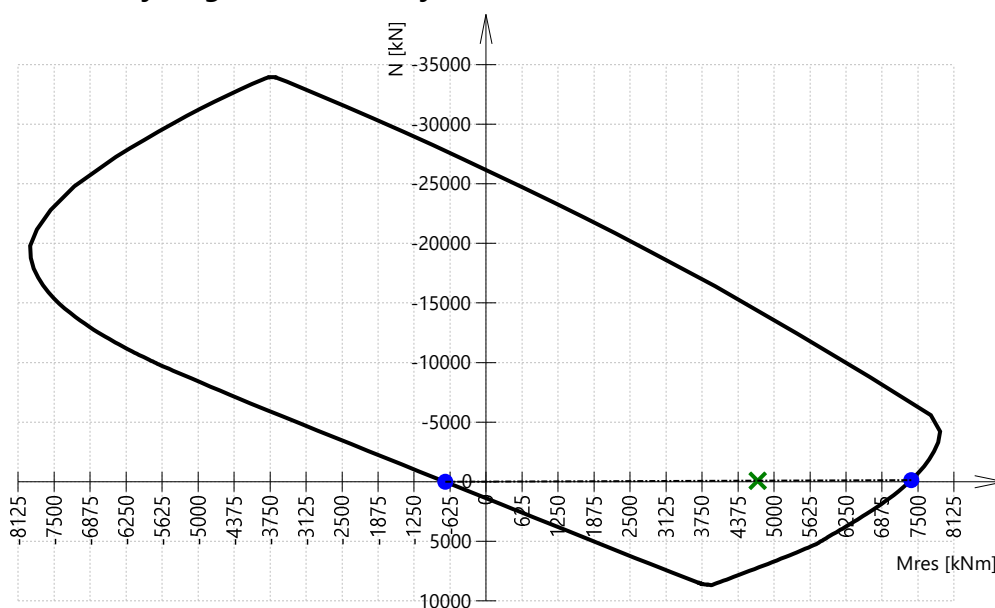
$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-82274}{-128757} = 0.639$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{-4.72 \cdot 10^6}{-7.38 \cdot 10^6} = 0.639$$

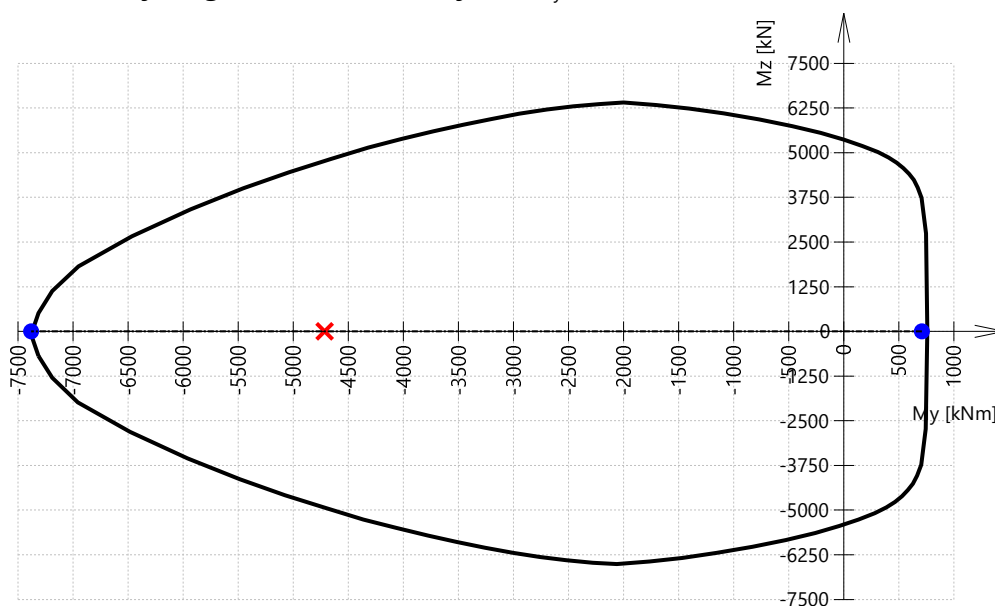
$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{196}{306} = 0.639$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(0.639; 0.639; 0.639) = 0.639 \leq 1 \quad \text{OK}$$

3D interakčný diagram - Vertikálny rez N-M_{res}



3D interakčný diagram - Horizontálny rez M_y-M_z



Výpočet využitia prierezu úložného prahu od rozhodujúcej kombinácie pre určenie normálnej zaťažiteľnosti:

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -142 \text{ kN} \quad M_y = -5848 \text{ kNm} \quad M_z = 5.88 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

1.35*VLASTNATIAZ+1.35*STALEZATAZENIE+1.35*LM1TSMOMENTPRIECNIK+PILIER+
 1.35*LM1UDLMOMENTPRIECNIK+PILIER+1.35*STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Áno

Imperfekcie: Áno

Použit' pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

$$N_{Ed} = -142 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -7785 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = 8.8 \text{ kNm}$$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -142 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -7785 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 8.8 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = -134 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = -7380 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = 8 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-141765}{-134389} = 1.05$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{-7.79 \cdot 10^6}{-7.38 \cdot 10^6} = 1.05$$

$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{8804}{8346} = 1.05$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(1.05; 1.05; 1.05) = 1.05 > 1 \quad \text{Nevyhovuje}$$

Výpočet využitia prierezu úložného prahu od rozhodujúcej kombinácie pre určenie výhradnej zaťažiteľnosti:

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -113 \text{ kN} \quad M_y = -4468 \text{ kNm} \quad M_z = -46 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

1.35*VLASTNATIAZ+1.35*STALEZATAZENIE+1.35*900/150MOMENTVPOLI+
 1.35*STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Áno

Imperfekcie: Áno

Použit' pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

$$N_{Ed} = -113 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -5965 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -74.8 \text{ kNm}$$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -113 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -5965 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = -74.8 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = -140 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = -7392 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = -93 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-113132}{-140207} = 0.807$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{-5.96 \cdot 10^6}{-7.39 \cdot 10^6} = 0.807$$

$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{-74839}{-92749} = 0.807$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(0.807; 0.807; 0.807) = 0.807 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Výpočet využitia prierezu úložného prahu od rozhodujúcej kombinácie pre určenie výnimočnej zaťažiteľnosti:

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -127 \text{ kN} \quad M_y = -5063 \text{ kNm} \quad M_z = 69.5 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

$$1.35 \cdot \text{VLASTNATIAZ} + 1.35 \cdot \text{STALEZATAZENIE} + 1.35 \cdot 3000/240 \text{ MOMENTVPOLI} +$$

$$1.35 \cdot \text{STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY}$$

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Áno

Imperfekcie: Áno

Použiť pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

$$N_{Ed} = -127 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -6907 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = 72.4 \text{ kNm}$$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -127 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -6907 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 72.4 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = -136 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = -7372 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = 77 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-127109}{-135657} = 0.937$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{-6.91 \cdot 10^6}{-7.37 \cdot 10^6} = 0.937$$

$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{72390}{77258} = 0.937$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(0.937; 0.937; 0.937) = 0.937 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Tab. Tabuľkový výpočet zaťažiteľnosti úložných prahov pilierov mosta

Pilier (číslo)	Využitie prierezu G_0+G_1	Využitie prierezu LM 1	Normové voz. [kN]	Faktor F_z	Zaťažiteľnosť W_n [kN]	Zaťažiteľnosť W_n [t]
S2	0,639	0,41	320	0,878	281,1	28,1
Výsledná normálna zaťažiteľnosť W_n [t]:						28,1

Poznámka: Pri výpočte zaťažiteľnosti bolo uvažované s parciálnymi súčiniteľmi $\gamma_G=1,35$ a $\gamma_Q=1,35$

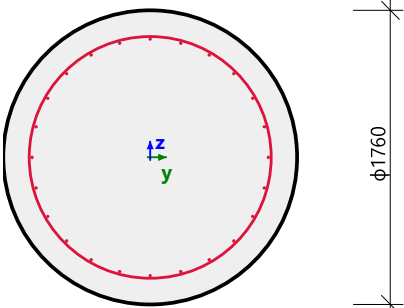
Pilier (číslo)	Využitie prierezu G_0+G_1	Využitie prierezu 150/900	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z,r}$	Zaťažiteľnosť W_r [kN]	Zaťažiteľnosť W_r [t]
S2	0,639	0,168	900	1,565	1408,5	140,9
Dynamický súčiniteľ:	1,373		Výsledná výhradná zaťažiteľnosť W_r [t]:			140,9

Pilier (číslo)	Využitie prierezu G_0+G_1	Využitie prierezu 240/3000	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z,e}$	Zaťažiteľnosť W_e [kN]	Zaťažiteľnosť W_e [t]
S2	0,639	0,298	3000	1,211	3634,2	363,4
Výsledná výnimočná zaťažiteľnosť W_e [t]:						363,4

3.2.2 Výpočet zaťažiteľnosti drieku piliera

Poznámka: Pri výpočte zaťažiteľnosti drieku piliera bolo uvažované s 10% korozívnym úbytkom plochy výstuže, ktorý bol zohľadnený zmenšením medze klzu výstuže.

Výpočet využitia prierezu drieku piliera od kombinácie vlastnej tiaže a stáleho zaťaženia

Stĺp B536		Kruh (1760)	
EC EN 1992-1-1		Rez 0 [dx = 0 m]	
Dĺžka prvku	Ld = 5.31 m	Materiály	
Vzperná dĺžka y	Ly = 10.6 m	Betón	C20/25
Vzperná dĺžka z	Lz = 10.2 m	Výstuž	B 400A
		Súčinitele	
		Norma	EC EN 1992-1-1
		Vlastnosti betónu	$\gamma_c = 1.5$, $\alpha_{cc} = 0.85$
		Vlastnosti výstuže	$\gamma_s = 1.15$
		Výstuž	
		Pozdĺ. prúty: 24φ20 mm, Celk. plocha = 7540 mm ²	
		Strmene: $\phi = 12$ mm, $A_{sw} = 226$ mm ² , $A_{sw,s} = 767$ mm ² /m	

Strmene $\phi 12/295$ mm, ns = 2

Materiálové charakteristiky

Návrhová hodnota pevnosti betónu v tlaku

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0.85 \cdot 20}{1.5} = 11.3 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota medze klzu betonárskej výstuže

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{360}{1.15} = 313 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -4514 \text{ kN} \quad M_y = 0.243 \text{ kNm} \quad M_z = 61 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

VLASTNATIAZ+STALEZATAZENIE+STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Imperfekcie: Áno

$$N_{Ed} = -4514 \text{ kN} \quad M_{Edy} = 265 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = 265 \text{ kNm}$$

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Nie

Použiť pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

Vstupné údaje pre vytvorenie ID

Metóda posúdenia interakčným diagramom

$N_d M_d$

Rozdelenie pretvorenia po výške prierezu

250

Počet vertikálnych rezov

36

Výslednica ohybových momentov

$M_{res} = 375 \text{ kNm}$

Uhol výslednice ohybových momentov vztiahnutý k M_y smer v horizontálnej rovine M_y - M_z

$$\alpha_{M_y M_z} = 135^\circ$$

Uhol výslednice ohybových momentov vztiahnutý k N smer vo vertikálnej rovine N - M_{res}

$$\alpha_{NM} = -85.3^\circ$$

Výpočet odolnosti

Odolnosti v kladnom smere $N_{Rd+} = 2200 \text{ kN}$ $M_{Rdy+} = 1527 \text{ kNm}$ $M_{Rdz+} = 1527 \text{ kNm}$

Odolnosti v zápornom smere $N_{Rd-} = -26020 \text{ kN}$ $M_{Rdy-} = -129 \text{ kNm}$ $M_{Rdz-} = -129 \text{ kNm}$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -4514 \text{ kN}$ $M_{Edy} = 265 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 265 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = -26020 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = 1527 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = 1527 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

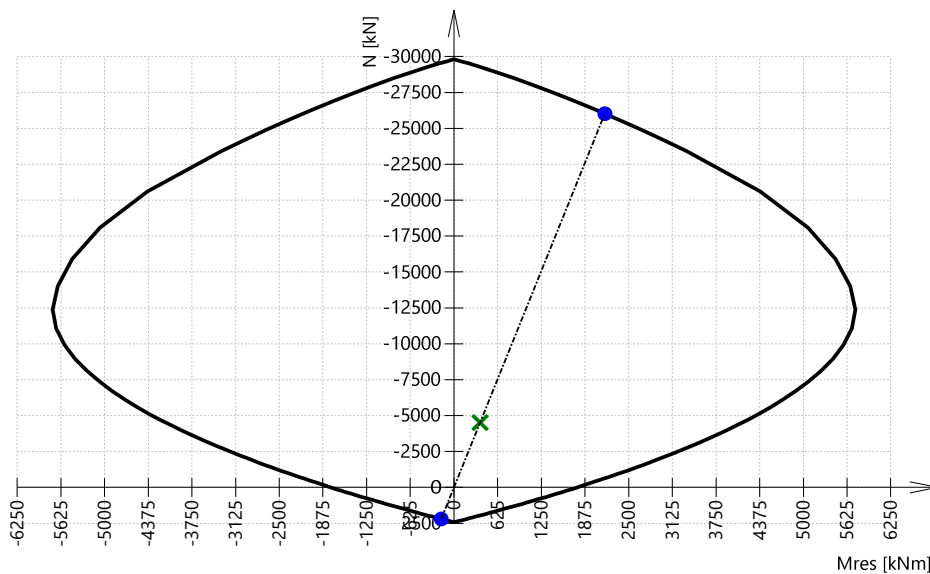
$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-4.51 \cdot 10^6}{-26 \cdot 10^6} = 0.173$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{264835}{1.53 \cdot 10^6} = 0.173$$

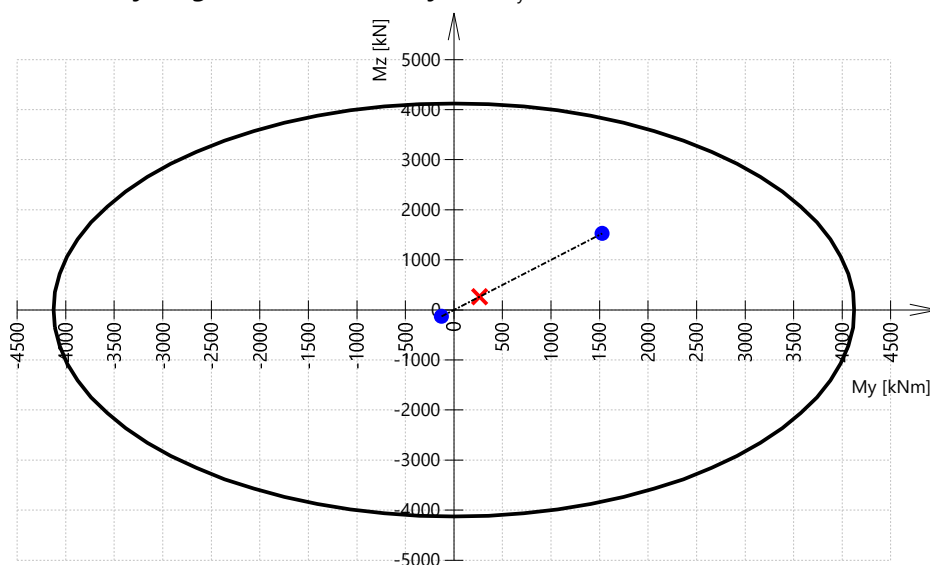
$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{264835}{1.53 \cdot 10^6} = 0.173$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(0.173; 0.173; 0.173) = 0.173 \leq 1 \quad \text{OK}$$

3D interakčný diagram - Vertikálny rez N-M_{res}



3D interakčný diagram - Horizontálny rez My-Mz



Výpočet využitia prierezu úložného prahu od rozhodujúcej kombinácie pre určenie normálnej zaťažiteľnosti:

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -5638 \text{ kN} \quad M_y = -7.01 \text{ kNm} \quad M_z = -4419 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

VLASTNATIAZ+STALEZATAZENIE+1.35*LM1TSMOMENTPRIECNIK+PILIER+
 1.35*LM1UDLMOMENTPRIECNIK+PILIER+STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Nie

Imperfekcie: Áno

Použiť pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

$$N_{Ed} = -5638 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -331 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -4382 \text{ kNm}$$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -5638 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -331 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = -4382 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = -5982 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = -351 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = -4649 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-5.64 \cdot 10^6}{-5.98 \cdot 10^6} = 0.943$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{-330791}{-350924} = 0.943$$

$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{-4.38 \cdot 10^6}{-4.65 \cdot 10^6} = 0.943$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(0.943; 0.943; 0.943) = 0.943 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Výpočet využitia prierezu úložného prahu od rozhodujúcej kombinácie pre určenie výhradnej zaťažiteľnosti:

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -5275 \text{ kN} \quad M_y = -5.02 \text{ kNm} \quad M_z = -3393 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

VLASTNATIAZ+STALEZATAZENIE+1.35*900/150MOMENTPRIECNIK+PILIER+
 STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Nie

Imperfekcie: Áno

Použiť pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

$$N_{Ed} = -5275 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -309 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -3254 \text{ kNm}$$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -5275 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -309 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = -3254 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = -8649 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = -507 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = -5335 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-5.27 \cdot 10^6}{-8.65 \cdot 10^6} = 0.61$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{-309454}{-507411} = 0.61$$

$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{-3.25 \cdot 10^6}{-5.33 \cdot 10^6} = 0.61$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(0.61; 0.61; 0.61) = 0.61 \leq 1 \quad \text{OK}$$

Výpočet využitia prierezu úložného prahu od rozhodujúcej kombinácie pre určenie výnimočnej zaťažiteľnosti:

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -7552 \text{ kN} \quad M_y = 13.9 \text{ kNm} \quad M_z = -2797 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

VLASTNATIAZ+STALEZATAZENIE+1.35*3000/240MOMENTPRIECNIK+PILIER+
 STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Nie

Imperfekcie: Áno

Použiť pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

$$N_{Ed} = -7552 \text{ kN} \quad M_{Edy} = 860 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -3722 \text{ kNm}$$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -7552 \text{ kN}$ $M_{Edy} = 860 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = -3722 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = -11253 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = 1281 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = -5547 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-7.55 \cdot 10^6}{-11.3 \cdot 10^6} = 0.671$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{859689}{1.28 \cdot 10^6} = 0.671$$

$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{-3.72 \cdot 10^6}{-5.55 \cdot 10^6} = 0.671$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(0.671; 0.671; 0.671) = 0.671 \quad < 1 \quad \text{OK}$$

Tab. Tabuľkový výpočet zaťažiteľnosti driekov pilierov mosta

Pilier driek (číslo)	Využitie prierezu G_0+G_1	Využitie prierezu LM 1	Normové voz. [kN]	Faktor F_z	Zaťažiteľnosť V_n [kN]	Zaťažiteľnosť V_n [t]
S2	0,173	0,77	320	1,074	343,7	34,4
Výsledná normálna zaťažiteľnosť V_n [t]:						34,4

Poznámka: Pri výpočte zaťažiteľnosti bolo uvažované s parciálnymi súčiniteľmi $\gamma_G=1,35$ a $\gamma_Q=1,35$

Pilier driek (číslo)	Využitie prierezu G_0+G_1	Využitie prierezu 150/900	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z,r}$	Zaťažiteľnosť W_r [kN]	Zaťažiteľnosť W_r [t]
S2	0,173	0,437	900	1,387	1248,7	124,9
Dynamický súčiniteľ:	1,364		Výsledná výhradná zaťažiteľnosť W_r [t]:			124,9

Pilier driek (číslo)	Využitie prierezu G_0+G_1	Využitie prierezu 240/3000	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z,e}$	Zaťažiteľnosť W_e [kN]	Zaťažiteľnosť W_e [t]
S2	0,173	0,498	3000	1,661	4981,9	498,2
Výsledná výnimočná zaťažiteľnosť W_e [t]:						498,2

3.3 Overenie únosnosti mosta počas rekonštrukcie

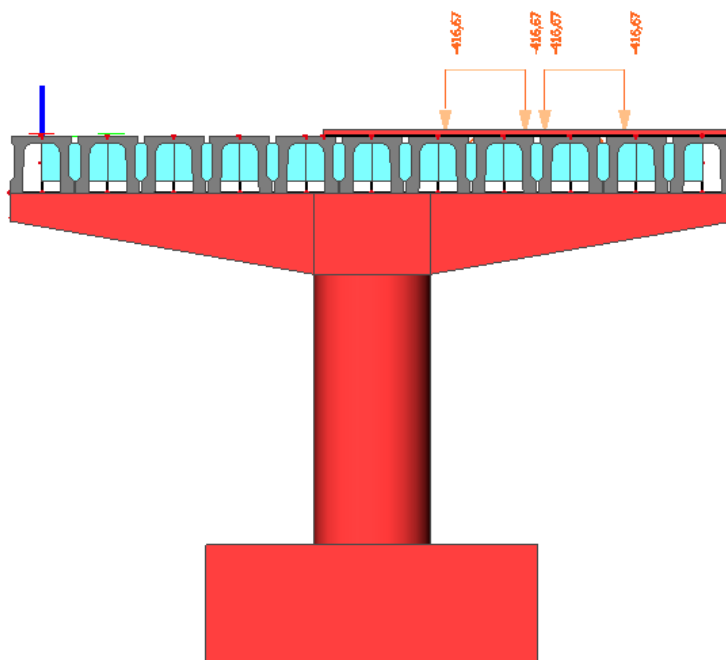
► Predpoklady výpočtu:

Počas rekonštrukcie dôjde k vybúraníu mostného zvršku, ktorý tvorí podstatnú časť hmotnosti celej mostnej konštrukcie. Navyše bude po druhej polovici mostu striedavo prebiehať doprava. Tento stav bude znamenať excentrické zaťaženie štíhlych driekov pilierov a je potrebné ich odolnosť.

3.3.1 Overenie únosnosti mosta počas 1. fázy rekonštrukcie

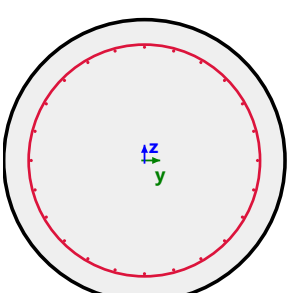
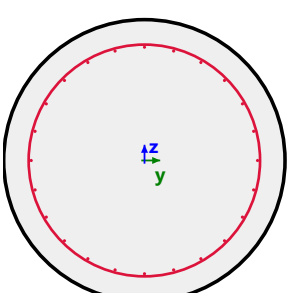
► Predpoklady výpočtu:

V prvej fáze rekonštrukcie bude vybúraná polovica pôvodného mostného zvršku až na povrch nosníkov a doprava bude dočasne prebiehať po pôvodnej nevybúranej polovici.



Obr. Poloha zaťaženia v priečnom reze pri fáze výstavby č.1

Výpočet využitia prierezu drieku piliera od kombinácie vlastnej tiaže a stáleho zaťaženia počas výstavby v etape 1:

Stĺp B536		Kruh (1760)	
EC EN 1992-1-1		Rez 28 [dx = 5.31 m]	
Dĺžka prvku	Ld = 5.31 m	Materiály	
Vzperná dĺžka y	Ly = 10.5 m	Betón	C20/25
Vzperná dĺžka z	Lz = 10.2 m	Výstuž	B 400A
		Súčinitele	
		Norma	EC EN 1992-1-1
		Vlastnosti betónu	$\gamma_c = 1.5$, $\alpha_{cc} = 0.85$
		Vlastnosti výstuže	$\gamma_s = 1.15$
		Výstuž	
		Pozdĺ. prúty: 24 ϕ 20 mm, Celk. plocha = 7540 mm ²	
		Strmene: $\phi = 12$ mm, $A_{sw} = 226$ mm ² , $A_{sw,s} = 767$ mm ² /m	
		Strmene $\phi 12/295$ mm, ns = 2	

Materiálové charakteristiky

Návrhová hodnota pevnosti betónu v tlaku

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0.85 \cdot 20}{1.5} = 11.3 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota medze klzu betonárskej výstuže

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{360}{1.15} = 313 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -3630 \text{ kN} \quad M_y = 0.0619 \text{ kNm} \quad M_z = 2160 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

VLASTNATIAZ+STALEZATAZENIE+STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Nie

Imperfekcie: Áno

Použiť pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

$$N_{Ed} = -3630 \text{ kN} \quad M_{Edy} = 213 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = 2256 \text{ kNm}$$

Vstupné údaje pre vytvorenie ID

Metóda posúdenia interakčným diagramom

$N_u M_u$

Rozdelenie pretvorenia po výške prierezu

250

Počet vertikálnych rezov

36

Výslednica ohybových momentov

$M_{res} = 2266 \text{ kNm}$

Uhol výslednice ohybových momentov vztiahnutý k M_y
 smer v horizontálnej rovine M_y - M_z

$\alpha_{MyMz} = 95.4^\circ$

Uhol výslednice ohybových momentov vztiahnutý k N
 smer vo vertikálnej rovine N - M_{res}

$\alpha_{NM} = -58^\circ$

Výpočet odolnosti

Odolnosti v kladnom smere $N_{Rd+} = 1339 \text{ kN}$ $M_{Rdy+} = 502 \text{ kNm}$ $M_{Rdz+} = 5316 \text{ kNm}$

Odolnosti v zápornom smere $N_{Rd-} = -8552 \text{ kN}$ $M_{Rdy-} = -79 \text{ kNm}$ $M_{Rdz-} = -832 \text{ kNm}$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -3630 \text{ kN}$ $M_{Edy} = 213 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 2256 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = -8552 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = 502 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = 5316 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

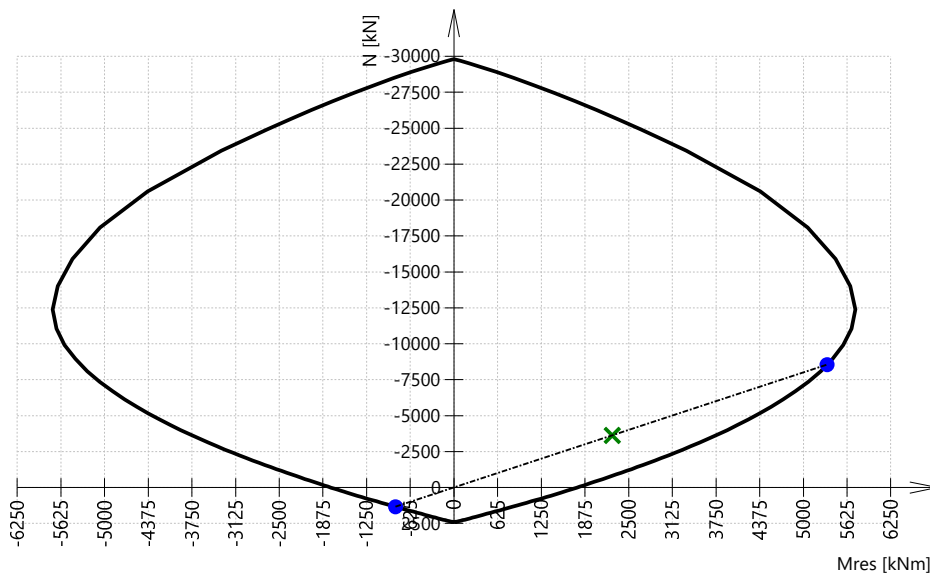
$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-3.63 \cdot 10^6}{-8.55 \cdot 10^6} = 0.424$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{212939}{501710} = 0.424$$

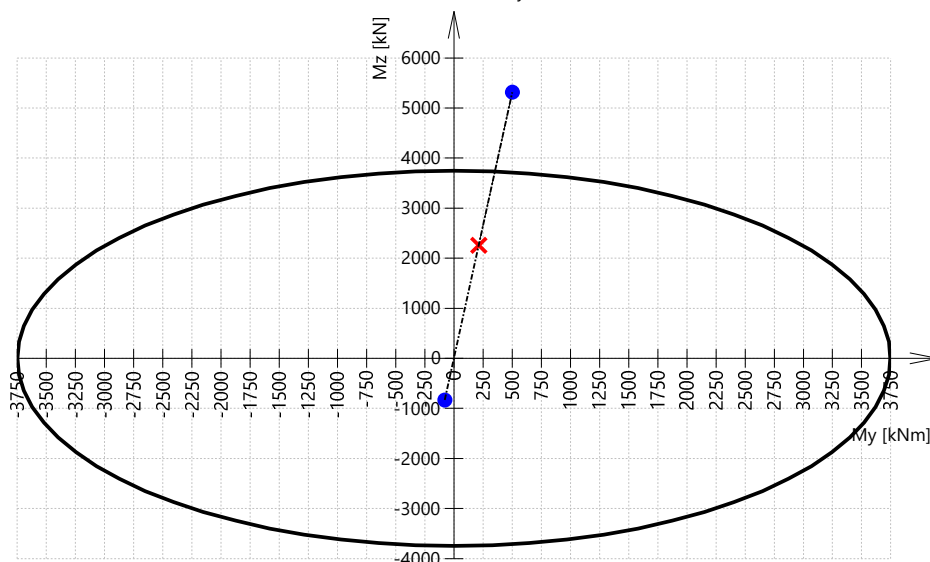
$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{2.26 \cdot 10^6}{5.32 \cdot 10^6} = 0.424$$

$$UC = \max(UC_N, UC_{My}, UC_{Mz}) = \max(0.424; 0.424; 0.424) = 0.424 \quad <= 1 \quad \text{OK}$$

3D interakčný diagram - Vertikálny rez $N-M_{res}$



3D interakčný diagram - Horizontálny rez M_y-M_z



Výpočet využitia prierezu úložného prahu od rozhodujúcej kombinácie pre určenie normálnej zaťažiteľnosti počas výstavby v etape 1:

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -4946 \text{ kN} \quad M_y = 0.129 \text{ kNm} \quad M_z = 5313 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

VLASTNATIAZ+STALEZATAZENIE+1.35*LM1TSMOMENTPRIECNIK+PILIER+
 1.35*LM1UDLMOMENTPRIECNIK+PILIER+STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Nie

Imperfekcie: Áno

Použiť pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

$$N_{Ed} = -4946 \text{ kN} \quad M_{Edy} = 290 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = 5348 \text{ kNm}$$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -4946 \text{ kN}$ $M_{Edy} = 290 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 5348 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = 999 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = 196 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = 3604 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-4.95 \cdot 10^6}{998777} = -4.95$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{290192}{195599} = 1.48$$

$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{5.35 \cdot 10^6}{3.6 \cdot 10^6} = 1.48$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(-4.95; 1.48; 1.48) = 1.48 > 1 \text{ **Nevyhovuje**}$$

Výpočet využitia prierezu úložného prahu od rozhodujúcej kombinácie pre určenie výhradnej zaťažiteľnosti počas výstavby v etape 1:

Sily

Z FEM analýzy

$N = -4707 \text{ kN}$ $M_y = 0.129 \text{ kNm}$ $M_z = 4669 \text{ kNm}$

Obsah kombinácie:

VLASTNATIAZ+STALEZATAZENIE+STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY+1.35*900/150WR

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Nie

Imperfekcie: Áno

Použiť pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

$N_{Ed} = -4707 \text{ kN}$ $M_{Edy} = 276 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 4650 \text{ kNm}$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -4707 \text{ kN}$ $M_{Edy} = 276 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = 4650 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = 1053 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = 229 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = 3863 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-4.71 \cdot 10^6}{1.05 \cdot 10^6} = -4.47$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{276140}{229396} = 1.2$$

$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{4.65 \cdot 10^6}{3.86 \cdot 10^6} = 1.2$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(-4.47; 1.2; 1.2) = 1.2 > 1 \text{ **Nevyhovuje**}$$

Tab. Tabuľkový výpočet zaťažiteľnosti driekov pilierov mosta

Pilier driek (číslo)	Využitie prierezu G_0+G_1	Využitie prierezu LM 1	Normové voz. [kN]	Faktor F_z	Zaťažiteľnosť V_n [kN]	Zaťažiteľnosť V_n [t]
S2	0,424	1,06	320	0,545	174,5	17,5
Výsledná normálna zaťažiteľnosť V_n [t]:						17,5

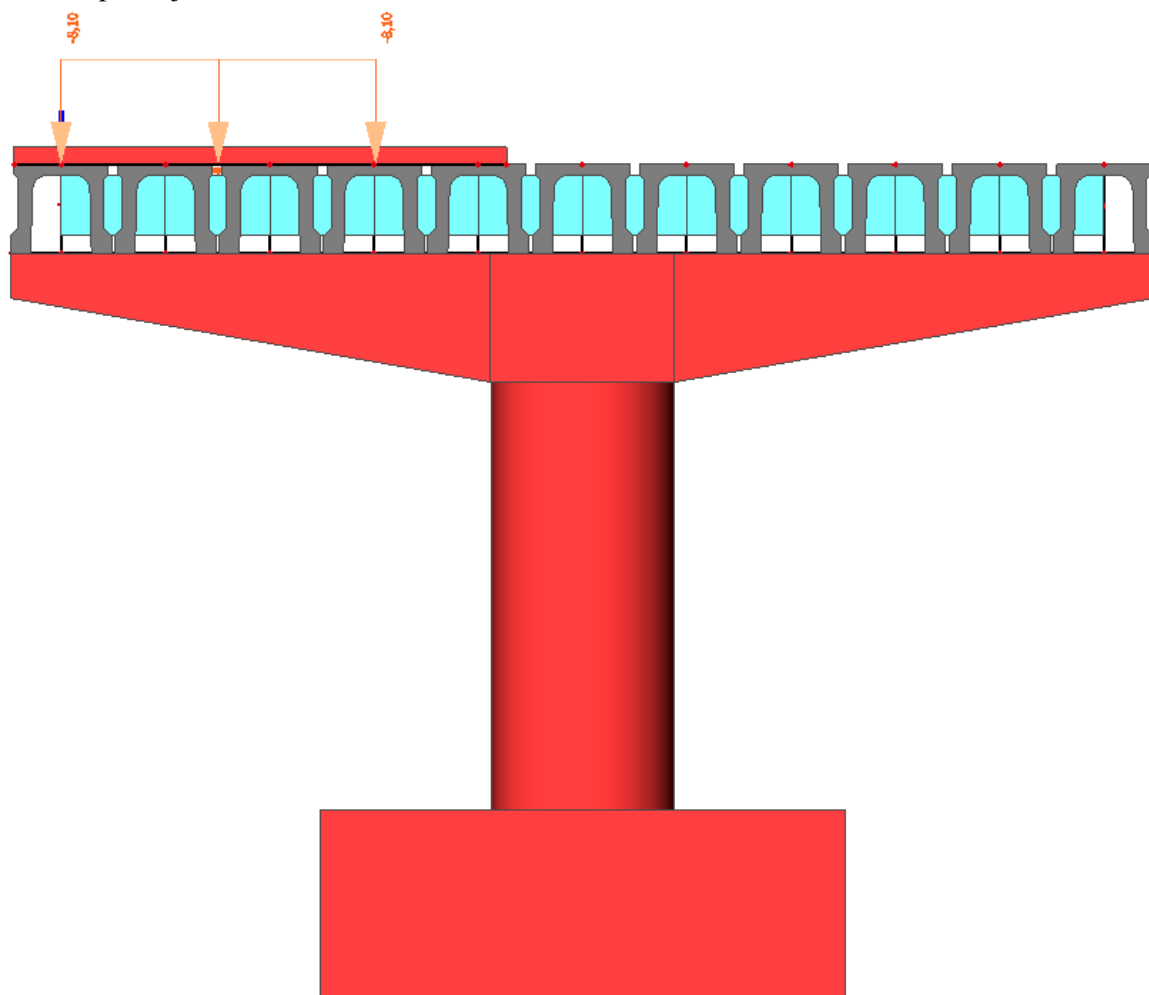
Poznámka: Pri výpočte zaťažiteľnosti bolo uvažované s parciálnymi súčiniteľmi $\gamma_G=1,35$ a $\gamma_Q=1,35$

Pilier driek (číslo)	Využitie prierezu G_0+G_1	Využitie prierezu 150/900	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z,r}$	Zaťažiteľnosť W_r [kN]	Zaťažiteľnosť W_r [t]
S2	0,424	0,776	900	0,544	489,8	49,0
Dynamický súčiniteľ:	1,364		Výsledná výhradná zaťažiteľnosť W_r [t]:			49,0

3.3.2 Overenie únosnosti mosta počas 2. fázy rekonštrukcie

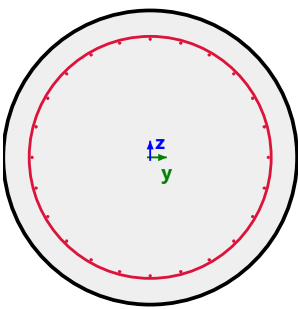
► Predpoklady výpočtu:

V druhej fáze rekonštrukcie bude vybúraná druhá polovica pôvodného mostného zvršku až na povrch nosníkov a doprava bude dočasne prebiehať po novej rekonštruovanej polovici mosta s už hotovou spriahujúcou doskou.



Obr. Poloha zaťaženia v priečnom reze pri fáze výstavby č.2

Výpočet využitia prierezu drieku piliera od kombinácie vlastnej tiaže a stáleho zaťaženia počas výstavby v etape 2:

Stĺp B536		Kruh (1760)	
EC EN 1992-1-1		Rez 28 [dx = 5.31 m]	
Dĺžka prvku	Ld = 5.31 m	Materiály	
Vzperná dĺžka y	Ly = 10.6 m	Betón	C20/25
Vzperná dĺžka z	Lz = 10.2 m	Výstuž	B 400A
		Súčinitele	
		Norma	EC EN 1992-1-1
		Vlastnosti betónu	$\gamma_c = 1.5$, $\alpha_{cc} = 0.85$
		Vlastnosti výstuže	$\gamma_s = 1.15$
		Výstuž	
		Pozdĺ. prúty: 24 ϕ 20 mm, Celk. plocha = 7540 mm ²	
		Strmene: $\phi = 12$ mm, $A_{sw} = 226$ mm ² , $A_{sw,s} = 767$ mm ² /m	

Materiálové charakteristiky

Návrhová hodnota pevnosti betónu v tlaku

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0.85 \cdot 20}{1.5} = 11.3 \text{ MPa}$$

Návrhová hodnota medze klzu betonárskej výstuže

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{360}{1.15} = 313 \text{ MPa} \quad (3.15)$$

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -3386 \text{ kN} \quad M_y = -14.6 \text{ kNm} \quad M_z = -2092 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

VLASTNATIAZ+STALEZATAZENIE+STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Imperfekcie: Áno

$$N_{Ed} = -3386 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -199 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -2205 \text{ kNm}$$

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Nie

Použit' pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

Vstupné údaje pre vytvorenie ID

Metóda posúdenia interakčným diagramom

$$N_u M_u$$

Rozdelenie pretvorenia po výške prierezu

$$250$$

Počet vertikálnych rezov

$$36$$

Výslednica ohybových momentov

$$M_{res} = 2214 \text{ kNm}$$

Uhol výslednice ohybových momentov vztiahnutý k M_y smer v horizontálnej rovine M_y - M_z

$$\alpha_{MyMz} = -84.9^\circ$$

Uhol výslednice ohybových momentov vztiahnutý k N smer vo vertikálnej rovine N - M_{res}

$$\alpha_{NM} = -56.8^\circ$$

Výpočet odolnosti

$$\text{Odolnosti v kladnom smere} \quad N_{Rd+} = 1311 \text{ kN} \quad M_{Rdy+} = 77 \text{ kNm} \quad M_{Rdz+} = 853 \text{ kNm}$$

$$\text{Odolnosti v zápornom smere} \quad N_{Rd-} = -7992 \text{ kN} \quad M_{Rdy-} = -469 \text{ kNm} \quad M_{Rdz-} = -5203 \text{ kNm}$$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -3386 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -199 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = -2205 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = -7992 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = -469 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = -5203 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

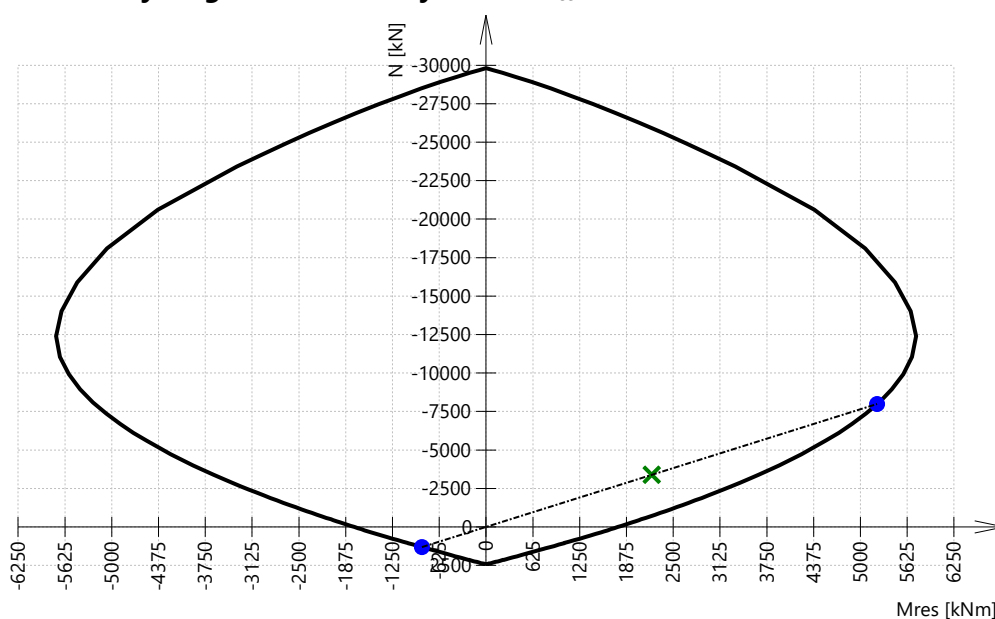
$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-3.39 \cdot 10^6}{-7.99 \cdot 10^6} = 0.424$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{-198668}{-468888} = 0.424$$

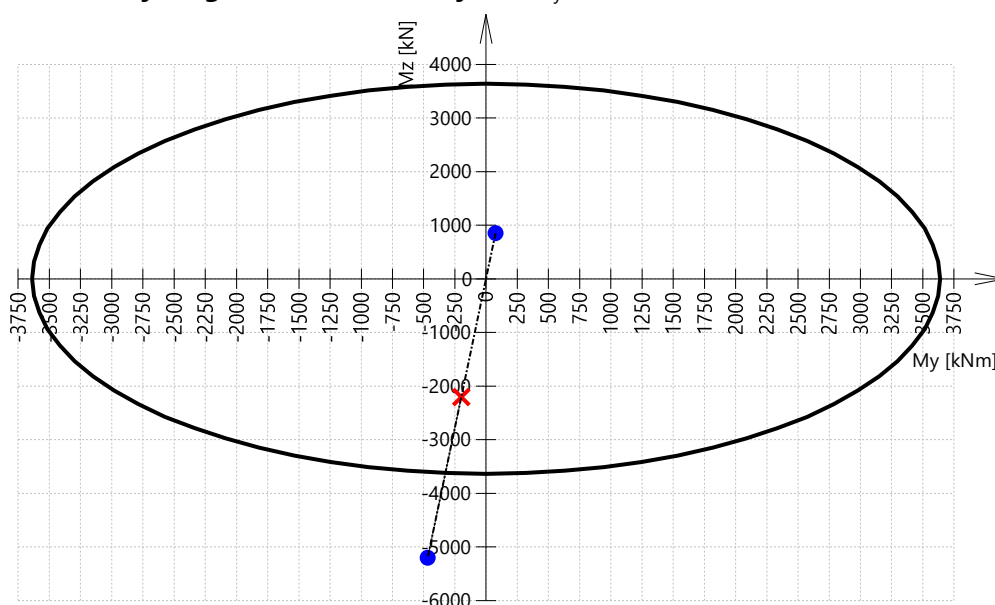
$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{-2.2 \cdot 10^6}{-5.2 \cdot 10^6} = 0.424$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(0.424; 0.424; 0.424) = 0.424 \leq 1 \quad \text{OK}$$

3D interakčný diagram - Vertikálny rez N-M_{res}



3D interakčný diagram - Horizontálny rez M_y-M_z



Výpočet využitia prierezu úložného prahu od rozhodujúcej kombinácie pre určenie normálnej zaťažiteľnosti počas výstavby v etape 2:

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -4703 \text{ kN} \quad M_y = -18.5 \text{ kNm} \quad M_z = -6504 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

VLASTNATIAZ+STALEZATAZENIE+1.35*LM1TSMOMENTPRIECNIK+PILIER+
 1.35*LM1UDLMOMENTPRIECNIK+PILIER+STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Nie

Imperfekcie: Áno

Použiť pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

$$N_{Ed} = -4703 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -276 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -6478 \text{ kNm}$$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -4703 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -276 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = -6478 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = -2215 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = -130 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = -3051 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-4.7 \cdot 10^6}{-2.22 \cdot 10^6} = 2.12$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{-275920}{-129963} = 2.12$$

$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{-6.48 \cdot 10^6}{-3.05 \cdot 10^6} = 2.12$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(2.12; 2.12; 2.12) = 2.12 > 1 \quad \text{Nevyhovuje}$$

Výpočet využitia prierezu úložného prahu od rozhodujúcej kombinácie pre určenie výhradnej zaťažiteľnosti počas výstavby v etape 2:

Sily

Z FEM analýzy

$$N = -4464 \text{ kN} \quad M_y = -15.1 \text{ kNm} \quad M_z = -5596 \text{ kNm}$$

Obsah kombinácie:

VLASTNATIAZ+STALEZATAZENIE+STALEZATAZENIE-DOBETONÁVKY+1.35*900/150WR

Prepočet ohybových momentov:

Sekundárne účinky: Áno

Prvok je uvažovaný ako izolovaný prvok: Nie

Imperfekcie: Áno

Použiť pre výpočet ekvivalentné momenty: Áno

$$N_{Ed} = -4464 \text{ kN} \quad M_{Edy} = -262 \text{ kNm} \quad M_{Edz} = -5471 \text{ kNm}$$

Zhrnutie posúdenia

Sily: $N_{Ed} = -4464 \text{ kN}$ $M_{Edy} = -262 \text{ kNm}$ $M_{Edz} = -5471 \text{ kNm}$

Odolnosť: $N_{Rd} = -2687 \text{ kNm}$ $M_{Rdy} = -158 \text{ kNm}$ $M_{Rdz} = -3293 \text{ kNm}$

Výpočet jednotkového posudku:

$$UC_N = \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{-4.46 \cdot 10^6}{-2.69 \cdot 10^6} = 1.66$$

$$UC_{My} = \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} = \frac{-261863}{-157643} = 1.66$$

$$UC_{Mz} = \frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}} = \frac{-5.47 \cdot 10^6}{-3.29 \cdot 10^6} = 1.66$$

$$UC = \max(UC_N; UC_{My}; UC_{Mz}) = \max(1.66; 1.66; 1.66) = 1.66 > 1 \quad \text{Nevyhovuje}$$

Tab. Tabuľkový výpočet zaťažiteľnosti driekov pilierov mosta počas výstavby vo fáze 2.

Pilier driek (číslo)	Využitie prierezu G_0+G_1	Využitie prierezu LM 1	Normové voz. [kN]	Faktor F_z	Zaťažiteľnosť V_n [kN]	Zaťažiteľnosť V_n [t]
S2	0,424	1,70	320	0,340	108,7	10,9
Výsledná normálna zaťažiteľnosť V_n [t]:						10,9

Poznámka: Pri výpočte zaťažiteľnosti bolo uvažované s parciálnymi súčiniteľmi $\gamma_G=1,35$ a $\gamma_Q=1,35$

Pilier driek (číslo)	Využitie prierezu G_0+G_1	Využitie prierezu 150/900	Normové voz. [kN]	Faktor $K_{z,r}$	Zaťažiteľnosť W_r [kN]	Zaťažiteľnosť W_r [t]
S2	0,424	1,236	900	0,342	307,5	30,7
Dynamický súčiniteľ:	1,364		Výsledná výhradná zaťažiteľnosť W_r [t]:			30,7

4 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti

Pri statickom prepočte zaťažiteľnosti bol použitý priestorový výpočtový model pre zistenie čo najpresnejšej odozvy konštrukcie na jednotlivé druhy zaťaženia. Roznosu zaťaženia a tým zvýšeniu zaťažiteľnosti napomáha spriahujúca doska (bude realizovaná počas rekonštrukcie). Vplyv navýšenia prierezu a tým zvýšenie únosnosti nosníkov spriahujúcou doskou bol na strane bezpečnej zanedbaný.

Pri prepočte zaťažiteľnosti bol zanedbaný vplyv zmeny teploty, keďže sa jedná o jednopoložnú prsto uloženú konštrukciu a toto zaťaženie nemá zásadný vplyv. Zaťaženie vetrom a snehom bolo vzhľadom hodnoty iných zaťažení zanedbateľné a vo výpočte neboli uvažované.

Na základe statického prepočtu bola stanovená zaťažiteľnosť konštrukcie a to:

Tab. Prehľad výslednej zaťažiteľnosti mosta po realizovaní rekonštrukcie

Prierez	Normálna W_n [t]	Výhradná W_r [t]	Výnimočná W_e [t]
Stred nosníka Vloššák	26,4 t	71,7 t	251,3 t
Úložné prahy pilierov	28,1 t	140,9 t	363,4 t
Drieky pilierov	34,4 t	124,9 t	498,2 t
Výsledná zaťažiteľnosť:	26,4 t	71,7 t	251,3 t

Tab. Prehľad výslednej zaťažiteľnosti mosta počas rekonštrukcie mosta

Prierez	Normálna W_n [t]	Výhradná W_r [t]
Fáza výstavby 1	17,5 t	49,0 t
Fáza výstavby 2	10,9 t	30,7 t

V Žiline, november 2018

Ing. Peter Litvik