

TASUM

Technical Assessment
Of Structures and Maintenance

TASUM, s.r.o., Štrková 10, SK-010 09 Žilina



Diagnostika mostného objektu cez rieku Orava za obcou Štefanov

december 2013

Obsah

Literatúra	2
1. Úvod	3
2. Popis mostného objektu.....	3
3. Súčasný stav mostného objektu	3
4. Diagnostika materiálov konštrukčných prvkov	6
4.1 Betón nosnej konštrukcie	5
4.1.1 Pevnosť betónu v tlaku	5
4.1.2 Karbonatácia betónu.....	5
4.1.3 Obsah chloridov v betóne	5
4.2 Výstuž nosnej konštrukcie	5
5. Prepočet zaťažiteľnosti mostného objektu	7
5.1 Zaťažovacie schémy	7
5.2 Zaťažovacie stavy, výpočet vnútorných síl.....	10
5.3 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti hlavného oblúka	13
5.4 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti mostovky	29
5.5 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti priečných ž.b. stien mosta	43
5.6 Rekapitulácia výsledkov.....	67
6. Zhrnutie výsledkov, závery a návrhy pre ďalší postup prác.....	69
 7. Prílohová časť	
A – Obrázková príloha	
B – Výkresová príloha	
C – Protokoly vykonaných skúšok betónu	

1. ÚVOD

Na základe cenovej ponuky zo dňa 17.09.2013 (zákazka č. 4235116858 EVOSERVICE) bola u spoločnosti TASUM, s.r.o. Žilina objednaná dňa 24.09.2013 pod č. 60/2013/SC-00 zákazka na diagnostiku mostných objektov za účelom zistenia pod-kladov pre výpočet zaťažiteľnosti a záverov pre ďalšie ich využitie .

Cestný most za obcou Štefanov premostňuje rieku Orava. Rok postavenia mostného objektu z poskytnutých podkladov pre výkon diagnostiky je 1974. Počas prevádzky mostného objektu sa postupne začali prejavovať poruchy z funkčnosti a životnosti niektorých konštrukčných prvkov a taktiež poruchy, ktoré boli spôsobené jeho výstavbou.

Na mostnom objekte bola pod vedením spracovateľa posudku vykonaná diagnostická prehliadka v dňoch 08.10. - 11.10.2013. Počasie počas prehliadky bolo slnečné s teplotou 18 resp. 22°C.

2. POPIS MOSTNÉHO OBJEKTU

Mostný objekt je jednopoložná konštrukcia, premostujúca vodný tok Orava na trase Tvrdošín – Námestovo pri obci Štefanov nad Oravou. Rozpätie mosta medzi uložením je 60,80m. Jedná sa o železobetónovú oblúkovú konštrukciu s hornou mostovkou. Oblúk mostnej konštrukcie je konštantnej hrúbky 700mm. Pôdorysne je oblúk zakrivený. Vo vrchole vzopätia má šírku 6 500mm a v mieste uloženia do opôr mostnej konštrukcie má šírku 8 500mm. Železobetónový oblúk je tuho prepojený so základovou časťou opôr. Mostovka je tvorená železobetónovou doskou hr. 350mm. Šírka mostovky je 8 800mm vykonšolovaná na strany mostného oblúka. Doska mostovky je ukončená železobetónovými rímsami rozmerov 550mmx310mm. Do ríms je kotvené oceľové zábradlie mosta. Chodník pre chodcov je z oboch strán mostovky šírky 850mm. Chodníky spolu so žb. rímsami majú šírku 1400mm. Šírka cestnej komunikácie na moste je 6000mm. Z ľavej strany mostovky pri pohľade v smere na Námestovo (obr.1,2) je vozovka vypádaná v sklone 3,33%. Z pravej strany je vozovka v spáde 2%. Odvodnenie vozovky je riešené vpustami pod železobetónovú dosku mostovky. Skladba vozovky je tvorená vyrovnávajúcim betónovým poterom, na ktorý je uložená izolácia. Na izoláciu je uložená ochranná betónová vrstva, na ktorej je vrstva piesku. Do vrstvy piesku je ukladany kryt vozovky, ktorý je tvorený dlažbovým kameňom. Železobetónová doska mostovky je so žb. oblúkom prepojená priečnikmi, ktoré sú tvorené železobetónovými stenami hr. 200mm. Priečne steny sú od seba osovo vzdialené 3 800mm. Šírka žb. stien je 6 500mm. V uložení majú steny šírku 8 500mm.

Úlohou statickej analýzy je zistenie zaťažiteľnosti mostnej konštrukcie. Ako podklady pre spracovanie statického výpočtu bola jestvujúca výkresová dokumentácia, vypracovaná v rokoch 1941 – 1947.

3. SÚČASNÝ STAV MOSTNÉHO OBJEKTU

Pre posúdenie súčasného stavebného stavu mostného objektu bola vykonaná diagnostická prehliadka, ktorou boli zistené nasledovné poruchy jednotlivých častí objektu:

Nosná konštrukcia - nosné konštrukčné prvky mostovky doska, oblúk a stienky sú plošne zatečené cez nefunkčnú izoláciu. Výkvetý na plochách, inkrustácie sú rozsahu potvrdzujúcu dlhšie pôsobenie. Dlhodobejšie povrchové pôsobenie spôsobí korózne splodiny s povrchovými napätiami a tým odokrytiu krycej vrstvy. Koróziou výstuže dochádza k následnému šupinovému odlupovaniu výstuže. Nahradenie úbytku výstuže pri tomto type konštrukcie bude technologicky veľmi náročné. Na doske mostovky a stenách boli diagnostikované mikrotrhliny, ktoré pôsobením atmosferických zrážok môžu spôsobovať taktiež povrchový líniový rozpad betónu.

Spodná stavba – spodná stavba má poruchy spôsobené zatekaním cez rímky a nefunkčné dilatačné prechody. Rozsah povrchovej degradácie a výkvetý svedčia o dlhšom pôsobení zatekania (pozri obr. 4).

Okolie mosta je znečistené odpadom a naplavenými rôznymi predmetmi.

Chodníky a rímky – rímky sú v celom rozsahu zatečené, degradácia betónu je rozsahu kedy dochádza k odlupovaniu, odkrývaniu betonárskej výstuži. Výstuž hlavná aj konštrukčná povrchovo koroduje. Povrch chodníkov je v celoplošnom rozpade, nerovnosti povrchu sú niekoľko centimetrové. Obrubníky sú uvoľnené, upadnuté mechanicky poškodené (pozri prílohu obr. 5,6 a 7).

Vozovka – vozovka má vyjazdené koľaje, priečne a pozdĺžne nerovnosti, chýbajúce čadičové kocky boli nahradené asfaltovými zálievkami, ktoré sú nerovné prevyšujú svoje okolie, sú už rozpadnuté. Nerovnosti vozovky spôsobujú prechodom vozidiel dynamické rázy na mostovku, čo v prípade prechodu ťažších súprav môže spôsobiť poruchy nosných prvkov mostného objektu

4. DIAGNOSTIKA MATERIÁLOV KONŠTRUKČNÝCH PRVKOV

Diagnostika mostného objektu vychádzala za špecifikácie objednaných skúšok a prác. Na tomto základe bol vypracovaný program skúšania, ktorý vychádzal zo získaných informácií a dostupných údajov o mostnej konštrukcii. Ďalej zahrňoval účel skúšania, použité skúšobné metódy, druh skúšok, počet, rozmiestnenie a prípravu skúšobných miest, použité prístroje a spôsob vyhodnotenia.

4.1 Betón nosnej konštrukcie

4.1.1 Pevnosť betónu v tlaku

Pevnosť betónu v tlaku nosných konštrukcií mostovky sa zisťovala Schmidovým tvrdomerom N, výrobné číslo N podľa [3]. Skúšané miesta sa rozdelili na oblasti a to na oblasť

nosnej konštrukcie – oblúk, podporné steny a doska mostovky. Na každom konštrukčnom prvku sa vykonali po 3 skúšané miesta.

Z vypočítaných hodnôt pevnosti betónu v tlaku R_{bei} s nezaručenou presnosťou v MPa sa stanovila podľa [3] zaručená pevnosť betónu v tlaku R_{bg} .

Prehľad nameraných hodnôt pevností betónu na vybraných miestach nosných konštrukcií sú uvedené v skúšobných protokoloch prílohovej časti správy. Výsledky sú použité pri výpočtoch zaťažiteľnosti.

4.1.2 Karbonatácia betónu

Stupeň karbonatácie betónu sa určovala z dôvodu ohrozenia výstuže koróziou kyslým prostredím. Karbonatácia betónu sa určovala na stanovených miestach nosnej konštrukcie na odobratých vzorkách súpravou German Instruments – Rainbow Indikátor. Na zisťovaných miestach konštrukčných prvkov bol zistený stupeň karbonatácie kyslosti pH 9.

Hĺbka skarbonátovanej vrstvy betónu mostovky je rozdielna na doska na zatečených plochách dosky s výkvetmi bola zistená hĺbka do 10 mm, t.j. nedosahuje úroveň konštrukčnej výstuže, na ostatných miestach len povrchová. Na podporných stenách bola karbonatácia len povrchová.

4.1.3 Obsah chloridov v betóne

Na odobratých vzorkách betónu bolo skúškami zistené napadnutie betónu difundovanými chloridmi len v okolí zatečených plôch, degradovaných a odpadnutých krycích vrstiev krajných trámov. Viazanosť na cementový tmel bolo zistené v hodnote 1,1-násobného prekročenia povolenej maximálnej prípustnej hranice pre železobetón, t.j. 0,02%. Na ostatných plochách zatečených prvkov bolo napadnutie difundovanými chloridmi v prípustnej tolerancii

4.2 Výstuž nosnej konštrukcie

Prítomnosť výstuže v betóne sa zisťovala jednak z dôvodu určenia skúšobných miest Schmidovým tvrdomerom N, overenia hrúbky krycej vrstvy, osovej vzdialenosti a priemeru hlavnej a konštrukčnej výstuže. Na skúšku sa použila pachometrická metóda – prístrojom PROFOMETER 4 s využitím bodovej a hĺbkovej sondy.

Diagnostickým meraním boli zistené nasledovné polohy, profily a počty betonárskej a konštrukčnej výstuže v jednotlivých konštrukčných prvkoch. V tabuľke sú uvedené hodnoty zistených profilov hlavnej a konštrukčnej výstuže.

Konštrukčný prvok	Výstuž hlavná Ø	Výstuž konštrukčná Ø	Krytie [mm]
Doska - oblúk	8 Ø C 25	Štvorstr. Ø 8 á 300,150	27 – 30
Stienka II	4 Ø C 18	Dvojstr. Ø 8 á 200	8 – 25
Stienka IV	7 Ø C12	5 Ø C10 á 225	7 – 20
Doska - mostovka	5 Ø24	Dvojstr. Ø12 á 200	0

**Na základe diagnostickej prehliadky zisteného súčasného stavu
hodnotíme stavebný stav objektu na**

IV. s t a v u s p o k o j i v ý

5. PREPOČET ZAŤAŽITEĽNOSTI MOSTNÉHO OBJEKTU

Prepočet zaťažiteľnosti je počítaný metódou porovnania momentov od náhodilého zaťaženia v dobe návrhu mostného objektu (príloha B.1) a normového zaťaženia (príloha B.3,B.4,B.5 a B.6) v zmysle STN 73 62 03 zaťaženie mostov.

Metodika výpočtu

Statický výpočet mostnej konštrukcie bol vypracovaný výpočtovým programom SciaEngineer, ktorého riešič je založený na základe metódy konečných prvkov. Pre statickú analýzu bol vypracovaný priestorový model konštrukcie mostného objektu pomocou sústavy plošných prvkov. Výstupom výpočtového modelu sú vnútorné sily na jednotlivých prvkoch konštrukcie, ktoré vznikli ako odozva kombinácie pohyblivého a stáleho zaťaženia. Na základe vzniknutých vnútorných síl je stanovená zaťažiteľnosť mostnej konštrukcie, vzhľadom k vyjadreným prierezovým odolnostiam prvkov, v limitných medziach únosnosti a použiteľnosti mostnej konštrukcie. V rámci medzných stavov použiteľnosti bola vyriešená nelineárna analýza konštrukcie, ktorá zohľadňuje reologické zmeny betónu v čase na začiatku životnosti mosta až po súčasnosť za predpokladu zmeny materiálu v rámci dotvarovania konštrukcie.

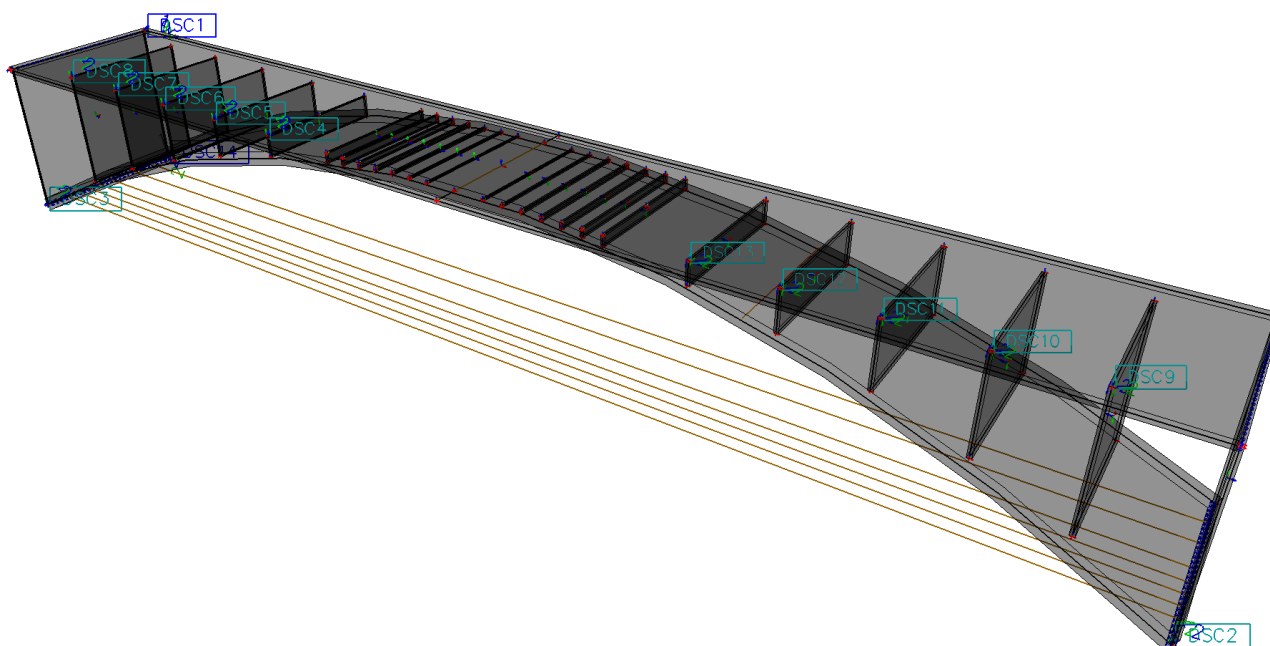
Konečným výstupom tejto dokumentácie je stanovenie zaťažiteľnosti mostného objektu. Zaťažiteľnosť je vyjadrená ako najväčšia okamžitá celková hmotnosť každého vozidla cestnej premávky, ktorého jazdu po moste je možné pripustiť za určitých podmienok. Podľa noriem a smerníc (STN 73 6203) pre zistenie zaťažiteľnosti bola vyjadrená:

- **Normálna zaťažiteľnosť** V_n , (max. $V_n = 32t$); maximálna hmotnosť jedného vozidla. Vozidlá tejto hmotnosti môžu prechádzať po moste bez dopravných obmedzení v ľubovoľnom počte a nezníženou rýchlosťou.
- **Výhradná zaťažiteľnosť** V_r , (max. $V_r = 80t$); vyjadruje najväčšiu okamžitú celkovú hmotnosť vozidla, ktoré môže ako jediné prechádzať cez most, pričom je vodič povinný zaistiť, aby na most nemali možnosť vjazdu súčasne žiadne iné vozidlá
- **Výnimočná zaťažiteľnosť** V_e , (max. $V_e = 196t$); vyjadruje najväčšiu okamžitú celkovú hmotnosť zvláštneho vozidla prevádzajúceho prepravu mimoriadne ťažkých nákladov, ktoré môžu prechádzať po moste iba za úplného vylúčenia ostatnej dopravy a za dodržania stanovených podmienok (prejazd predpísanou rýchlosťou, dodržanie stanovenej jazdnej stopy)

5.1 Zaťažovacie schémy

V rámci statického prepočtu boli použité zaťažovacie schémy pohyblivého zaťaženia podľa normy STN 73 6203. Pre čo najväčšiu odozvu zaťaženia na konštrukciu je potrebné zaťažovacie schémy postaviť tak aby boli v čo najúčinnejšej polohe na konštrukcii. Tieto schémy boli vytvorené vo výpočtovom programe a v rámci modulu pre pohyblivé zaťaženie program krokovo s odstupom po 1,0m vygeneroval zaťažovacie stavy pri osadení zaťažovacích schém na mostnú konštrukciu. Následne boli vytvorené kombinácie zaťažení jednotlivých schém so stálym zaťažením na moste.

Výpočtový model

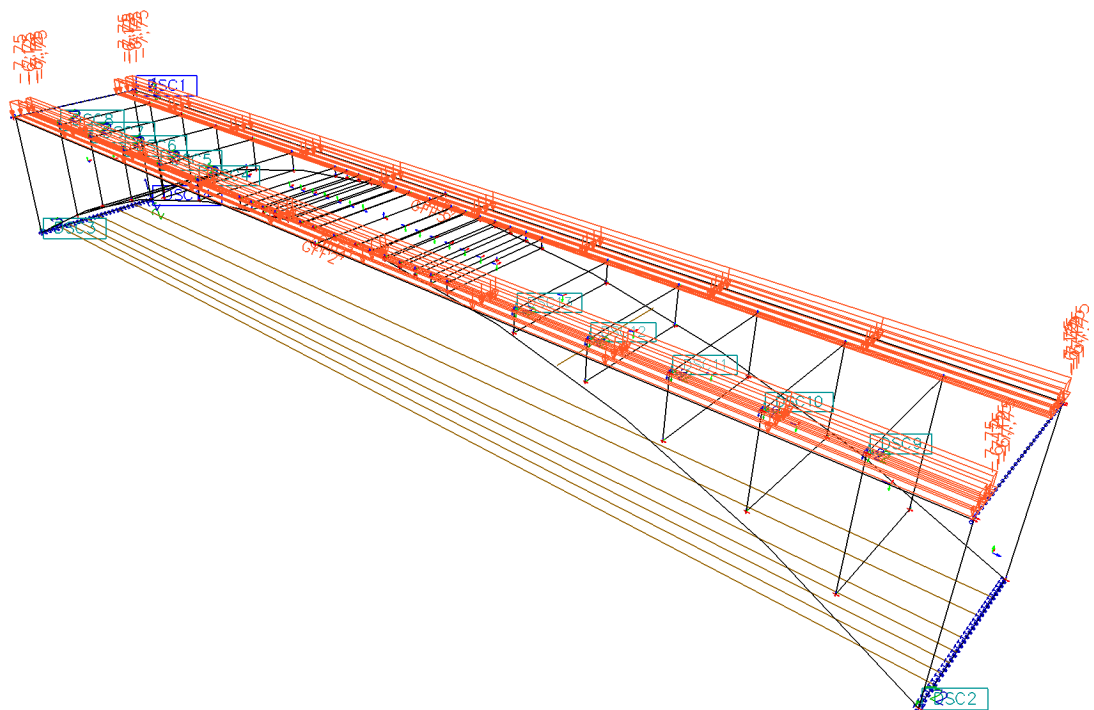


5.2 Zat'azovacie stavy a kombinácie zat'ažení

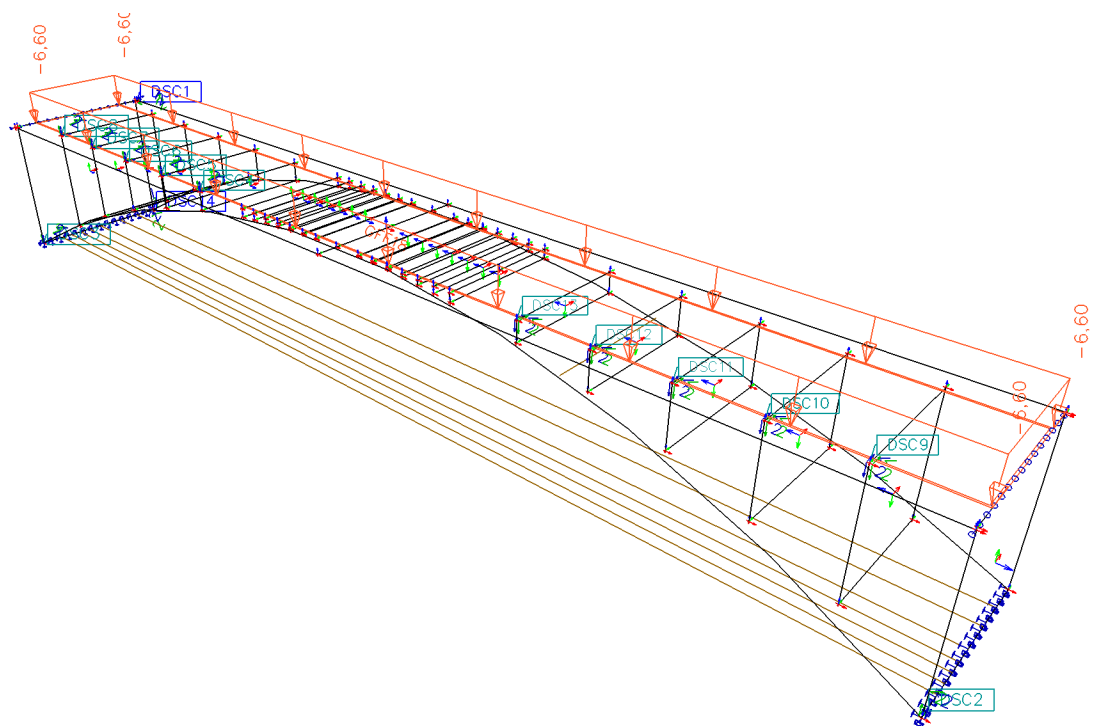
- ZS – vlastná tiaž

Vlastná tiaž je automaticky vygenerovaná výpočtovým programom na základe objemových tiaž materiálov.

- ZS – Rímsy, chodníky, zábradlia

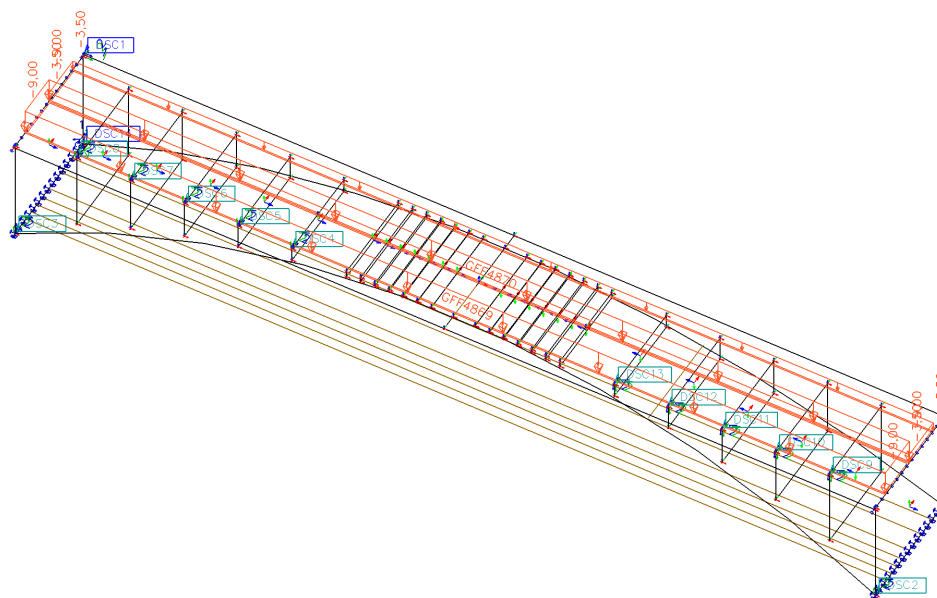


- ZS – vozovka



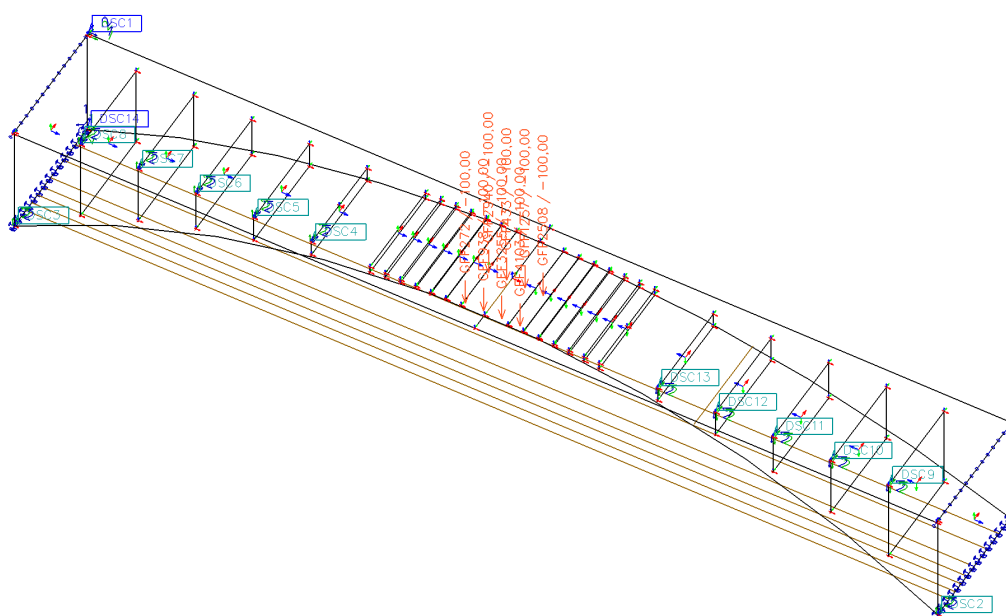
- Úžitné zaťaženie chodníky

Zaťažovacie stavy od zaťažovacej súpravy boli vygenerované modulom pre pohyblivé zaťaženie, ktoré rozložilo zaťaženie, krokovo po 1,0m po celom moste.



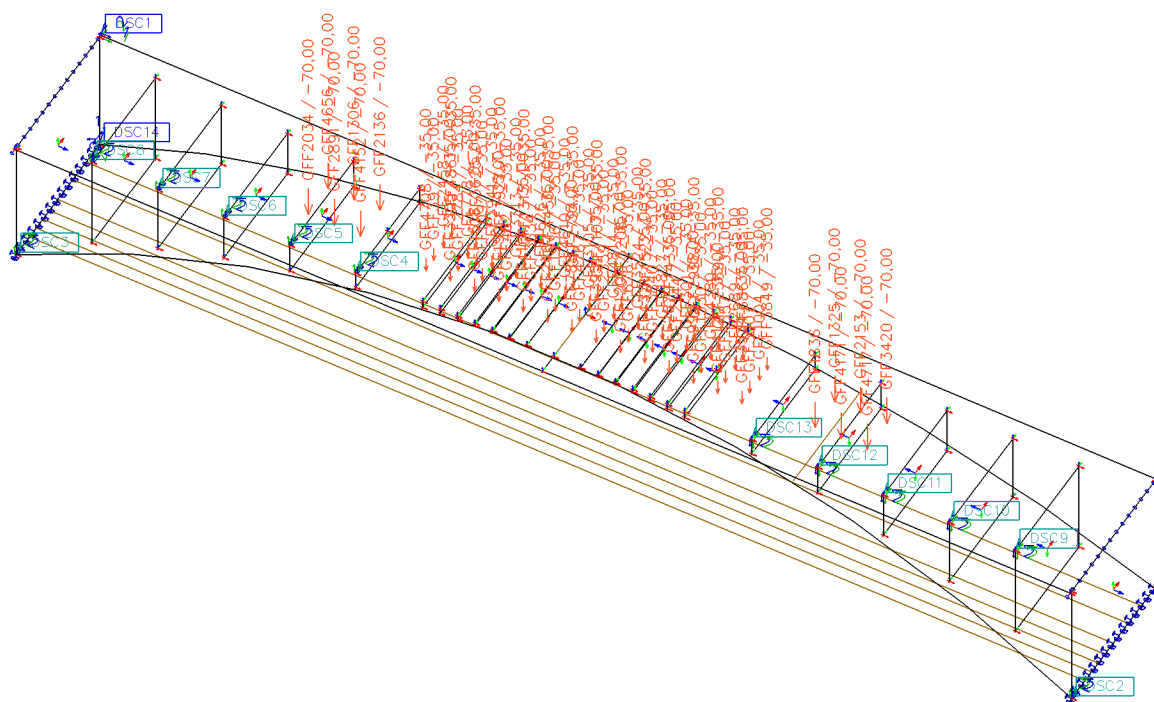
- Zaťažovacia súprava štvornápravové vozidlo

Zaťažovacie stavy od zaťažovacej súpravy boli vygenerované modulom pre pohyblivé zaťaženie, ktoré rozložilo zaťaženie, krokovo po 1,0m po celom moste.



- Zaťaženie zvláštnou súpravou

Zaťažovacie stavy od zaťažovacej súpravy boli vygenerované modulom pre pohyblivé zaťaženie, ktoré rozložilo zaťaženie, krokovo po 1,0m po celom moste.

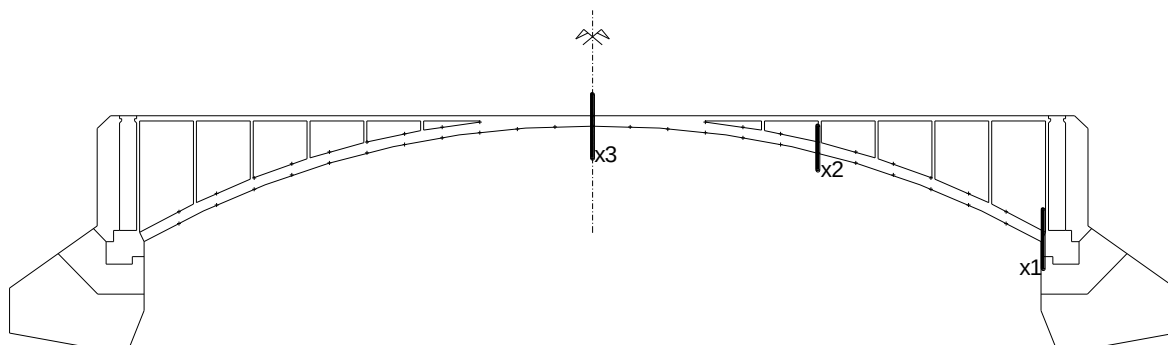


- Kombinácie zaťažení

5.3 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti hlavného oblúka

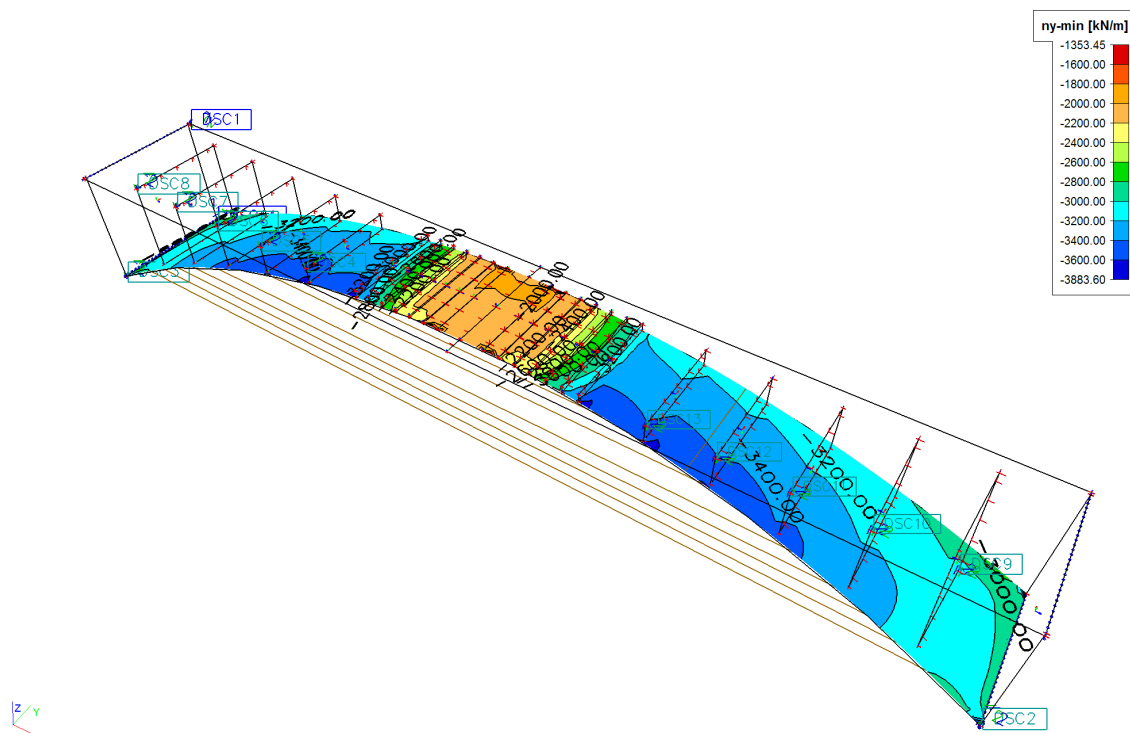
Hlavný oblúk mostnej konštrukcie

- Schéma posudzovaných miest



Výpočet normálnej zaťažiteľnosti - ZZI

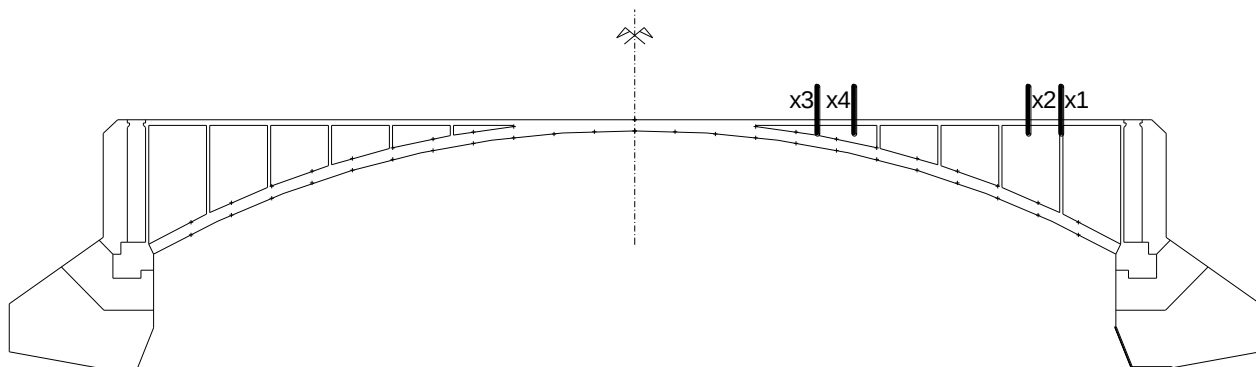
- Vnútorne sily
- max. $-N_y$



5.4 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti mostovky

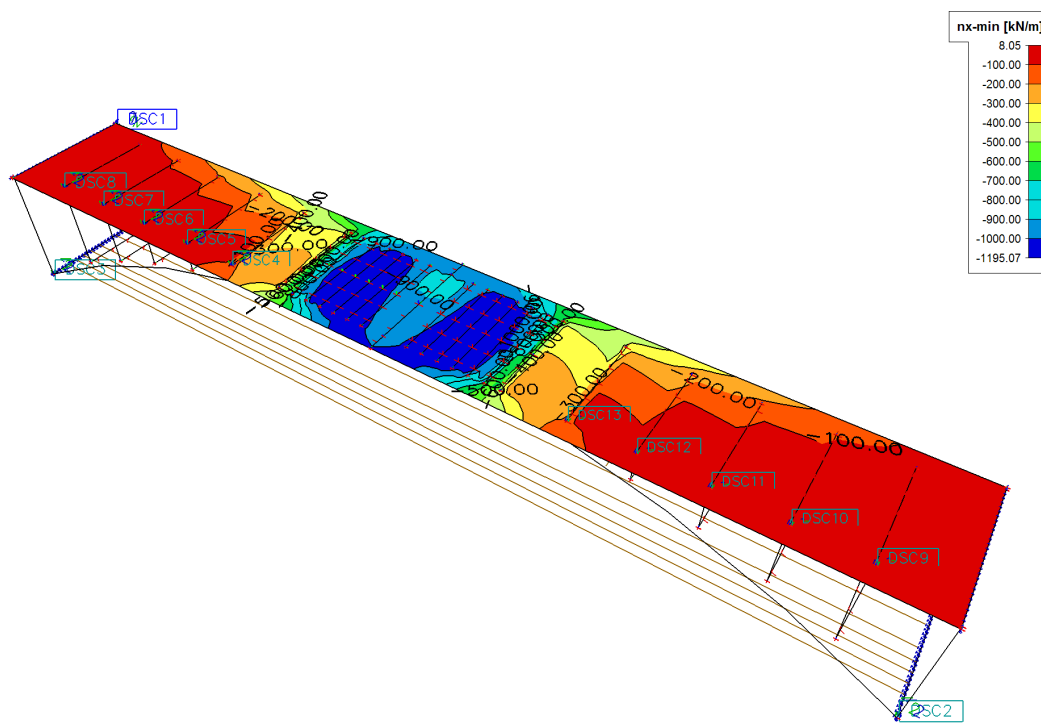
ŽB. doska mostovky

- Schéma posudzovaných miest

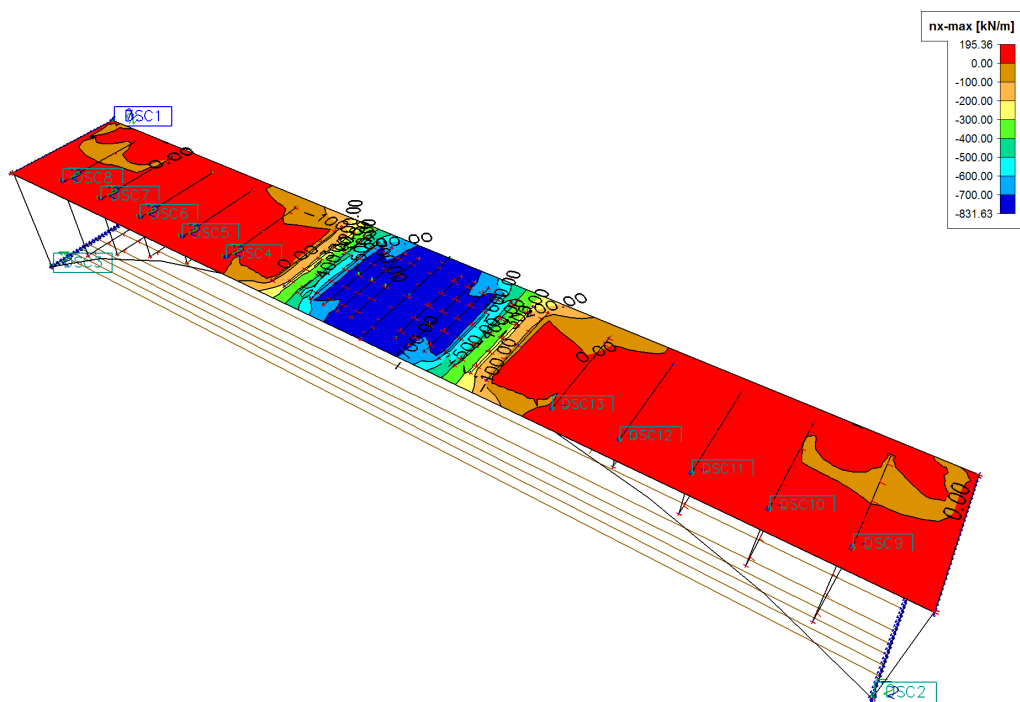


Výpočet výhradnej zaťažiteľnosti – štvornápravové vozidlo

- Vnútorne sily
- max. -Nx



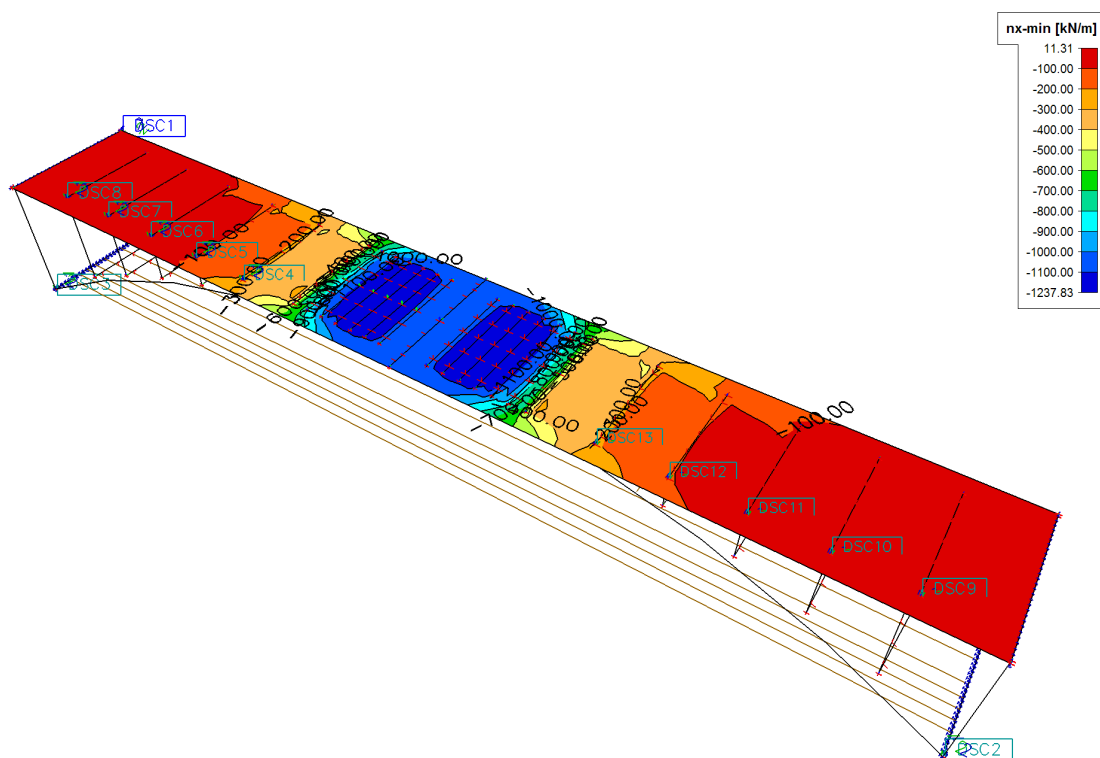
- max. +Nx



- max. -Mx

Výpočet výnimočnej zaťažiteľnosti – zvláštna súprava

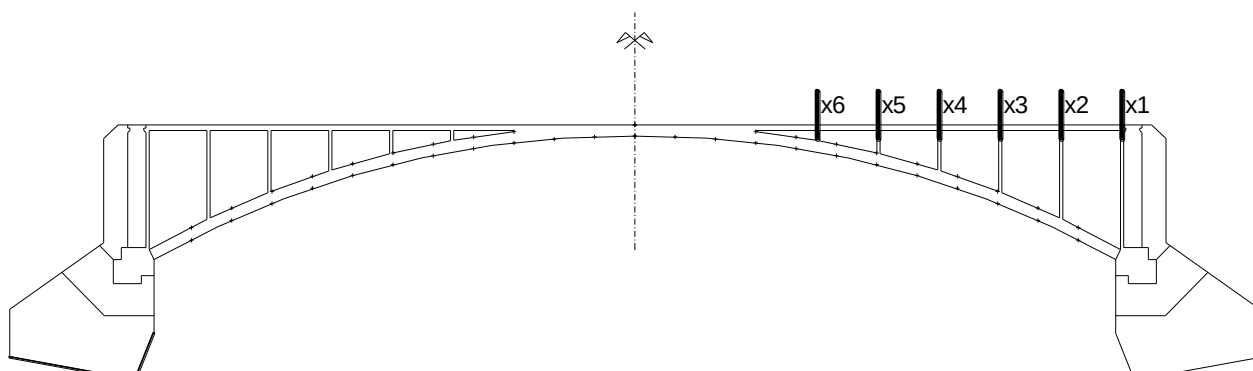
- Vnútročné sily
- max. -Nx



5.5 Vyhodnotenie zaťažiteľnosti priečných ž.b. stien mosta

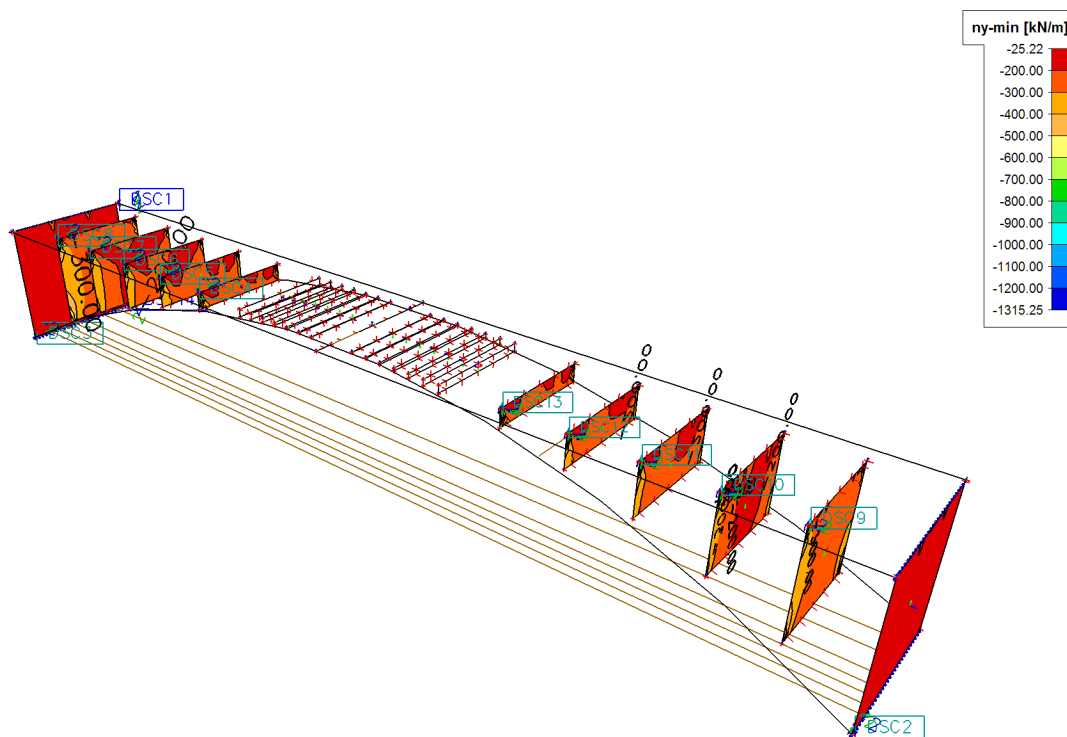
Priečne ž.b. steny mosta

- Schéma posudzovaných miest



Výpočet normálnej zaťažiteľnosti – ZZI

- Vnútorné sily
- max. -Ny

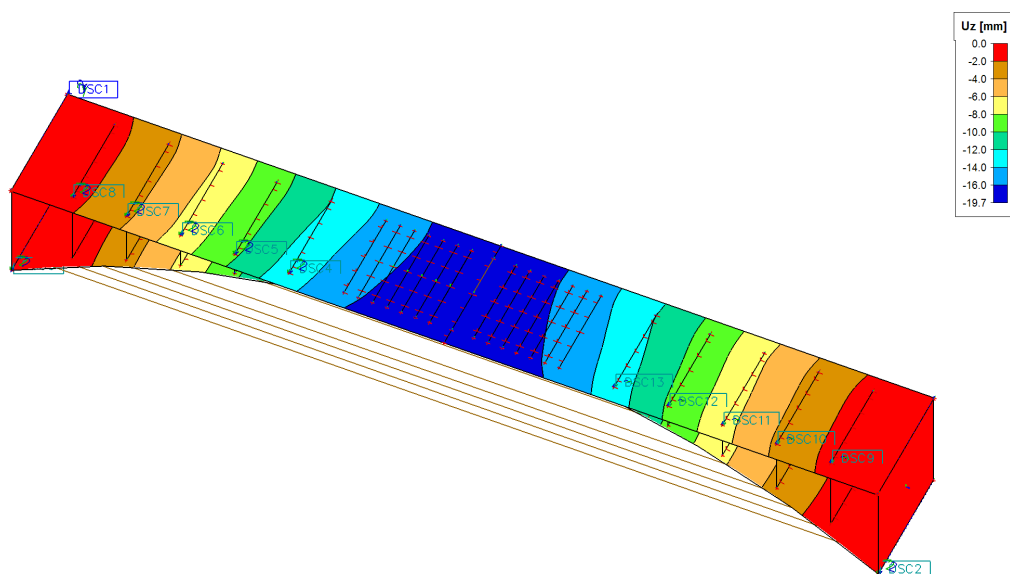


Deformácia konštrukcie

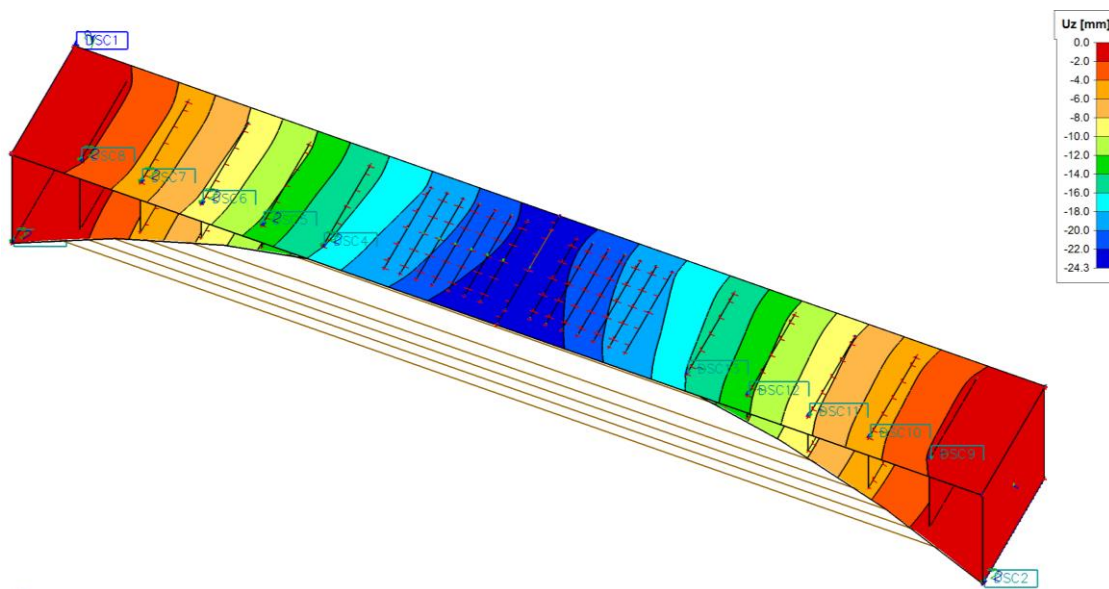
Deformácia konštrukcie je vyhodnotená vzhľadom ku reologickým zmenám betónu v čase, na začiatku životnosti konštrukcie a v súčasnosti. V rámci zaťažovacích sústav je deformácia v čase vyjadrená ako okamžité zaťaženie od zaťažovacích súprav. Deformácia je sledovaná v polovici rozpätia mostnej konštrukcie a vo štvrtine dĺžky mostnej konštrukcie.

Deformácia konštrukcie v polovici rozpätia

- Kombinácie pre použiteľnosť: vlastná tiaž + stále zaťaženie
- Výpočtová deformácia konštrukcie na začiatku životnosti: 30dňoch



- Výpočtová deformácia konštrukcie v súčasnosti: 63 rokoch/222995dňoch



Zaťažiteľnosť mostného objektu nasledovne:

Zaťažiteľnosť	Výpočtová	Výsledná
Normálna zz1	20,55 t	24 t
Normálna zz2	43,5 t	
Výhradná	60,49 t	60 t
Výnimočná	189,5 t	151 t

6. ZHRNUTIE VÝSLEDKOV, ZÁVERY A NÁVRHY PRE ĎALŠÍ POSTUP PRÁČ

Z výsledkov vykonanej diagnostickej prehliadky mostného objektu v Štefanove možno urobiť nasledovné závery:

- *Príprava sanačného projektu hornej stavby a jeho realizácia musí byť čo v najkratšom čase nakoľko degradácia by mohla niekoľkonásobne prevýšiť opravu. Zrealizovanie hlavne vozovky by došlo k značnému odľahčeniu objektu a tým zvýšeniu zaťažiteľnosti*
- *V mostnom liste opraviť zaťažiteľnosť mostného objektu*
- *Na mostnom objekte vykonávať pravidelnú údržbu*

V Žiline, 08.12.2013

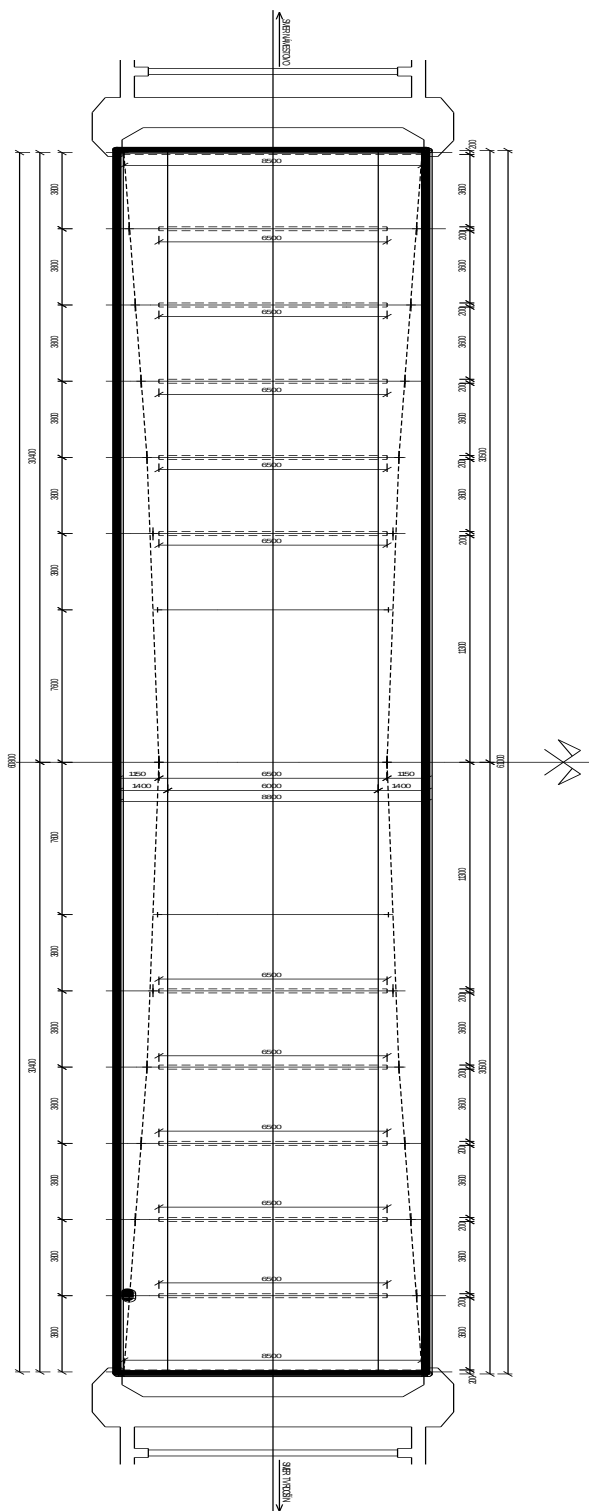
Ing. Peter Slašťan

A - PRÍLOHOVÁ ČASŤ VÝKRESOVÁ

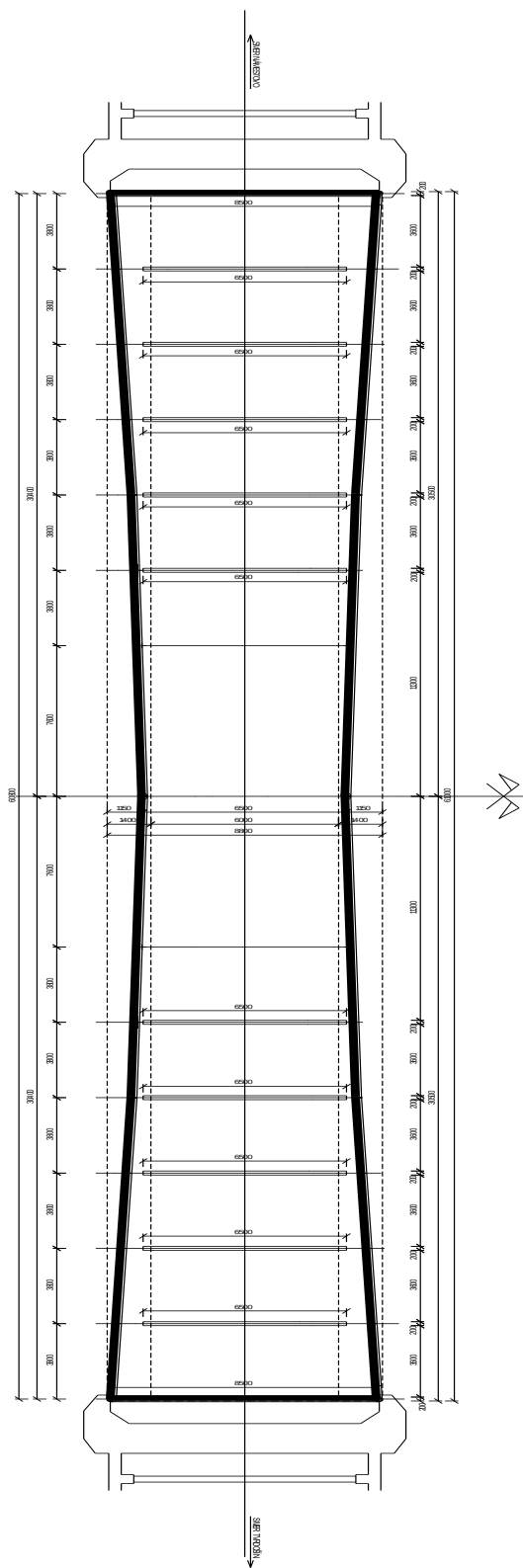
1. Pôdorys
2. Pozdĺžny rez
3. Priečny rez

PÔDORYS

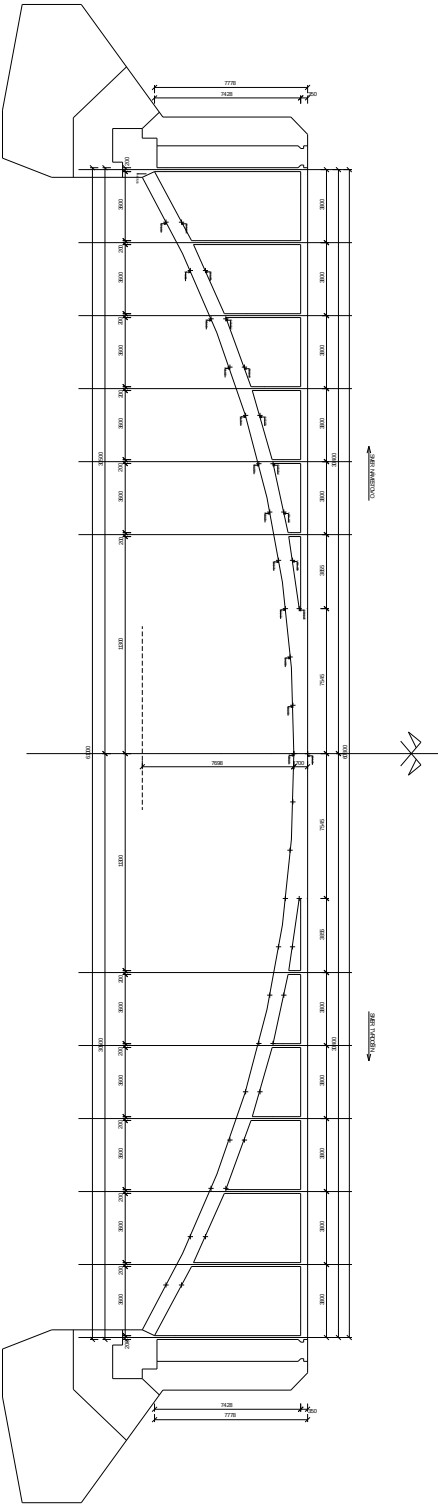
- Pohľad na mostovku objektu



- Pohľad na oblúk mosta

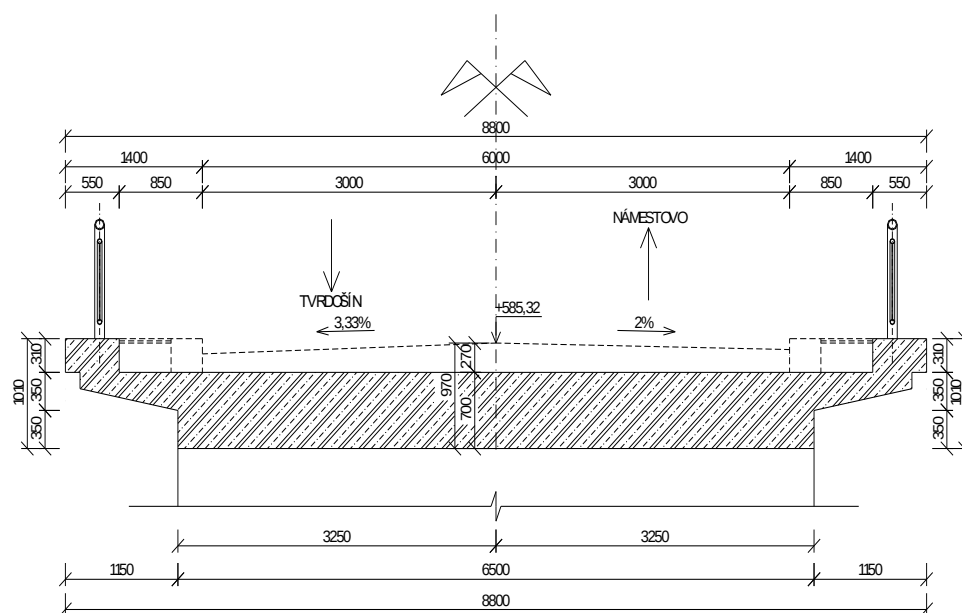


POZDĽŽNY REZ



PRIEČNY REZ

- priechy rez mostovkou vedený vo vrchole vzopätia oblúka mostného objektu



- priechy rez železobetónovou doskou mostovky

