

GLAVNI PREGLED NOSILNE KONSTRUKCIJE ŽELEZNIŠKEGA MOSTU

Jelenski viadukt pri Borovnici v km 591+087

Poročilo št. POR/58-0991/21

november 2021

BUREAU VERITAS 1828

BUREAU VERITAS

Move Forward with Confidence

1. UVOD

Na osnovi pogodbe št. 80/2021/10 z dne 03. 06. 2021 sklenjene s podjetjem SŽ Infrastruktura d.o.o. smo izvedli pregled nosilne konstrukcije Dolinskega viadukta pri Borovnici v km 591+087 na progi Ljubljana – Sežana – državna meja. Most, speljan v rahlem zavoju, je zidan iz opeke in kamenja, sestavlja pa ga dvanajst stebrov in enajst obokov. Dolg je 219 m in visok 29 m. Je med najstarejšimi slovenskimi mostovi z dvotirno železnico in čeprav je bil grajen za nizke obremenitve, še danes vozijo po njem težki tovorni vlaki.

Ob pregledu sta bila prisotna predstavnika naročnika pregleda. Pregled je bil izveden 13.7.2021 v sončnem vremenu.



Slika 1 : Lokacija viadukta



Slika 2 : Jelenski oz. Dolinski viadukt

2. OPIS KONSTRUKCIJE IN NJENEGA STANJA

2.1. Zgornji ustroj proge

Zgornji ustroj dvotirne proge sestavljajo gramozno nasutje, kamnita varovalna ograja, kamniti robni venec, jekleni portali ter kanalizacijski vod, ki je nameščen na zgornjo stran desne ograje. Gramozno nasutje je lokalno, na stiku s kamnito varovalno ograjo, zatravljeno. Prav tako je vzdolž celotnega viadukta zatravljena zunanja stran kamnite ograje na levi strani (Slika 4). Vzdolž cele dolžine viadukta so opazne številne razpoke kamnitih ograj in propadanje fug (Slika 5). Na desni strani 2. krajnega opornika je varovalna kamnita ograja močno mehansko poškodovana (Slika 6).

2.2. Prekladna konstrukcija

Opečni oboki so močno razmočeni praktično v vseh poljih. Na mestih večjega zamakanja so vidni ostanki sige. Površinsko luščenje opeke je vidno v vseh poljih. V več poljih je vidno močnejše pokanje opeke. V več poljih so vidne širše vzdolžne razpoke.

V opečnatem parapetnem zidu je vidno površinsko propadanje (pokanje, luščenje, odpadanj) opeke. Na nekaterih mestih je malta vidno močno izprana.

2.3. Podporna konstrukcija

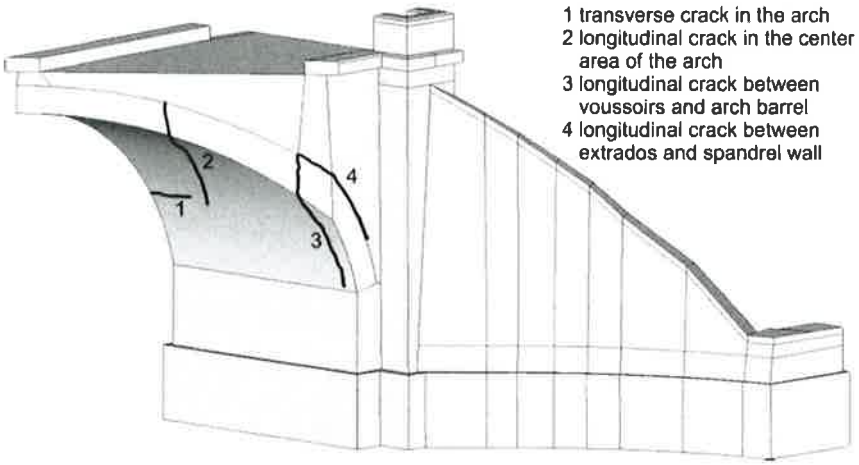
Kamniti stebri so lokalno poraščeni. Lokalno je opazno pokanje kamna. Stanja podpornih stebrov ob terenu nismo mogli pregledati zaradi goste poraščenosti terena.

2.4. Ocena stanja mostu

V preglednici 1 je podana enotna klasifikacija premostitvenih objektov po priporočilih UIC 778-4 (2011), ki razvršča obstoječe premostitvene objekte v skladu z njihovimi poškodbami in pomanjkljivostmi ter potrebnim ukrepanjem. Glede na stanje objekta, ugotovljenega med pregledom, in primerjavo z rezultati prejšnjega pregleda, ugotavljamo, da lahko poškodbe kratkoročno bistveno vplivajo na nosilnost in varnost objekta, in ga zato uvrščamo v razred 3.

3. KLASIFIKACIJA RAZPOK

Pri zidanih mostovih se pojavljajo 4 karakteristični tipi razpok, ki se tvorijo v nateznih conah (Safety analysis of existing masonry arch bridges by nonlinear finite element simulations, Stephanie A Franck, Nick Bretschneider, Volker Slowik, July 27, 2019, International Journal of Damage Mechanics).



Slika 3 : Karakterisitčni tipi razpok pri zidanih mostovih

Prečne razpoke (1) so karakterizirane kot najpomembnejše, saj povzročajo redukcijo tlačne cone ukrivljenega nosilca, kar vodi v visoke tlačne napetosti in, sčasoma, do pokanja in lomljenja materiala. Prečnih razpok (1) in vzdolžnih razpok v centru lokov (2) pri pregledu mostu nismo opazili. Razpoke tipov (3) in (4) so prisotne pri več zidanih ločnih nosilcih.

4. SANACIJA V SKLADU S PRIPOROČILI

Spodaj so opisani tipični sanacijski ukrepi pri zidanih mostovih (Upgrading of infrastructure in order to meet new operations and market demands, D1.1.4, UIC).

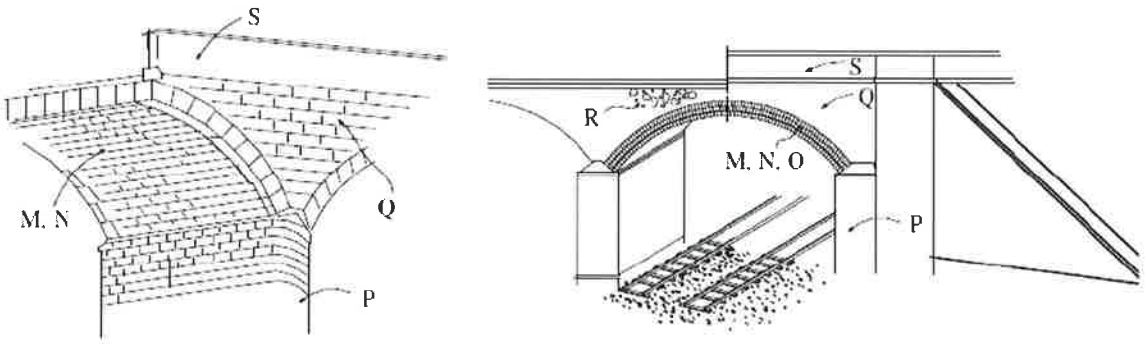


Figure 4.2.9. Masonry bridges with indications of different areas for upgrading/repair.

M – Deteriorating masonry; N – Inadequate load carrying capacity of arch or barrel; O – Separation between rings in multi-ring arch barrels (Delamination); P – Movements of piers and abutments; Q – Spandrel wall movement; R – Weak fill; S – Parapet damage

Example of upgrading and repair methods for the different areas in Figure 2.4.9 are:

M Deteriorating masonry: Repointing, arch grouting, patch repairs, waterproofing and drainage

N Inadequate load carrying capacity of arch or barrel:
Arch distortion remedial work, backfill replacement/reinforcement, concrete saddle strengthening, prefabricated liners, relieving slabs, retro-reinforcement and sprayed concrete lining

O Separation between rings in multi-ring arch barrels (Delamination):
Arch grouting, patch repairs, through ring stitching.

P Movements of piers and abutments:
Underpinning, patch repairs.

Q Spandrel wall movement:
Backfill replacement/reinforcement, Spandrel strengthening

R Weak fill:
Backfill replacement/reinforcement, grout fill if suitable.

S Parapet damage:
Patch repairs, parapet upgrading.

Primeri in metode izvedbe sanacij so prikazani v SB-LRA (2007) in SB-STR (2007). Ozadje problematike je podrobno opisano v Hendry (1998), UIC 778-3 (2014), SB-D4.7.1 (2007), SB-D4.7.4 (2007) in Harvey (2012).

5. PREGLED PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

Pri pregledu projektne dokumentacije smo ugotovil, da upoštevana projektna obremenitev ustreza obremenitveni shemi Model 71 v skladu z SIST EN 1991-2.

- računska črtična shema

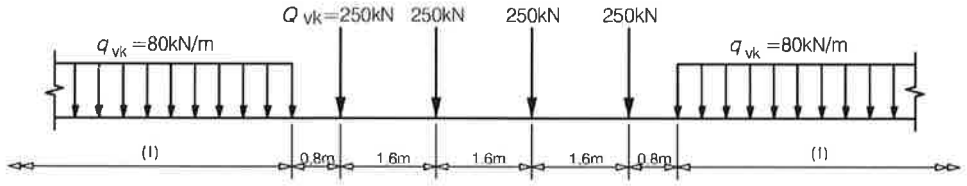


- za polovico širine loka: $q' = 8,0 \times 1,34 = 10,72$ Mp/m^1

$P' = 25,0 \times 1,34 = 33,50$ Mp/m^1

- za celotno širino loka: $q' = 2 \times 8,0 \times 1,34 = 21,44$ Mp/m^1

$P' = 2 \times 25,0 \times 1,34 = 67,00$ Mp/m^1



Key
(1) No limitation

Figure 6.1 - Load Model 71 and characteristic values for vertical loads

6. KATEGORIZACIJA PROGE

Od naročnika smo prejeli rezultate pregleda iz leta 2017 v katerem je navedeno, da je proga uvrščena v kategorijo D3. Kategorizacija prog se določa v skladu s Tabelo 2 Uredbe o kategorizaciji prog (Uradni list RS, št. 4/09, 5/09 – popr., 62/11, 66/12, 12/13 in 30/18 – ZVZelP-1).

Tabela 2: Dopustna dolžinska in osna obremenitev prog

Dolžinska obremenitev p [t/m] (vsota mase vozila in naklada, deljena z dolžino vozila med odbojnikoma)	Osna obremenitev P [t]			
	A	B	C	D
	16	18	20	22,5
5,0	A	B1		
6,4		B2	C2	D2
7,2			C3	D3
8,0			C4	D4

Kategorija D3 ustreza karakteristični osni obremenitvi 7,2 t/m in karakteristični linijski obremenitvi 22,5 t. Pri projektiranju sta bili upoštevani karakteristični osna obremenitev 25 t in karakteristična linijska obremenitev 8,0 t/m.

7. GEODETSKE MERITVE

Za potrebe upravljanja in vzdrževanja železniških prog smo izvedli geodetsko meritev preciznega nivelmana in lokalne geodetske mreže v ločenih lokalnih koordinatnih sistemih, na podlagi katerih se bodo prikazovale kontrolne meritve deformacij. Poročila izvedenih geodetskih meritev so priloga temu poročilu.



Skica nivelmanske mreže



Skica geodetske mreže

8. PREDLAGANI UKREPI

1. Ker ocenjujemo, da obstaja verjetnost hitrega širjenja poškodb, menimo, da je potrebno do sanacije mostu:

    - Vsaj dvakrat letno opraviti geodetske meritve v enakem obsegu, kot je bila izvedena ničelna meritev glej poročilo v prilogi) in vrednotiti pomike izmerjenih točk.

    - Vsaj enkrat letno opraviti vizualni pregled mostu z namenom ugotovitve širjenja obstoječih poškodb in morebitnega nastanka novih.

2. Glede na opravljen pregled mostu predlagamo čim prejšnjo izvedbo sanacije, kot sledi:

- izvedbo nove hidroizolacije, da se prepreči zamakanje iz zgornjega ustroja (bistven ukrep);

- sanacijo mehanskih poškodb kamnitih ograj;

- sanacijo razpok v kamnitih ograjah z injektiranjem ustreznih tesnilnih mas, da se prepreči nadaljnja degradacija in

- sanacija poškodovanih, dotrajanih in izpranih delovnih stikov opečnatih konstrukcij z zamenjavo malte. Prav tako je potrebno razpadle in počene opeke odstraniti in zamenjati. Delovne stike, kjer je malta vidno izprana je treba rekonstruirati.

3. Pred začetkom sanacije predlagamo namestitev merilnih lističev na največje razpoke, kar bi nam omogočilo spremljanje vpliva celotnega procesa sanacije zgornjega ustroja na deformacije obstoječih razpok. Dodatno je treba označiti začetke in konce razpok zaradi spremljanja potencialnega širjenja razpok. Predlagamo tudi izvedbo geodetskih meritev tik pred sanacijo, med razbremenitvijo (po odstranitvi zgornjega ustroja) in po izvedeni sanaciji.

9. ZAKLJUČEK

Poleg izvedenega vizualnega pregleda mostu in ničelnih geodetskih meritev bomo v najkrajšem možnem času izvedli še pregled notranjosti revizijskih niš v stebrih mostu z alpinistično tehniko in na najbolj kritično razpoko namestili merilno celico za merjenje sprememb širine razpoke.

Poškodbe mostu so resne, vendar glede na tip in velikost poškodb, ki so bile do sedaj ugotovljene pri vizualnem pregledu mostu menimo, da objekt še vedno ustreza kategoriji proge D3 skladno z Uredbe o kategorizaciji prog.

Čim prejšnja izvedba v točki 8 predlaganih ukrepov sanacije je ključna za preprečitev nadaljnjega izpiranja veziv in nadaljnje degradacije konstrukcije objekta. Degradacija konstrukcije ima lahko neposreden vpliv na nosilnost objekta in s tem kategorijo objekta.

Menimo, da je za pravočasno odkrivanje kritičnega širjenja poškodb in nastajanje novih nujno izvajanje monitoringa objekta na način, kot je opisan v točki 8.

Pripravili:

Tomaž Rugelj, univ.dipl.inž.grad.

Marko Vončina, univ dipl.inž.grad.

Andrej Homar, univ.dipl.inž.str.

Boris Plesac, mag.inž.str.
Vodja enote industrija

BUREAU VERITAS, d.o.o.
Linhartova cesta 49A, 1000 LJUBLJANA
ID št. SI74639137 TR: 03100-1003001343 8

PRILOGE

- Slikovna priloga,
- Poročilo geodetske izmere 0 (geodetsko meritev preciznega nivelmana in lokalne geodetske mreže)

SLIKOVNA PRILOGA



Slika 4 : Lokalna zatravljenost



Slika 5 : Lokalno propadanje fug in kamna



Slika 5 : Večja mehanska poškodba kamnite ograje na desni strani 2. opornika



Slika 7 : Tipične poškodbe opeke, razpoke v ločnih nosilcih in siga.



Slika 8 : Dotrajanost zaščitnih inštalacijskih cevi vzdolž viadukta

TELESKOP d.o.o.
teleskop.si
info@teleskop.si
(02) 251-13-80
Ulica heroja Staneta 16, 2000 Maribor

TEHNIČNO POROČILO

ZADEVA: **PREDLOG VZPOSTAVITVE GEODETSKE MREŽE**

OBJKET: **JELENSKI VIADUKT PRI BOROVNICI**

ŠT. DELA: **I-21-18-04**

NAROČNIK: **BUREAU VERITAS d.o.o.**
LINHARTOVA CESTA 49A
1000 LJUBLJANA

GEODETSKO PODJETJE: **ŠT. 0071**
Teleskop d.o.o.,
Ulica heroja Staneta 16, 2000 Maribor,
ki ga zastopa: Tadej Ledinek

TELESKOP d.o.o.

žig in podpis

ODGOVORNI GEODET: **IZS. Geo0105**
Tadej Ledinek ing. geodezije,
sodni izvedenec za geodezijo

TADEJ LEDINEK
inž. geod.
IZS Geo0105

žig in podpis

IZDELAL:
Matevž Ledinek,
dipl. inž. geod. (UN)

DATUM IN KRAJ IZDELAVE: **18. 11. 2021, Maribor**

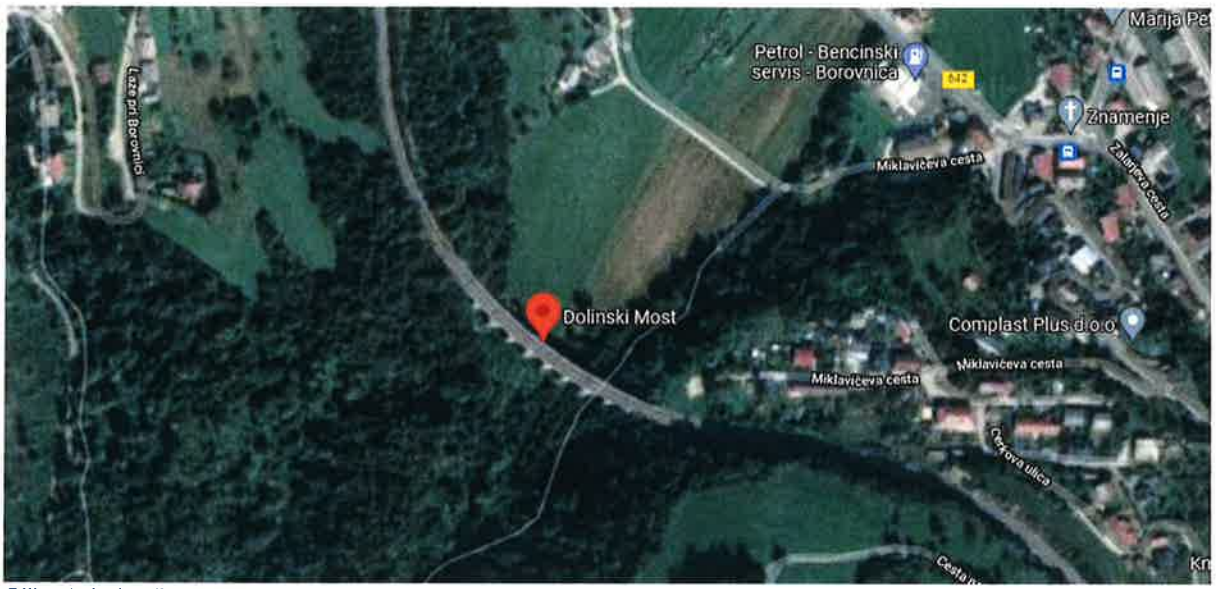
TELESKOP d.o.o.
teleskop.si
info@teleskop.si
(02) 251-13-80
Ulica heroja Slaneta 16, 2000 Maribor

TEHNČNO POROČILO

1. UVOD

Za potrebe upravljanja in vzdrževanja železniških prog smo po naročilu Slovenskih železnic izvedli geodetsko meritev preciznega nivelmana in lokalne geodetske mreže v ločenih lokalnih koordinatnih sistemih, na podlagi katerih se bodo prikazovale kontrolne meritve deformacij na Jelenskem viaduktu pri Borovnici na progi Ljubljana – Sežana – državna meja v km 591+087.

Terensko izmero smo izvedli 10.10.2020, kjer se je na novo vzpostavilo lokalno nivelmansko in geodetsko mrežo.



Slika 1: Lokacija mostu

2. UPORABLJEN MERSKI INSTRUMENTARIJ

a. NIVELMANSKA IZMERA

Merjenja so se opravila s preciznim elektornskim nivelirjem LEICA DNA03 (ser. št. 340821), precizno invar lato Leica GPCL2 (ser. št. 52491), žabo za postavljanje late (5kg), stativom, držalom late in merski trakom.

Leica DNA 03	
Natančnost	**Standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana (ISO 17123 – 2)**
Elektronska meritev z invar lato	0,3 mm
Elektronska meritev z kodirno lato	1,5 mm
Optična meritev	2,0 mm
Mersko območje	
Elektronska meritev	1,8 m – 110 m
Optična meritev	od 0,6 m
Povečava daljnogleda	24 x
Tip kompenzatorja	Nihalo z magnetnim dušenjem
Delovno območje kompenzatorja	±10′
Natančnost kompenzatorja	0,3″

2.2 TRIGONOMETRIČNA IZMERA

Merjenja so se opravila z elektronskim tahimetrom Leica TCRP 1201, Leicinim stativom in reflektorji 4 x Leica GPH1P in 4x Leica GPR121.

Tahimeter Leica TCRP 1201 – osnovne specifikacije	
Standardni odklon Hz in V: ISO-1 123-3	1"
Standardni odklon razdalje z reflektorjem: ISO-1-123-4	1 mm + 1,5 ppm
Doseg meritev z reflektorjem	3000 m
Standardni odklon razdalje brez reflektorja: ISO-1-123-4	2 mm + 2 ppm < 500 m
Doseg meritev brez reflektorja	300 m
Povečava daljnogleda	30x
Najkrajša vidna razdalja	1,7 m
Geodetski pribor	
Prizme	Leica GPH1P in GPR121
Podnožje	Leica GST 20
Stabilizacija referenčnih točk	11R2-40W
Nastavek za prizme referenčnih točk	11RS-W-VA


11R2-40W


11R5-W-VA

3. IZVEDBA MERITEV

3.1 NIVELMANSKA IZMERA

Nivelmansko izmero smo izvedli po pravilih precizne nivelmanske izmere. Uporabili smo preizkušen instrument in komparirano nivelmansko lato. Nivelirali smo iz sredine, ter samo kakovost meritev nadzorovali s preverjanjem odstopanj pri niveliranju nivelmanskih linij v obeh smereh in odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank.
Rezultati posamezne nivelmanske izmere so popravljene merjene višinske razlike in dolžine nivelmanskih linij. Za izravnavo smo uporabili program Leica Infinity.

3.2 IZMERA GEODETSKE MREŽE

Pri izmeri smo uporabili tahimeter Leica TCRP 1201 in precizne prizme, ki so trajno stabilizirane z nastavki. Do vseh vidnih točk geodetske mreže smo na posameznem stojišču izmerili horizontalne smeri, zenitne razdalje in poševne dolžine v obeh krožnih legah, pri katerih smo se vzdolžno premikali ter s pomočjo vidnih preklopov posneli vse stabilizirane točke.

S pomočjo izravnave opazovanih količin smo s programa Leica Infinity pridobili koordinate točk, ki služijo nadaljnjim obravnavam.

TELESKOP d.o.o.
teleskop.si
info@teleskop.si
(02) 251-13-80
Ulica heroja Staneta 16, 2000 Maribor

4. REZULTATI

4.1 REZULTATI NIVELMANSKE IZMERE

Reper	Višina
R1	0,000
R2	0,058
R3	0,449
R4	0,466
R5	1,075
R6	1,519
R7	1,806
R8	2,018
R9	2,122
R10	2,337
R11	2,337
R12	2,611
R13	2,671
R14	2,895
R15	3,253
R16	3,494
R17	3,063
R18	3,472

SKICA:



Slika 2: Skica nivelmanske mreže

OPOMBA:

- Slikovna identifikacije posameznih merilnih mest se doda v periodični meritvi št. 1
- Analiza natančnosti in deformacija se poda v periodični meritvi št. 1

4.2 REZULTATI GEODETSKE MREŽE

Tocka	E	N	H
1	998,109	1003,992	0,0000
2	1001,891	996,0079	0,0186
3	963,6193	988,1189	0,4645
4	967,4189	979,3465	0,4383
5	920,6541	971,1524	2,2305
6	923,0581	963,1085	2,2055
7	871,2193	961,188	2,8103
8	872,3294	952,7767	2,8382
9	844,4631	959,4496	2,9735
10	844,595	951,205	3,0121
11	817,9831	960,455	3,2884
12	816,8543	952,1624	3,3035
13	791,3453	963,7918	3,7136
14	789,6333	955,6335	3,7225
15	740,572	977,9371	4,3533
16	737,7092	970,1315	4,3459
17	714,1417	990,1349	3,2559
18	710,868	982,0098	3,4076
19	689,4981	1004,565	3,7041
20	687,0414	995,4354	4,5132

SKICA:



Slika 3: Skica geodetske mreže

OPOMBA:

- Slikovna identifikacije posameznih merilnih mest se doda v periodični meritvi št. 1
- Analiza natančnosti in deformacija se poda v periodični meritvi št. 1

5. *VREMENSKI POGOJI*

Vremenski podatki:	
Temperatura	12
Tlak	1030 mbar
Vlažnost	70 %
PPM	-4.7

Vremenske razmare:	
Vidljivost	Dobra
Stabilnost	Dobra
Veter	Ne vetrovno