

1.	Identifikačné údaje	2
1.1	Stavba	2
1.2	Stavebník	2
1.3	Projektant.....	2
1.4	Stupeň dokumentácie.....	2
1.5	Správca objektu	2
2.	Technická správa k statickému výpočtu.....	2
2.1	Technické riešenie	3
2.1.1	Súčasný stav	3
2.1.2	Návrh konštrukcie	3
2.2	Výsledky IG prieskumu.....	4
2.3	Výsledky stavebno-technického prieskumu	5
3.	Použité podklady a normy.....	6
4.	Dispozičné riešenie	7
5.	Statický výpočet nosnej konštrukcie mosta	10
5.1	Spriahajúca doska	10
6.	Návrh a posúdenie ložísk	10
6.1	Výpočet dilatačného posunu.....	10
6.2	Návrh ložísk.....	11
6.3	Posúdenie ložísk	11
7.	Návrh mostného záveru.....	11
7.1	Celkový posun konštrukcie	11
7.2	Návrh mostného záveru	11
8.	Posúdenie úložného prahu.....	12
8.1	Posúdenie sústredeného namáhania pod ložiskami	12
9.	Posúdenie spodnej stavby.....	12
9.1	Výpočtový model	12
9.2	Zaťaženie	12
9.2.1	Zaťažovací model LM1	13
9.3	Posudok	14
10.	Záver.....	21

SO 526-004

Rekonštrukcia mosta ev. č. 526-004 km 1,658 – mostný objekt

1. Identifikačné údaje

1.1 Stavba

Názov stavby: **Rekonštrukcia ciest a mostov II/526 Devičie – Senohrad a II/527 Dobrá Niva – Senohrad – I.etapa – úseky v rámci okresu Krupina**

Okres: Krupina

Kraj: Banskobystrický

Katastrálne územie: Bzovík

1.2 Stavebník

Názov stavebníka: Úrad Banskobystrického samosprávneho kraja
Námestie SNP 23
974 01 Banská Bystrica

1.3 Projektant

Generálny projektant: **REMING Consult, a.s.**
Trnavská cesta č. 27
831 04 Bratislava 3

Spracovateľ PD: REMING Consult a.s.
Stredisko Žilina,
Na bráne 4,
010 01 Žilina

Zodpovedný projektant SO: Ing. Ľubomír Macura

1.4 Stupeň dokumentácie

Stupeň dokumentácie: dokumentácia pre stavebné povolenie a realizáciu stavby (DSPRS)

1.5 Správca objektu

Správca: Banskobystrická regionálna správa ciest, a.s.
Stredisko Žiar nad Hronom
Priemyselná 6/647
966 24 Ladomerská Vieska

2. Technická správa k statickému výpočtu

Mostný objekt v km 1,658 je na komunikácii II/526 kategórie C7,5/60, je súčasťou navrhovanej rekonštrukcie ciest a mostov. Premosťovanou prekážkou je stály vodný tok Krupinica.

Vzhľadom na stavebnotechnický stav existujúceho mostného objektu, jeho priestorové usporiadanie je navrhovaná komplexná rekonštrukcia v rozsahu: výmena nosnej konštrukcie, nový úložný prah s čiastočnými krídlami, sanácia spodnej stavby.

2.1 Technické riešenie

2.1.1 Súčasný stav

K projektovej dokumentácii (ďalej PD) sme mali k dispozícii evidenčný list mosta a revíziu správu z roku 4/2016. Celkové hodnotenie mosta je 4.

Existujúci cestný most z roku 1949 premoštuje stály vodný tok Krupinica, uhol kríženia s prekážkou je 90°. Mostný objekt je jednopoložový so svetlosťou 16,0m. Zo statického hľadiska ide o prostý nosník uložený na spodnej stavbe. Premostenie je riešené železobetónovým monolitickým trámovým mostom (0,5x1,3m, 3ks) ktorý je spojený priečnikmi (0,3x1,1m, 5ks) a doskou hr. cca 300mm. Nad doskou sú obojstranné rímasy šírky 600mm na ktorých je osadené oceľové zábradlie. Odvodnenie mosta je riešené odvodňovačmi vyústenými do koryta. Mostný záver na vozovke nie je priznaný, viditeľný je len na rímsovej časti. Vozovka na moste je na báze bitúmenov. Spodnú stavbu tvoria dve krajné gravitačné opory z простého betónu a rovnobežné krídla. Šírka opory je cca 9,3m, predpokladaná hrúbka 2,3m. Koryto vodného toku je nespevnené, čiastočne zanesené a zarastené vegetáciou.

2.1.2 Návrh konštrukcie

Vzhľadom na nadmerné kmitanie nosnej konštrukcie a trhliny na nosnej konštrukcii je navrhnutá jej výmena za novú. Navrhujeme prefabrikované nosníky spriahnuté doskou. Pre osadenie nosníkov je navrhovaná aj čiastočná úprava spodnej stavby. Odbúra sa časť opory v kolízii s navrhovaným novým úložným prahom s krídlami. Svetlosť mosta bude zachovaná.

Vzhľadom na stavebno-technický stav je navrhnutá výmena nosnej konštrukcie, spodná stavba bude ponechaná, ale navrhuje sa jej čiastočné odbúranie. Premostenie je riešené novým montovaným trámovým mostom. Svetlosť mostného otvoru bude nezmenená. Mostný objekt bude jednopoložový s teoretickým rozpätím 17,39m. Nosnú konštrukciu tvoria predpäté tyčové prefabrikáty dĺžky 18,0m; ktoré sú spriahnuté v priečnom a v pozdĺžnom smere železobetónovou doskou min. hr. 200mm. Doska tvorí mostovku mosta. Tvar nosnej konštrukcie je daný smerovým a výškovým vedením komunikácie na mostnom objekte. Nosná konštrukcia staticky pôsobí ako prostý nosník. Súčasťou mosta budú obojstranné monolitické rímasy, na ktorých bude osadené zábradľové zvodidlo. Zhotoví sa nový železobetónový úložný prah s dobetónovanými krídlami. Súčasťou riešenia bude aj nové mostné príslušenstvo. Nosná konštrukcia bude uložená na elastomérových ložiskách. Prechod z mosta na oporu bude zabezpečený podpovrchovým asfaltovým mostným záverom. Zhotoví sa hydroizolácia, prechodové dosky, rubové odvodnenie opôr, obslužné schodiská, kamenná nahádzka proti podomieľaniu základov opôr. Most ako aj príľahlá komunikácia je navrhnutá bez chodníkov. Pohľadové plochy spodnej stavby budú systémovo sanované, opatrené ochranným a zjednocujúcim náterom. Koryto v mostnom otvore sa prečistí. Vzhľadom na prevádzku komunikácie bude rekonštrukcia objektu realizovaná v jednej fáze.

Hlavné údaje o navrhovanom objekte:

- Návrhové zaťaženie:	cestné zaťaženie podľa STN EN 1991-2: zaťažovací model LM1, LM2, LM4, FLM3
- Šikmosť mosta:	kolmý, 90°
- Počet mostných polí:	1
- Svetlosť mostného otvoru:	16,0m
- Rozpätie mostného poľa:	17,39m
- Voľná šírka na moste:	7,50m
- Šírka vozovky medzi obrubníkmi:	7,50m

- | | |
|------------------------------|--|
| - Šírka chodníka: | bez chodníka |
| - Voľná výška pod mostom: | cca 5,07m |
| - Uhol kríženia s prekážkou: | 90° |
| - Nosná konštrukcia: | prefabrikované nosníky spriahnuté so ŽB doskou |
| - Spodná stavba: | gravitačné opory |
| - Založenie: | plošné |

Základné charakteristiky stavebných materiálov

Oceľ: - betonárska výstuž STN EN 1992-1-1 B 500B
⇒ $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$; $\gamma_s = 1,15$; $E_s = 200 \text{ GPa}$;

Betón:
nosná konštrukcia - Betón STN EN 206+A1-C30/37
⇒ $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$; $\gamma_c = 1,5$; $E_{cm} = 32 \text{ GPa}$;

2.2 Výsledky IG prieskumu

Podrobný inžiniersko-geologický prieskum bol realizovaný spoločnosťou CADECO, a.s., Bratislava v roku 2020.

Úryvok zo záverečnej správy: Inžinierskogeologické, geotechnické a hydrogeologické pomery územia mostného objektu boli overené jadrovým vrtom VKM-02 (244,48 m n. m.) do hĺbky 7 m a sondou dynamickej penetrácie DPSK-02 (244,30 m n. m.) hĺbky 7 m v údolí na pravom brehu potoka pri opore v smere Krupina. Na ľavom brehu potoka pri opore v smere Bzovík bol realizovaný vrt VKM-03 (244,10 m n. m.) do hĺbky 6 m a sonda dynamickej penetrácie DPSK-03 (244,70 m n. m.) hĺbky 7 m).

Pod ornitou hrúbky 0,6-0,7 m boli zistené íly so strednou až vysokou plasticitou F6/CI, F8/CH ($w_L=49-68 \%$), tuho-mäkkej ($I_c=0,58-0,88$), na báze pevnej, lokálne kašovitej konzistencie, s prímiesou organických látok obsahu 3 %. Hrúbka ílov pri opore smer Krupina je 4,8-5,0 m a pri opore smer Bzovík 4,7-4,85 m.

Na pravej strane toku (opora smer Krupina) bola pod ílmi zachytená tenká vrstva stredne uľahnutého piesku ílovitého S5/S hrúbky 0,4-0,5 m. Fluvialne štrky ílovité, štrky s prímiesou jemnozrnnej zeminy G5/GC, G3/G-F, na báze štrky zle zrnene G2/GP boli zistené v hĺbke 5,3-7,0 m pri opore smer Krupina a v hĺbke 4,7-7,0 m pri opore smer Bzovík. Štrky sú tvorené zaoblenými, pevnými, zdravými valúnami andezitov veľkosti 1,5-5 cm, max. 7-12 cm, obsahu cca 60-65 %, na báze sa môžu vyskytovať hrubé štrky až balvany. Výplň štrku je ílivo-piesčitá. Prítomnosť organických látok bola zaznamenaná aj v štrkoch. Realizovanými dielami nebola overená celková hrúbka štrkov. Podľa prevzatých vrtov HG-1 a HG-2 (Príloha 4.1, Geofond 20736) je celková hrúbka fluvialnych sedimentov (ílov aj štrkov) v údolí Krupinice 9-11,5 m.

Podľa skúšok dynamickej penetrácie môžeme fluvialne íly so strednou až vysokou plasticitou F6/CI, F8/CH charakterizovať odvodeným modulom pretvárnosti v intervale $E_{DPS} = 3,18-9,45 \text{ MPa}$ s odporúčanou hodnotou 5MPa. Fluvialne štrky ílovité a štrky s prímiesou jemnozrnnej zeminy G5/GC, G3/G-F sú stredne až veľmi uľahnuté ($I_D=0,4-0,98$) s odvodeným modulom pretvárnosti v intervale $E_{DPS} = 56,32 - 99,19 \text{ MPa}$ a odporúčanou hodnotou 73 MPa. Stredne až veľmi uľahnuté ($I_D = 0,45 - 0,92$) štrky zle zrnene G2/GP môžeme charakterizovať odvodeným modulom pretvárnosti v intervale $E_{DPS} = 130,54 - 227,57 \text{ MPa}$ s odporúčanou hodnotou 170 MPa.

Hladina podzemnej vody bola zistená v hĺbke 5,0-5,4 m p. t. na povrchu fluvialnych štrkov a po ukončení vrtania vystúpila do úrovne 2,30-3,7 m p.t. Slabé slzenie bolo zaznamenané vrtom VKM-02 v hĺbke 2,3 m pod terénom. Hodnoty koeficientu filtrácie fluvialneho ílu so strednou až

vysokou plasticitou F6/CI, F8/CH, stanovené zo zrnitosti analýzy $k_f = 4,23 \cdot 10^{-9} - 2,50 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$, charakterizujú zeminu s triedou priepustnosti VIII, podľa klasifikácie priepustnosti hornín (Jetel, 1982) ide o nepatrne priepustné horninové prostredie. Koeficienty filtrácie štrku s prímiesou jemnozrnnej zeminy G3/G-F stanovené zo zrnitosti analýzy $k_f = 7,72 \cdot 10^{-4} - 5,65 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$ charakterizujú zeminy s triedou priepustnosti III, podľa klasifikácie priepustnosti hornín (Jetel, 1982) ide o dosť silno priepustné horninové prostredie.

Podľa chemickej analýzy vzorka vody z vrtu VKM-02 vytvára prostredie s veľmi vysokou chemickou agresivitou na ocel' so stupňom koróznej agresivity IV. Vo vzorke podzemnej vody bola analyzovaná veľmi vysoká merná elektrická vodivosť $441 \mu\text{S.cm}^{-1}$. Podľa tabuľky 1 normy STN 03 8372 podzemná voda tvorí pre ocel' prostredie s veľmi vysokou agresivitou so stupňom agresivity IV. Podľa hodnotiacej normy STN 03 8372 sa na ochranu ocele uloženej v prostredí so zvýšenou a veľmi vysokou agresivitou odporúča zosilnená izolácia.

Podzemná voda predstavuje slabo agresívne chemické prostredie s uhľičitou agresivitou na betón so stupňom XA1, ochranu betónu je potrebné zabezpečiť podľa príslušnej normy STN EN 206-1: 2013+A1: 2017 – Betón, Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda.

Z výsledkov stanovení hodnotiacich ukazovateľov agresívnych vlastností zeminy vyplýva, že ide o prostredie bez nebezpečenstva korózie betónu vplyvom chemického pôsobenia a prostredie s veľmi nízkou chemickou agresivitou na ocel' so stupňom koróznej agresivity I. Na ochranu ocele uloženej v pôde a vode sa odporúča podľa hodnotiacej normy STN 03 8372 použiť normálnu izoláciu.

2.3 Výsledky stavebno-technického prieskumu

Stavebno-technický prieskum bol realizovaný spoločnosťou CADECO, a.s., Bratislava v roku 2020.

Mostný objekt 526-004 premostuje potok Krupinica pod uhlom 90° . Mostný objekt bol vybudovaný v roku 1949 (nosná konštrukcia bola menená). Spodná stavba je tvorená gravitačnými oporami. Nosná konštrukcia je z prasto uloženej trámovej dosky. Svetlá šírka je 16,0m, nosná konštrukcia má rozpätie 17,0m. Celková dĺžka mostného objektu je 26,12m.

Pre stavebnotechnické zhodnotenie objektu nám objednávatel' poskytol mostný list, protokol o prehliadke z roku 2016 a geodetické zameranie mostného objektu vo formáte dwg. Na doplnenie informácií boli firmou CAD-ECO a.s. realizované 2 kontrolné návrty KN 526-17 a KN 526-18, skleroskopické skúšky SKP-17 až SKP-21 na spodnej stavbe. Firmou DYNAMAG GROUP a.s., Žilina boli realizované na 4 miestach obnaženie výstuže, 5 ks odberov vzoriek betónu, 19 ks skleroskopických skúšok a merania proformetrom. Kontrolné návrty a miesta obnaženia výstuže boli po ukončení prác vyplnené cementovou sanačnou zmesou.

Hrúbka gravitačnej opory bola overená kontrolným návrtom KN 526-17, hrúbka opôr je 2,3m. Po zanalyzovaní výsledkov z laboratória a Schmidtovým tvrdomerom typu N má betón v oporách v zmysle STN EN 206 označenie C20/25. Úroveň základovej škáry bola overená kontrolným návrtom KN 526-18 v úrovni 239,50 m. n. m. Základová škára je tvorená fluvialnymi stredne uľahnutými až uľahnutými štrkami ílovitými až štrkami s prímiesou jemnozrnnej zeminy (G5/GC, G3/G-F) s odporúčaným modulom pretvárnosti $E_{def} = 73 \text{ MPa}$. Hladina podzemnej vody je ovplyvňovaná hladinou potoka Krupinica a je nad základovou škárou.

Nosná konštrukcia je tvorená prasto uloženou trámovou doskou. Trámy majú prierez 130x50, priečníky 110x30 a doska má hrúbku 15 cm. Na nosnej konštrukcii boli realizované práce spoločnosťou DYNAMAG GROUP a.s., Žilina, ktorá v rámci diagnostických prác zisťovala spôsob vystužovania.

Pri vizuálnej prehliadke sme zaznamenali na mostnom objekte nasledujúce:

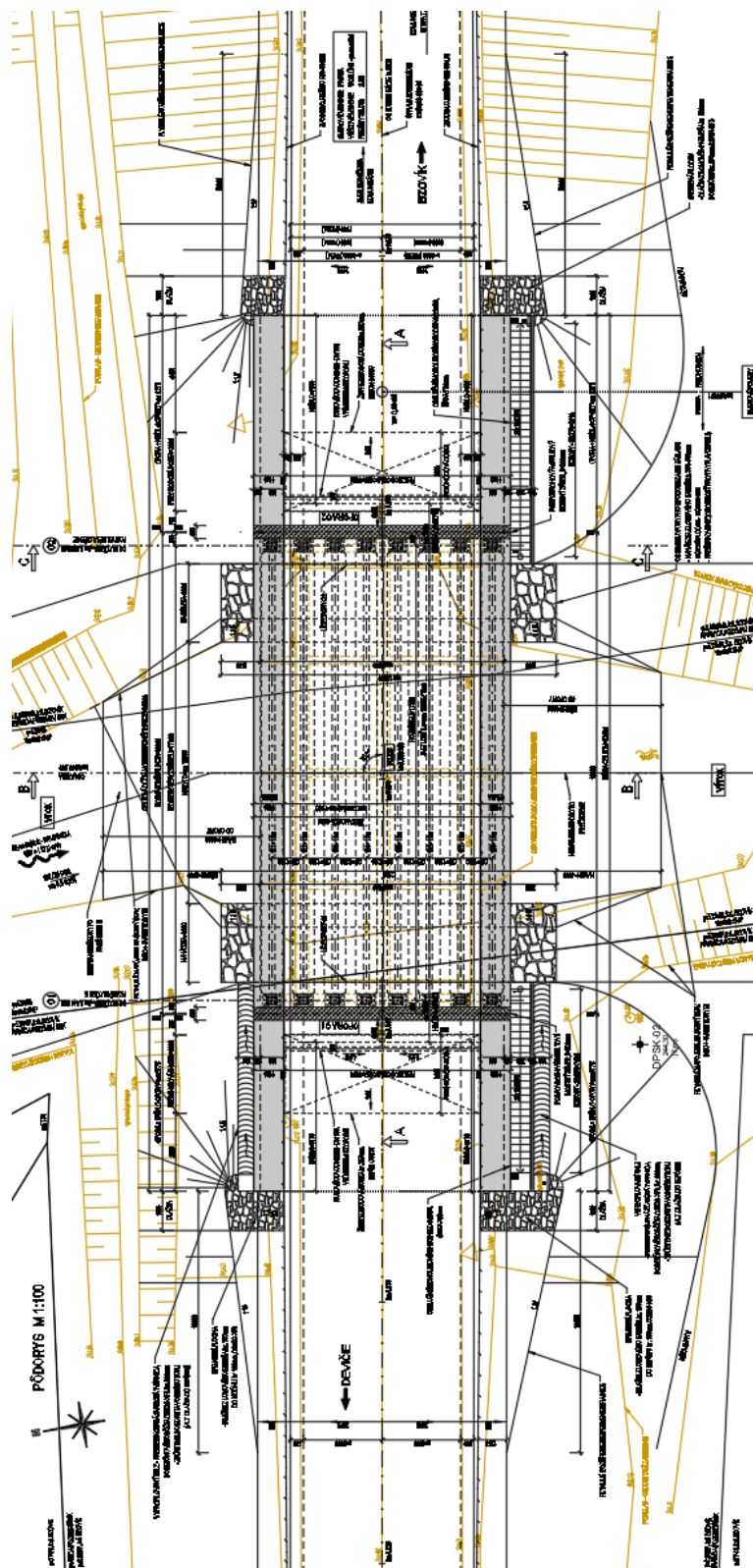
- vlhké škvrny na NK a lokálne opadnutie omietky;

- v priestore pod mostom sú zvyšky starej nosnej konštrukcie (betón, armatúra) a drevené koly, pravdepodobne z dočasnej konštrukcie pri budovaní NK;
- rozpad betónu na rímsach;
- rozpad betónu na oporách, najmä na čelách v okolí úložného prahu;
- priestor uloženia NK znečistení vegetáciou;
- korózia oceľových ložísk a rozpad betónu na úložnej ploche.

3. Použité podklady a normy

- [1] STN 73 3050: Zemné práce, všeobecné ustanovenia
- [2] STN 73 6133: Stavba ciest. Teleso pozemných komunikácií
- [3] STN 73 6201: Projektovanie mostných objektov. SUTN Bratislava
- [4] STN EN 1990+NP: Zásady navrhovania konštrukcií. SUTN Bratislava
- [5] STN EN 1990/A1+NP: Zásady navrhovania. Zmena A1: Príloha A2: Použitie pre mosty. SUTN Bratislava
- [6] Súborné noriem a národné prílohy k STN EN 1991: Zaťaženie stavebných konštrukcií. (časti 1-1, 1-4 a 2). SUTN Bratislava
- [7] Súborné noriem a národné prílohy k STN EN 1992: Navrhovanie betónových konštrukcií. (časti 1-1 a 2). SUTN Bratislava
- [8] Súborné noriem a národné prílohy k STN EN 1997: Navrhovanie geotechnických konštrukcií. (časti 1 a 2). SUTN Bratislava
- [9] Súborné noriem a národné prílohy k STN EN 1998: Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť. SUTN Bratislava
- [10] STN EN 13670: Zhotovovanie betónových konštrukcií. SUTN Bratislava
- [11] STN EN 206+A1: Betón – Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti výroba a zhoda. SUTN Bratislava
- [12] STN 73 0037: Zemný tlak na stavebné konštrukcie, SUTN Bratislava (v znení ČSN 73 0037, ÚNM Praha 1990)
- [13] STN 73 1001: Geotechnické konštrukcie. Zakladanie stavieb
- [14] STN 73 3040: Geotextílie a geotextíliam podobné výrobky na stavebné účely. Základné ustanovenia a technické požiadavky
- [15] Inžiniersko – geologický prieskum, záverečná správa „Rekonštrukcia ciest a mostov II/526 Devičie-Senohrad a II/527 Dobrá Niva-Senohrad – II. etapa – úseky ciest v okrese Zvolen“. CADECO, a.s. 05/2020
- [16] obhliadka a fotodokumentácia miesta stavby,
- [17] podklady dodávateľov navrhovaných zariadení,
- [18] Stavebno-technický prieskum nosných konštrukcií vybraných mostných objektov, DYNAMAG GROUP a.s., 03/2020

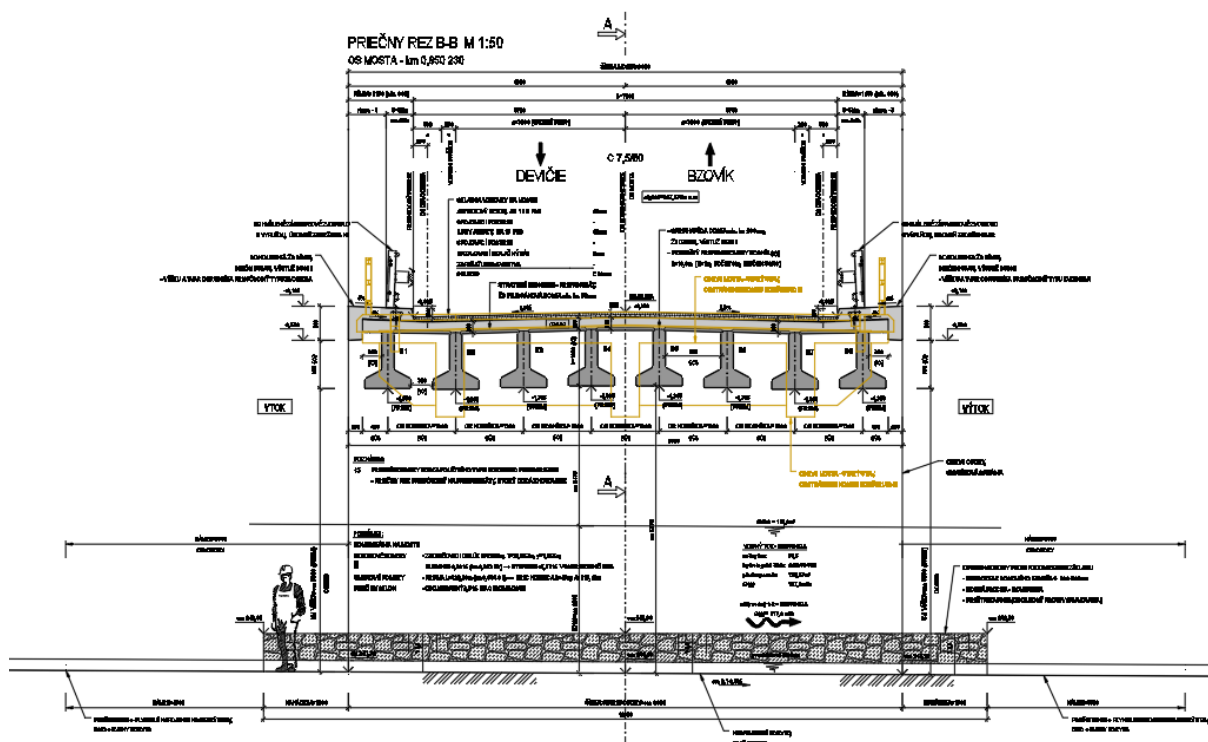
4. Dispozičné riešenie



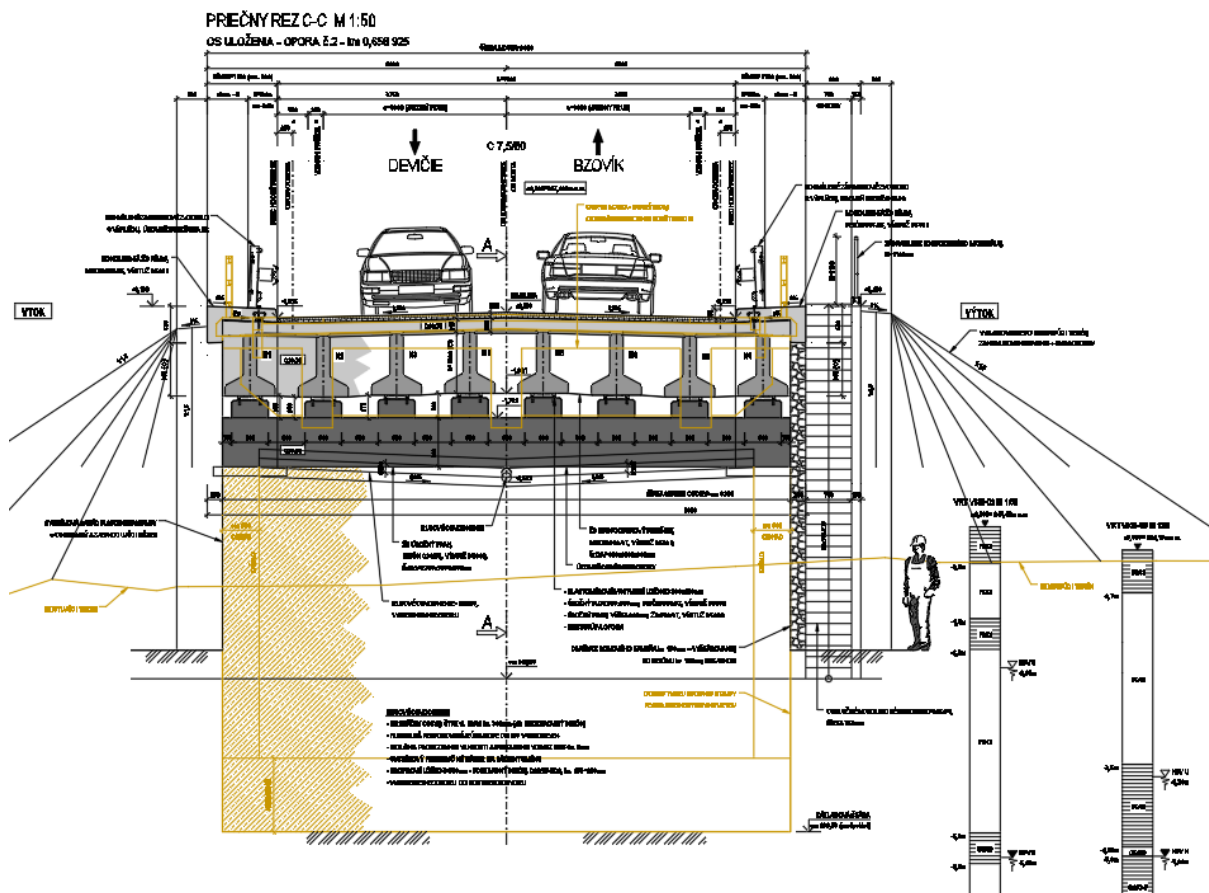
obr. Pôdorys mosta



obr. Pozdĺžny rez v osi mosta



obr. Priečny rez v osi mosta

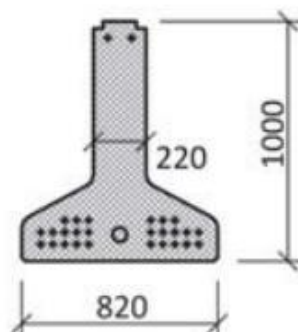


obr. Priečny rez v mieste opory

5. Statický výpočet nosnej konštrukcie mosta

Nosnú konštrukciu mosta tvoria tyčové predpäté prefabrikáty podľa typového podkladu pre návrh prefabrikovaných cestných mostov. V spracovanom projekte boli dodržané určité zásady riešenia pre použitie nosníkov, ďalej neoverujeme návrh nosnej konštrukcie mosta statickým výpočtom.

Presné rozmery nosníkov budú podľa konkrétneho typu mostného prefabrikátu, ktorý dodá zhotoviteľ. V PD uvažujeme 8ks nosníkov, výšky 1,0m, dĺžka 18,0m.



Obr. Schéma prefabrikátu

5.1 Spriahajúca doska

Nosníky budú spriahnuté železobetónovou doskou min. hr. 200mm z betónu C30/37. Výstuž v doske musí rešpektovať statický výpočet a dokumentáciu dodávateľa prefabrikátov.

6. Návrh a posúdenie ložísk

6.1 Výpočet dilatáčného posunu

dilatácia vplyvom zmeny teploty konštrukcie podľa STN EN 1991-1-5 čl. 6.1.3.3

Skrátenie, predĺženie: $\Delta T_{N,con} = \Delta T_{N,exp} = 20^{\circ}\text{C}$

Dĺžka dilatáčného celku: $L = 18,39\text{m}$

Skrátenie + predĺženie konštrukcie: $\Delta L_T = L * \Delta T_{N,con} * \alpha_t = 18390 * 20 * 1,2 \cdot 10^{-5} = \pm 4,42\text{mm}$

skrátene vplyvom zmršťovania betónu

- uvažujeme 5 mesiacov medzi betonážou nosníkov a osadení záveru

$\Delta L_{cs} = -(1,0 - 0,6623) * \varepsilon_{cs} * L$; $\varepsilon_{cs} = \text{odhad}$

$\Delta L_{cs} = -(1,0 - 0,6623) * 0,0003 * 18390 = -1,8\text{mm}$

skrátene vplyvom dotvarovania betónu

$\Delta L_{cc} = -(1,0 - 0,6623) * \varepsilon_{cc} * L$ $\varepsilon_{cc} = \text{odhad}$

$\Delta L_{cc} = -(1,0 - 0,6623) * 0,0006 * 18390 = -3,7\text{mm}$

skrátene vplyvom prichybu (vzopätia)

$\phi = \frac{2 * w}{0,5 * L} = \frac{2 * 8}{0,5 * 18390} = 1,74 \cdot 10^{-3} = 0,00174 \Rightarrow 0,10 \text{ stupňov}$

$$\Delta L_{\varphi} = h * \varphi = 1200 * 0,00174 = -2,1\text{mm}$$

dilatácia vplyvom trenia konštrukcie

horizontálna sila $H \geq$ trecia sila T

$h_e = 30\text{mm}$ - predpokladaná výška ložiska

$$\mu = 0,02$$

$$T = R_z * \mu = 331 * 0,02 = 6,62\text{kN}$$

$$\Delta L_{tr} = T * (h_e/R_z) = 6,62 * (30/331) = \pm 0,6\text{mm}$$

celkový posun konštrukcie

$$\Delta L = \Delta L_T + \Delta L_{cs} + \Delta L_{cc} + \Delta L_{\varphi} + \Delta L_{tr} = - (4,42 + 1,8 + 3,7 + 2,1 + 0,6) = - 12,6\text{mm}$$

6.2 Návrh ložísk

Elastomerové ložisko VELK 7, počet: $8 * 2$ ks (pod každým nosníkom), počet: 16 ks

parametre ložiska dané výrobcom (*):

$$A = 300\text{mm} \quad a = 200\text{mm}$$

$$F_{\min} = 180\text{kN} \quad \Delta l = \pm 22\text{mm} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$B = 400\text{mm} \quad b = 300\text{mm}$$

$$F_{\max} = 750\text{kN} \quad h_e = 32\text{mm}$$

$$T = 33,6\text{kN}$$

6.3 Posúdenie ložísk

a/ Zvislé sily - reakcie

$$R_{\min} = 90\text{kN} \quad R_{\max} = 331\text{kN}$$

$$F_{\min} \leq R_{\min}$$

$$F_{\min} \leq R_{\min} \leq F_{\max} \quad 180 \text{ kN} \leq 90 \text{ kN} \leq 750 \text{ kN} \quad \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

$$F_{\min} \leq R_{\max} \leq F_{\max} \quad 180 \text{ kN} \leq 331 \text{ kN} \leq 750 \text{ kN} \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Nakoľko min. prítlačná sila z mostných prefabrikátov na ložiská je menšia ako 180kN, tak všetky ložiská navrhujeme kotviť. Poloha elastoméru bude zaistená poistkou proti preklzu.

b/ Vodorovné sily (brzdové a rozjazdové sily)

$$\text{- na celú šírku mosta:} \quad Q_{ik} = [0,6 * \alpha_{q1} * (2 * Q_{lk}) + 0,1 * \alpha_{q1} * q_{lk} * w_i * L] \leq 900 \text{ kN}$$

$$\text{- na zaťažovací pruh 3,0m:} \quad Q_{ik} = 0,6 * 1,0 * (2 * 300) + 0,1 * 1,0 * 9 * 3 * 18,39 = 409,66 \text{ kN}$$

$$\text{- na 1 ložisko:} \quad Q = 409,66 / 8 = 51,21 \text{ kN}$$

$$\text{- preberá pevné ložisko na opore č.1} \quad \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

7. Návrh mostného záveru

7.1 Celkový posun konštrukcie

$$\Delta L = \Delta L_T + \Delta L_{cs} + \Delta L_{cc} + \Delta L_{\varphi} + \Delta L_{tr} = - (4,42 + 1,8 + 3,7 + 2,1 + 0,6) = - 12,6\text{mm}$$

7.2 Návrh mostného záveru

Systémový podpovrchový zálievkový mostný záver, šírka medzery 30mm

počet: 2 ks \Rightarrow vyhovuje

8. Posúdenie úložného prahu

8.1 Posúdenie sústredeného namáhania pod ložiskami

Posúdenie ušmyknutia voľného okraja:

$$A_{s,xy} = (F_{Ed}/f_{yd}) \cdot 0,5 = 0,00057 \text{ m}^2$$

$$A_{s1} = n \cdot (\pi \cdot d^2 / 4) = 0,00075 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží: } n = 6,6 \text{ ks}$$

$$\text{priemer vložky: } \phi = 12 \text{ mm}$$

Sústredené namáhanie podľa STN EN 1992-1-1

Návrh podľa napätového poľa CEB-FIP Model Code 90

Vstupné údaje:

Materiálové charakteristiky:

$b_1 = 0,50 \text{ m}$	Betón: C30/37
$d_1 = 0,60 \text{ m}$	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
$F_{Ed} = 497,00 \text{ kN}$	$\epsilon_{cu3} = 3,5 \text{ ‰}$
$A_{c0} = 0,3000 \text{ m}^2$	$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$
$h_d = 0,80 \text{ m}$	Oceľ: B 500 B
$b_2 = 0,80 \text{ m}$	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
$d_2 = 1,20 \text{ m}$	$f_{yd} = 435 \text{ MPa}$
$a_1 = 1,20 \text{ m}$	$f_{cd} = 17 \text{ MPa}$
$h = 0,60 \text{ m}$	
$A_{c1} = 0,960 \text{ m}^2$	

Návrhová odolnosť:

$$F_{Rdu} = A_{c0} f_{cd} (A_{c1}/A_{c0})^{1/2} \leq 3,0 \cdot f_{cd} A_{c0}$$

$$F_{Rdu} = 9123 \text{ kN} \leq 15300 \text{ kN}$$

vyhovuje

Podmienka spoľahlivosti odolnosti voči lokálnej sile:

$$F_{Ed} \leq F_{Rdu}$$

vyhovuje

$$A_{s,req} \leq A_{s1}$$

vyhovuje

Návrh výstuže na priečne ťahové sily z návrhovej sily:

$$A_{s1,necc,x} = 0,15 (F_{Ed}/f_{yd}) \cdot \gamma_{p,unfav} = 0,00021 \text{ m}^2$$

$$T_{Ed,x} = \text{ kN}$$

$$A_{s1} = n \cdot (\pi \cdot d^2 / 4) = 0,00075 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží: } n = 6,6 \text{ ks}$$

$$\text{priemer vložky: } \phi = 12 \text{ mm}$$

$$A_{s1,necc,x} \leq A_{s1}$$

vyhovuje

$$A_{s1,necc,y} = 0,15 (F_{Ed}/f_{yd}) \cdot \gamma_{p,unfav} = 0,00021 \text{ m}^2$$

$$T_{Ed,x} = \text{ kN}$$

$$A_{s1} = n \cdot (\pi \cdot d^2 / 4) = 0,00075 \text{ m}^2$$

$$\text{počet výstuží: } n = 6,6 \text{ ks}$$

$$\text{priemer vložky: } \phi = 12 \text{ mm}$$

$$A_{s1,necc,y} \leq A_{s1}$$

vyhovuje

9. Posúdenie spodnej stavby

9.1 Výpočtový model

Statický výpočet je spracovaný výpočtovým programom GEO 5 modulom „opora“. Výpočtový model s určitou presnosťou vystihuje skutočné pôsobenie konštrukcie za predpokladaných podmienok.

9.2 Zaťaženie

Zaťaženie od cestnej dopravy je uvažované zaťažovacím modelom 1. Zaťaženie od vlastnej tiaže mostnej konštrukcie a zemného klinu ako aj od zemných tlakov pôsobiach na konštrukciu je automaticky vygenerované z výpočtového modelu na základe zadaných vstupných parametrov.

9.2.1 Zaťažovací model LM1

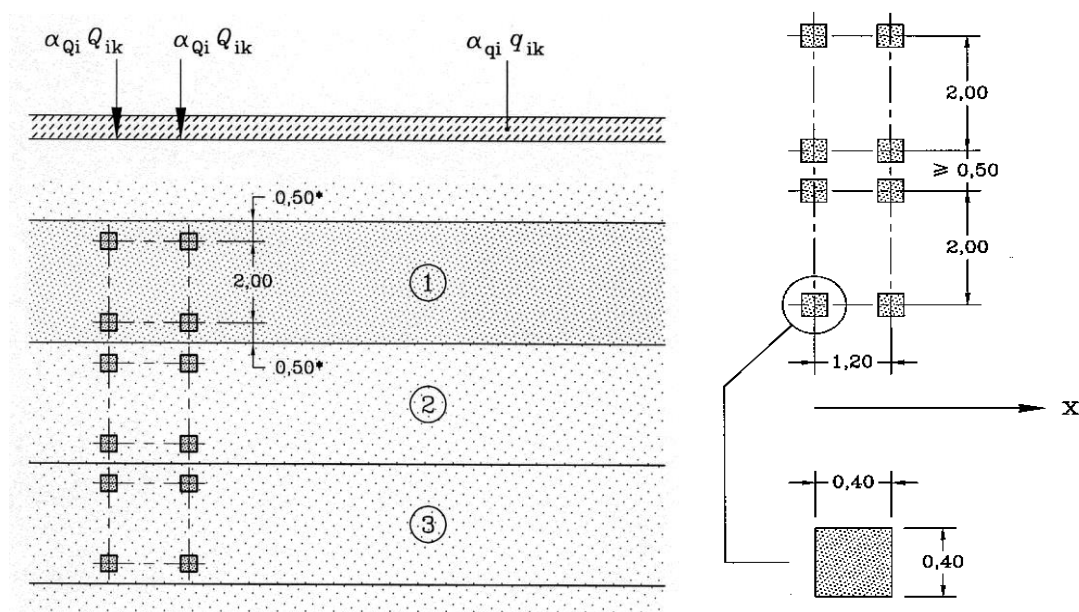
Hodnotu α_{Qi} a α_{qi} uvažujeme hodnotou 1,0. Cestné zaťaženie uvažujeme podľa STN EN 1991-2.

$$\gamma_{Q,\text{sup}} = 1,35 \quad \gamma_{Q,\text{inf}} = 0,00$$

Šírka vozovky $w = 7,5\text{m}$, počet zaťažovacích pruhov 2 ($w_i = 3\text{m}$), šírka zvyšnej plochy 1,5m.

Zaťažovací model LM1

Poloha	Tandemový systém (TS) Dvojnápravové vozidlo	RSZ (UDL) systém
	Nápravové zaťaženie Q_{ik} (kN)	q_{ik} (kN/m ²)
Zaťažovací pruh 1 (Q_1)	300	9,0
Zaťažovací pruh 2 (Q_2)	200	2,5
Zvyšná plocha zaťažovacieho priestoru (q_{rk})	0	2,5



obr. model LM 1 - schéma

Druh zaťaženia na celú šírku opory

$g_{k,i}$

- vlastná tiaž opory \Rightarrow program GEO 5
- stále zaťaženie - reakcie z nosnej konštrukcie podľa typového podkladu (doprava mimo mosta)
 $8 * 169 = 1352\text{kN}$
- pohyblivé zaťaženie - reakcie z nosnej konštrukcie podľa typového podkladu (doprava na moste)
 $8 * 331 = 2648\text{kN}$
- brzdné a rozjazdové sily
max. 900kN

- tiaž prechodovej dosky hr. 250 mm, $\gamma = 25 \text{ kNm}^{-3}$
 $0,5 * 0,25 * 3,0 * 7,4 * 25 =$ 69,38kN
- vozovka hr. 90 mm, $\gamma = 22 \text{ kNm}^{-3}$
 $0,5 * 0,09 * 3,0 * 7,4 * 22 =$ 21,98kN
- zaťažovací model 1 mimo mosta
 $q_{eq} = \frac{\alpha_{Qi} \cdot Q_k}{2,2 \cdot B} + \frac{\alpha_{Qi} \cdot q_{k1} \cdot 3m + \alpha_{Qi} \cdot q_{k1} \cdot (b_p - 3m)}{B} = \frac{1,0 \cdot (600 + 400)}{2,2 \cdot 7,5} + \frac{1,0 \cdot 9 \cdot 3m + 1,0 \cdot 2,5 \cdot 1,5m}{7,5}$ 64,71kN.m²

Vo výpočte sú uvažované 2 zaťažovacie stavy na oporu:

ZS 1 (fáza budovania 1): stále + premenné na moste

ZS 2 (fáza budovania 2): stále + premenné mimo most

9.3 Posudok

Výpočet mostní opěry

Vstupní data

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Mostní opěry : EN 1992-1-1 (EC2)

Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

Výpočet zdí

Výpočet aktivního tlaku : Coulomb (ČSN 730037)

Výpočet pasivního tlaku : Caquot-Kerisel (ČSN 730037)

Výpočet zemětřesení : Mononobe-Okabe

Tvar zemního klínu : počítat šikmý

Dovolená excentricita : 0,333

Metodika posouzení : mezní stavy

Součinitele redukce parametrů zemin			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_{m\phi} =$	1,25	[-]
Součinitel redukce soudržnosti :	$\gamma_{mc} =$	1,25	[-]
Součinitel redukce Poissonova čísla :	$\gamma_{mv} =$	1,00	[-]
Součinitel redukce objemové tíhy za konstrukcí :	$\gamma_{m\gamma} =$	1,00	[-]
Součinitel redukce objemové tíhy před konstrukcí :	$\gamma_{m\gamma} =$	1,00	[-]

Součinitele redukce únosnosti			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce únosnosti na překlopení :	$\gamma_o =$	1,00	[-]
Součinitel redukce únosnosti na posunutí :	$\gamma_s =$	1,00	[-]
Součinitel redukce únosnosti základové půdy :	$\gamma_b =$	1,00	[-]

Geometrie konstrukce

Číslo	Pořadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0,00	0,00
2	0,00	1,40
3	0,00	7,60

Číslo	Pořadnice X [m]	Hloubka Z [m]
4	0,00	8,10
5	-2,30	8,10
6	-2,30	7,60
7	-2,30	1,40
8	-0,95	1,40
9	-0,95	0,00

Počátek [0,0] je v nejvyšším pravém bodu zdi.

Plocha řezu zdi = 16,74 m².

Délka mostní opěry = 9,30 m

Délka základu opěry = 9,30 m

Délka zeminy za opěrou = 8,10 m.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

Beton : C 16/20

Válcová pevnost v tlaku

$$f_{ck} = 16,00 \text{ MPa}$$

Pevnost v tahu

$$f_{ctm} = 1,90 \text{ MPa}$$

Parametry zemín

Třída G3, ulehlá

Objemová tíha :

$$\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$$

Napjatost :

efektivní

Úhel vnitřního tření :

$$\varphi_{ef} = 30,00^\circ$$

Soudržnost zeminy :

$$c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$$

Třecí úhel kce-zemina :

$$\delta = 10,00^\circ$$

Zemina :

nesoudržná

Obj.tíha sat.zeminy :

$$\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$$

Třída F6, konzistence tuhá

Objemová tíha :

$$\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$$

Napjatost :

efektivní

Úhel vnitřního tření :

$$\varphi_{ef} = 19,00^\circ$$

Soudržnost zeminy :

$$c_{ef} = 12,00 \text{ kPa}$$

Třecí úhel kce-zemina :

$$\delta = 6,00^\circ$$

Zemina :

nesoudržná

Obj.tíha sat.zeminy :

$$\gamma_{sat} = 21,00 \text{ kN/m}^3$$

Třída S5

Objemová tíha :

$$\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$$

Napjatost :

efektivní

Úhel vnitřního tření :

$$\varphi_{ef} = 27,00^\circ$$

Soudržnost zeminy :

$$c_{ef} = 8,00 \text{ kPa}$$

Třecí úhel kce-zemina :

$$\delta = 9,00^\circ$$

Zemina :

nesoudržná

Obj.tíha sat.zeminy :

$$\gamma_{sat} = 18,50 \text{ kN/m}^3$$

Třída G3, středně ulehlá

Objemová tíha :

$$\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$$

Napjatost : efektivní
Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 33,00^\circ$
Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$
Třecí úhel kce-zemina : $\delta = 10,00^\circ$
Zemina : nesoudržná
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Zatěžovací stav, zatížení od mostu

Název : reakcia - doprava na moste.

Typ zatěžovacího stavu : provozní stav.

Síly od mostu

Svislá síla $F_s = 2648,00 \text{ kN}$

Vodorovná síla $F_v = 900,00 \text{ kN}$

Umístění $a_1 = 0,70 \text{ m}$

Výška $v = 0,33 \text{ m}$






Síly od přechodové desky

Svislá síla $F_s = 91,39 \text{ kN}$

Vodorovná síla $F_v = 0,00 \text{ kN}$

Umístění $a_2 = 0,14 \text{ m}$

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2,35	Třída G3, ulehlá	
2	5,15	Třída F6, konzistence tuhá	
3	0,50	Třída S5	
4	2,16	Třída G3, středně ulehlá	
5	-	Třída G3, středně ulehlá	

Založení

Typ založení : zemina - geologický profil

Tvar terénu

Terén za konstrukcí je rovný.

Vliv vody

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 5,46 m

Vztlak v základové spáře od rozdílných tlaků není uvažován.

Odpor na líci konstrukce

Odpor na líci konstrukce: klidový

Zemina na líci konstrukce - Třída G3, středně ulehlá

Výška zeminy před zdí $h = 2,50 \text{ m}$

Terén před konstrukcí je rovný.

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Zed' se může přemístit, je počítána na zatížení aktivním tlakem.

Posouzení čís. 1 (Fáze budování 1)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{hor} [kN/m]	Působíště z [m]	F_{vert} [kN/m]	Působíště x [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zed'	0,00	-3,67	385,02	1,20	1,000
Odpor na líci	-32,97	-0,83	0,00	0,00	0,900
Aktivní tlak	215,84	-2,66	20,28	2,30	1,350
Tlak vody	30,35	-0,88	0,00	2,30	1,350
Vztlak vody	0,00	-8,10	0,00	2,30	0,900
Reakce mostu	-96,77	-7,03	284,73	0,70	1,000
Reakce přech.desky	0,00	-8,10	9,83	2,16	1,100

Posouzení mostní opěry

Posouzení na překlpení

Moment vzdorující $M_{res} = 749,05$ kNm/m

Moment klopící $M_{ovr} = 107,12$ kNm/m

Zed' na překlpení VYHOVUJE

Posouzení na posunutí

Vodor. síla vzdorující $H_{res} = 351,42$ kN/m

Vodor. síla posunující $H_{act} = 205,91$ kN/m

Zed' na posunutí VYHOVUJE

Celkové posouzení - OPĚRA VYHOVUJE

Únosnost základové půdy (Fáze budování 1)

Síly působící ve středu základové spáry

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]	Excentricita [-]	Napětí [kPa]
1	172,19	707,94	205,91	0,106	390,36

Normové síly působící ve středu základové spáry (výpočet sedání)

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]
1	-19,51	706,64	141,19

Posouzení únosnosti základové půdy

Tvar napětí v základové půdě : obdélník

Posouzení excentricity

Max. excentricita normálové síly $e = 0,106$

Maximální dovolená excentricita $e_{alw} = 0,333$

Excentricita normálové síly VYHOVUJE

Posouzení únosnosti základové spáry

Max. napětí v základové spáře $\sigma = 390,36$ kPa

Návrhová únosnosť základové pôdy $R_d = 400,00 \text{ kPa}$

Únosnosť základové pôdy VYHOVUJE

Celkové posouzení - únosnost základové půdy VYHOVUJE

Vstupní data (Fáze budování 2)

Zatěžovací stav, zatížení od mostu

Název : 1.

Typ zatěžovacího stavu : provozní stav.

Síly od mostu

Svislá síla $F_s = 810,00 \text{ kN}$

Vodorovná síla $F_v = 0,00 \text{ kN}$

Umístění $a_1 = 0,55 \text{ m}$

Výška $v = 0,30 \text{ m}$

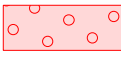




Síly od přechodové desky

Svislá síla $F_s = 91,39 \text{ kN}$

Vodorovná síla $F_v = 0,00 \text{ kN}$

Umístění $a_2 = 0,14 \text{ m}$

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Vrstva [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2,35	Třída G3, ulehlá	
2	5,15	Třída F6, konzistence tuhá	
3	0,50	Třída S5	
4	2,16	Třída G3, středně ulehlá	
5	-	Třída G3, středně ulehlá	

Založení

Typ založení : zemina - geologický profil

Tvar terénu

Terén za konstrukcí je rovný.

Vliv vody

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 5,46 m

Vztlak v základové spáře od rozdílných tlaků není uvažován.

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		stálé	64,71		0,00	3,00	na terénu
Číslo	Název							
1	zařazovací model 1							

Odpor na líci konštrukce

Odpor na líci konštrukce: klidový

Zemina na líci konštrukce - Třída G3, středně ulehlá

Výška zeminy před zdí $h = 2,50 \text{ m}$

Terén před konstrukcí je rovný.

Zadané síly působící na konstrukci

Číslo	Síla nová změna	Název	Působ.	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	M [kNm/m]	x [m]	z [m]
1	Ano	Reakcia NK	stálé	0,00	1352,00	0,00	-1,60	1,05

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Zed' se může přemístit, je počítána na zatížení aktivním tlakem.

Posouzení čís. 1 (Fáze budování 2)

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F_{hor} [kN/m]	Působíště z [m]	F_{vert} [kN/m]	Působíště x [m]	Výpočtový koeficient
Tíh.- zed'	0,00	-3,67	385,02	1,20	1,000
Odpor na líci	-32,97	-0,83	0,00	0,00	0,900
Aktivní tlak	215,84	-2,66	20,28	2,30	1,350
Tlak vody	30,35	-0,88	0,00	2,30	1,350
Vztlak vody	0,00	-8,10	0,00	2,30	0,900
zátěžovací model 1	111,07	-5,73	12,18	2,30	1,000
Reakce mostu	0,00	-7,00	87,10	0,55	1,000
Reakce přech.desky	0,00	-8,10	9,83	2,16	1,100
Reakcia NK	0,00	-7,05	1352,00	0,70	1,000

Posouzení mostní opěry

Posouzení na překlpení

Moment vzdorující $M_{res} = 1572,05 \text{ kNm/m}$

Moment klopící $M_{ovr} = 1424,27 \text{ kNm/m}$

Zed' na překlpení VYHOVUJE

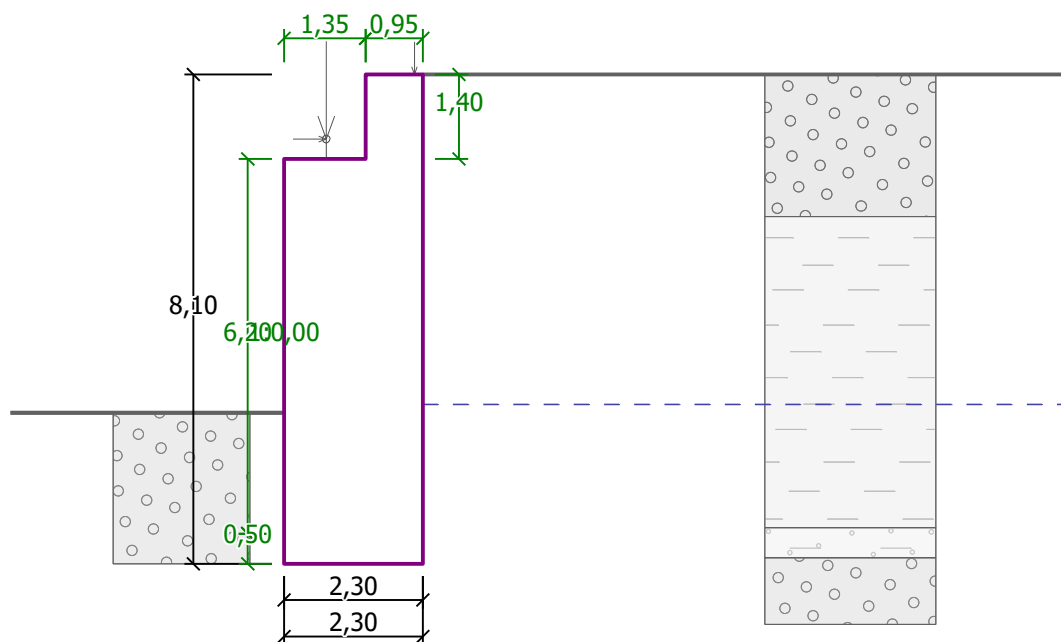
Posouzení na posunutí

Vodor. síla vzdorující $H_{res} = 930,50 \text{ kN/m}$

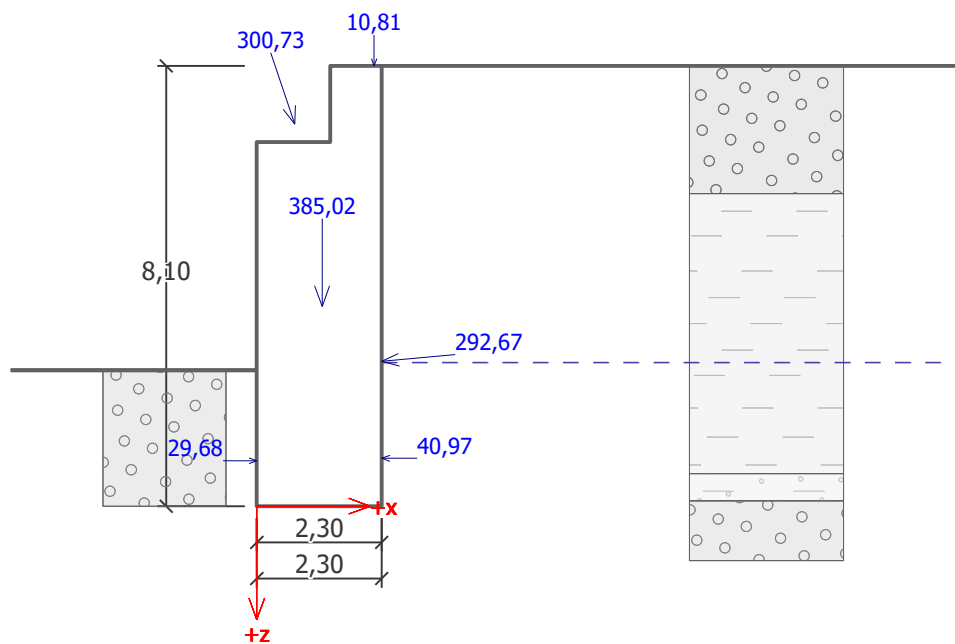
Vodor. síla posunující $H_{act} = 413,75 \text{ kN/m}$

Zed' na posunutí VYHOVUJE

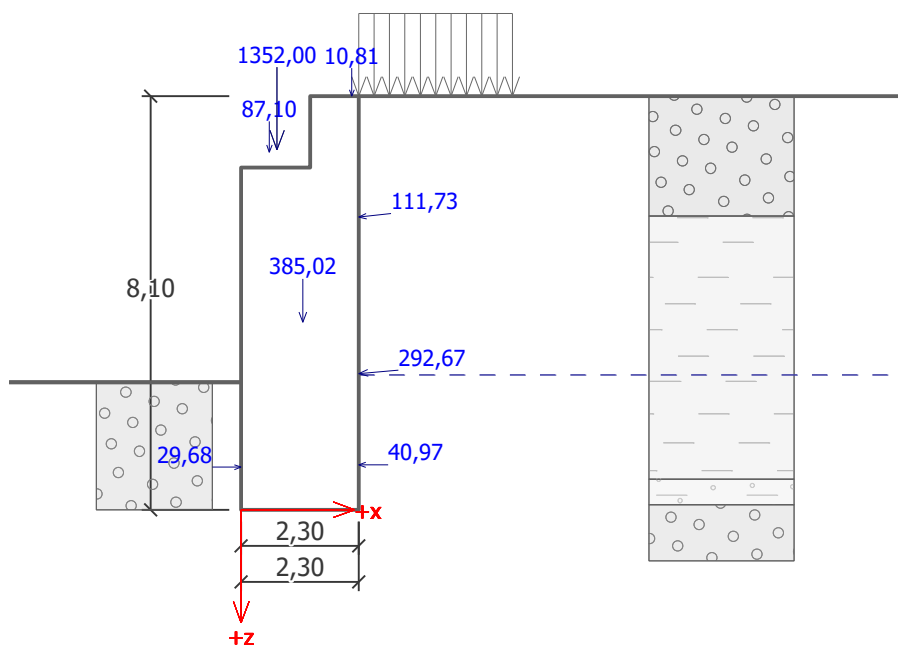
Celkové posouzení - OPĚRA VYHOVUJE



Obr. Vstupné údaje



Obr. Posúdenie - zaťažovací stav 1



Obr. Posúdenie - zaťažovací stav 2

10. Záver

Statický výpočet a posúdenie navrhovanej nosnej konštrukcie mosta, resp. existujúcej spodnej stavby je vypracované v zmysle platných noriem, typových podkladov a predpisov. Posúdenie bolo vypracované na základe výsledkov výpočtu maximálnych účinkov zaťaženií a podľa predpokladaného geologického profilu určeného na základe geologického prieskumu.

Na základe vyhodnotenia výsledkov možno konštatovať, že navrhovaná nosná konštrukcia mosta bude za predpokladaných podmienok spoľahlivo plniť svoju požadovanú funkciu.

V Žiline, október 2020

Vypracoval: Ing. Ľubomír Macura