igmat d.d.
inštitut za gradbene materiale

Zadobrovška cesta 4
SI-1260 Ljubljana-Polje, Slovenija
tel: 01 / 586 26 00, DDV št.: SI82051011
www.igmat.si, e-mail: info@igmat.eu

Poročilo: 67-KON-22

Datum: 23.02.2022

ELABORAT DETAJLNEGA PREGLEDA PREMOSTITVENEGA OBJEKTA

OBJEKT: Most čez Mali Graben na Barjanski cesti v Ljubljani

NAROČNIK: PROMICO d.o.o., Dunajska cesta 106, 1000 Ljubljana

NAROČILO: Naročilnica št.: 02/2022 z dne 07.02.2022 (nalog Igmat: 56/22)

Obdelal:
Nace Remic, univ.dipl.inž.grad.

Vodja oddelka za konstrukcije:
dr. Gregor Trtnik, univ.dipl.inž.grad.

Direktor:
Janez Prosen, univ.dipl.inž.grad.

Digitalno podpisano:
GREGOR TRTNIK
Datum: 25.05.2022 15:20:42

Digitalno podpisano:
JANEZ PROSEN
Datum: 25.05.2022 15:29:33

Rezultati preskušanja se nanašajo izključno na preskusne primerke. Poročilo se sme reproducirati samo v celoti. Rok za reklamacije je 30 dni od izdaje poročila.

Vsebina

1 UVOD 7
1.1 Splošno 7
1.2 Glavne aktivnosti detajlnega pregleda 8
1.3 Konstrukcijska zasnova premostitvenega objekta 9
1.4 Oznake posameznih konstrukcijskih elementov 11
1.5 Struktura elaborata 12
2 OPIS POSAMEZNIH PREISKAV 13
2.1 Detajlni vizualni pregled elementov premostitvenega objekta 13
2.1.1 Splošno 13
2.1.2 Kataster poškodb 13
2.2 Odvzem vzorcev betona 14
2.2.1 Porušna preiskava tlačnih trdnosti vgrajenega betona 14
2.2.2 Določitev prostorninske mase vgrajenega betona 14
2.3 Neporušna sklerometrična preiskava tlačne trdnosti in homogenosti betona, ugotovitev delaminacij z metodo potrkavanja 14
2.4 Preiskava vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu ter stopnje karbonizacije betona 15
2.5 Kontrola mehke armature 15
2.6 Preiskava odtržne trdnosti betona 16
3 UGOTOVITVE DETAJLNEGA PREGLEDA 17
3.1 Splošno 17
3.2 Podporna konstrukcija 18
3.2.1 Krajni podpornik - PO1 18
3.2.2 Vmesni podpornik - PO2 19
3.2.3 Vmesni podpornik - PO3 19
3.2.4 Krajni podpornik - PO4 20
3.2.5 Krilni zidovi KZ1 do KZ4 20
3.3 Prekladna konstrukcija 20
3.3.1 Armiranobetonska plošča - ABPL 20
3.3.2 Vzdolžni nosilci VN1 do VN9 21
3.3.3 Prečniki - PR1 do PR6 21
3.4 Krov objekta 22
3.4.1 Cestišče - CES 22
3.4.2 Robna venca - RV1 in RV2 22

3.4.3 Hodnika za pešce s kolesarsko stezo - HOD1 in HOD2 23
3.5 Oprema in okolica objekta 23
3.5.1 Dilataciji - DIL1 in DIL2 23
3.5.2 Ograje - OGR 24
3.5.3 Ostala oprema - OPR....24
3.6 Okolica objekta....25
3.6.1 Brežini - BREZ1 in BREZ1 25
3.6.2 Struga vodotoka – STR 25
4 REZULTATI TERENSKIH IN LABORATORIJSKIH PREISKAV 26
4.1 Odvzem valjastih vzorcev betona, preiskava homogenosti, tlačne trdnosti in prostorninske mase betona 26
4.2 Neporušna sklerometrična preiskava tlačne trdnosti betona 28
4.3 Vsebnost kloridov in sulfatov v betonu, stopnja karbonizacije betona 30
4.4 Kontrola mehke armature....32
4.5 Odtržna trdnost vgrajenega betona....38
4.6 Prednapeta armatura....40
5 ZAKLJUČEK....41

Kazalo slik

Slika 1-1 Pogled na podporno in prekladno konstrukcijo premostitvenega objekta čez Mali Graben na Barjanski cesti iz dolvodne strani. 7
Slika 1-2 Pogled v smeri naraščanja stacionaže in na vozišče premostitvenega objekta čez Mali Graben na Barjanski Cesti v smeri Ljubljana Center – Južna obvoznica. 8
Slika 1-3 Vzdolžni prerez premostitvenega objekta čez Mali Graben na Barjanski cesti v Ljubljani (vir: LUZ, Ljubljanski urbanistični zavod d.d.). 9
Slika 1-4 Tloris premostitvenega objekta čez Mali Graben na Barjanski cesti v Ljubljani (vir: LUZ, Ljubljanski urbanistični zavod d.d.). 10
Slika 1-5 Prečni prerez premostitvenega objekta čez Mali Graben na Barjanski cesti v Ljubljani (vir: LUZ, Ljubljanski urbanistični zavod d.d.). 10
Slika 3-1 Tipično zamočeno mesto na gredi podpornika PO1 (med nosilcema VN6 in VN7). 19
Slika 3-2 Horizontalna razpoka v gredi podpornika PO1, ki poteka pod vzdolžnimi nosilci VN5 do VN7. 19
Slika 3-3 Tipično zamočeno mesto z oluščenim zaščitnim slojem betona in korodirano armaturo na steni za ležiščno polico podpornika PO1 (med nosilcema VN2 in VN3). 19
Slika 3-4 Kopičenje nesnage na ležiščni polici podpornika PO1. 19
Slika 3-5 Zamakanje na gredo podpornika PO3. 20
Slika 3-6 Razpoke in luščenje zaščitnega sloja betona v zamočenem delu grede podpornika PO3 20
Slika 3-7 Tipično zamakanje v spodnjem delu plošče ABPL v polju PL2 med nosilcema VN8 in VN9. ..21
Slika 3-8 Tipično mesto oluščenega zaščitnega sloja betona in korozije armature v plošči ABPL v polju PL2. 21
Slika 3-9 Tipično mesto razgaljene armature v stojini enega izmed vzdolžnih nosilcev. 21
Slika 3-10. Tipično mesto razgaljene armature v spodnji pasnici vzdolžnega nosilca VN4 v polju PL2. ..21
Slika 3-11 Tipično mesto zamakanja na prečniku PR1 med nosilci VN1 in VN2. Na tem mestu je prisotno tudi luščenje zaščitnega sloja betona in korozija razgaljene armature. 22
Slika 3-12. Tipično mesto zamakanje na prečniku PR6 med nosilci VN1 in VN2. Na tem mestu je prisotno tudi luščenje zaščitnega sloja betona in korozija razgaljene armature. 22
Slika 3-13 Posedanje asfalta ob izvozu iz objekta in formiranje razpoke vzdolž dilatacije DIL2. 22
Slika 3-14 Formiranje kolesnic oziroma narivanje asfalta na levem smernem vozišču. 22
Slika 3-15 Zamakanje preko dilatacije robnega venca RV1 in začetek luščenja zaščitnega sloja betona in korozije armature. 23
Slika 3-16 Krušenje zgornjega roba robnega venca RV1 23
Slika 3-17 Močno zablatena, korodirana in netesna dilatacija DIL1. 24

Slika 3-18 Mrežasto razpokan asfalt in posedanje asfalta ob zablateni in korodirani dilataciji DIL2. 24
Slika 4-1 Porušeni čepi izvedenih preiskav odtržne trdnosti.....39

Kazalo preglednic

Preglednica 3-1 Analiza poškodb 17
Preglednica 4-1 Lokacije odvzema valjastih vzorcev betona. 27
Preglednica 4-2 Rezultati laboratorijskih preiskav tlačne trdnosti betona, prostorninske mase betona na odvzetih valjastih vzorcih. 28
Preglednica 4-3 Lokacije in rezultati neporušne sklerometrične preiskave tlačne trdnosti vgrajenega betona na posameznih konstrukcijskih elementih. 29
Preglednica 4-4 Statistična analiza neporušne sklerometrične preiskave ocene tlačne trdnosti betona po posameznih konstrukcijskih elementih. 29
Preglednica 4-5 Lokacije izvedbe preiskav vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu ter stopnje karbonizacije betona. 30
Preglednica 4-6 Rezultati laboratorijske preiskave vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu ter stopnje karbonizacije betona. 31
Preglednica 4-7 Lokacije in rezultati neporušne preiskave debeline zaščitnega sloja betona nad armaturo in razporeda armature na posameznih mestih. 34
Preglednica 4-8 Lokacije in rezultati neporušne preiskave debeline zaščitnega sloja betona nad armaturo, premera armature in razporeda armature na posameznih mestih. 37
Preglednica 4-9 Lokacije in rezultati preiskave odtržne trdnosti. 38

1 UVOD

1.1 Splošno

Skladno z naročilom s strani podjetja PROMICO d.o.o., Dunajska cesta 106, 1000 Ljubljana (naročilnica navedena na naslovnici tega elaborata) smo v mesecu februarju 2022 izvedli detajlni pregled premostitvenega objekta, mostu čez Mali graben na Barjanski cesti (LC, odsek 211044, stacionaža KM 1,480). Gre za prednapeti armiranobetonski objekt, ki ima nosilno konstrukcijo sestavljeno iz dveh krajnih podpornikov, dveh vmesnih podpornikov, prednapetih prefabriciranih nosilcev preko treh polj in armiranobetonske plošče. Dela so bila izvedena skladno s ponudbo Igmat: 520-PON-21.

Slika 1-1 prikazuje pogled na podporno in prekladno konstrukcijo premostitvenega objekta iz dolvodne strani in Slika 1-2 pogled na vozišče Barjanske ceste v smeri Ljubljana Center – Južna obvoznica.

Slika 1-1 Pogled na podporno in prekladno konstrukcijo premostitvenega objekta čez Mali Graben na Barjanski cesti iz dolvodne strani.

Slika 1-2 Pogled v smeri naraščanja stacionaže in na vozišče premostitvenega objekta čez Mali Graben na Barjanski Cesti v smeri Ljubljana Center – Južna obvoznica.

1.2 Glavne aktivnosti detajlnega pregleda

Skladno s trenutnim stanjem objekta je bilo (glede ponudbo na Igmat 520-PON-21) potrebno v detajlnem pregledu predmetnega premostitvenega objekta zajeti najmanj naslednje aktivnosti:

- detajlni pregled celotnega objekta z identifikacijo vseh poškodb in pripravo fotodokumentacije,
- izdelava katastra pomembnih poškodb,
- odvzem vzorcev betona za določitev tlačnih trdnosti in gostote,
- odvzem vzorcev betona za ugotovitev stopnje kontaminiranosti betona s kloridi in sulfati ter stopnjo karbonizacije betona na posameznih kritičnih mestih,
- izvedba preiskav odtržne trdnosti,
- določitev debeline zaščitnega sloja betona in razporeda armature na posameznih kritičnih mestih s poudarkom na vizualno zamočenih mestih,
- ugotovitev deformacij, posedanja objekta, stabilnosti brežin in izpodkopavanja podpornikov,
- izdelava elaborata z rezultati detajlnega pregleda, splošnimi ugotovitvami za celotno nosilno konstrukcijo in izdelavo predloga načina sanacije vseh poškodovanih delov objekta.

Rezultati preskušanja se nanašajo izključno na preskusne primerke. Poročilo se sme reproducirati samo v celoti. Rok za reklamacije je 30 dni od izdaje poročila.

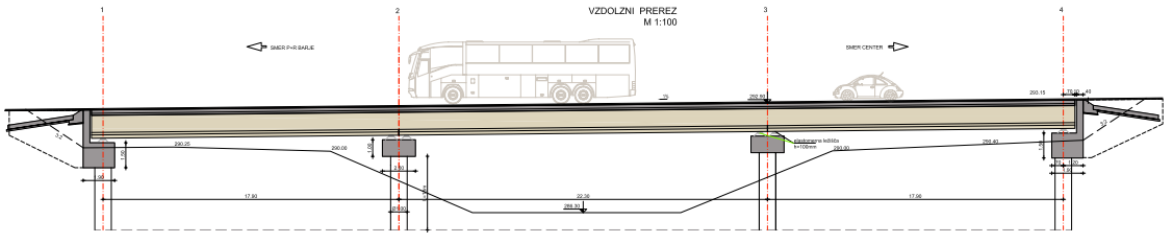
1.3 Konstrukcijska zasnova premostitvenega objekta

Karakteristične risbe objekta prikazujejo slike v nadaljevanju. Risbe so bile pripravljene s strani Ljubljanskega urbanističnega zavoda d.d. in podjetja Gravitas d.o.o. ter prikazujejo idejno zasnovo objekta, ki je bila obravnavana v okviru projekta »Rekonstrukcija Barjanske ceste od Ziherlove ulice do križišča z AC priključkom Center in P+R Barje«. Konstrukcija objekta je armiranobetonska, zasnovana kot delno prefabricirana prekladna konstrukcija in v celoti monolitna podporna konstrukcija. Prekladna konstrukcija je sestavljena iz devetih prostoležečih prednapetih montažnih AB vzdolžnih nosilcev v vsakem izmed treh polj in monolitne armiranobetonske plošče. Vzdolžni nosilci imajo stojino, spodnjo in zgornjo pasnico ter skupno višino cca. 155 cm. Podprti so z elastomernimi ležišči na obeh koncih posameznega nosilca. Na objektu je tako vgrajenih 54 ležišč. Armiranobetonska plošča ima glede na razpoložljivo dokumentacijo debelino d = 20 cm. Prekladna konstrukcija je ob uvozu in na izvozu iz objekta dilatirana. Gre za lamelne dilatacije, ki povezujejo prekladno konstrukcijo in prehodni plošči.

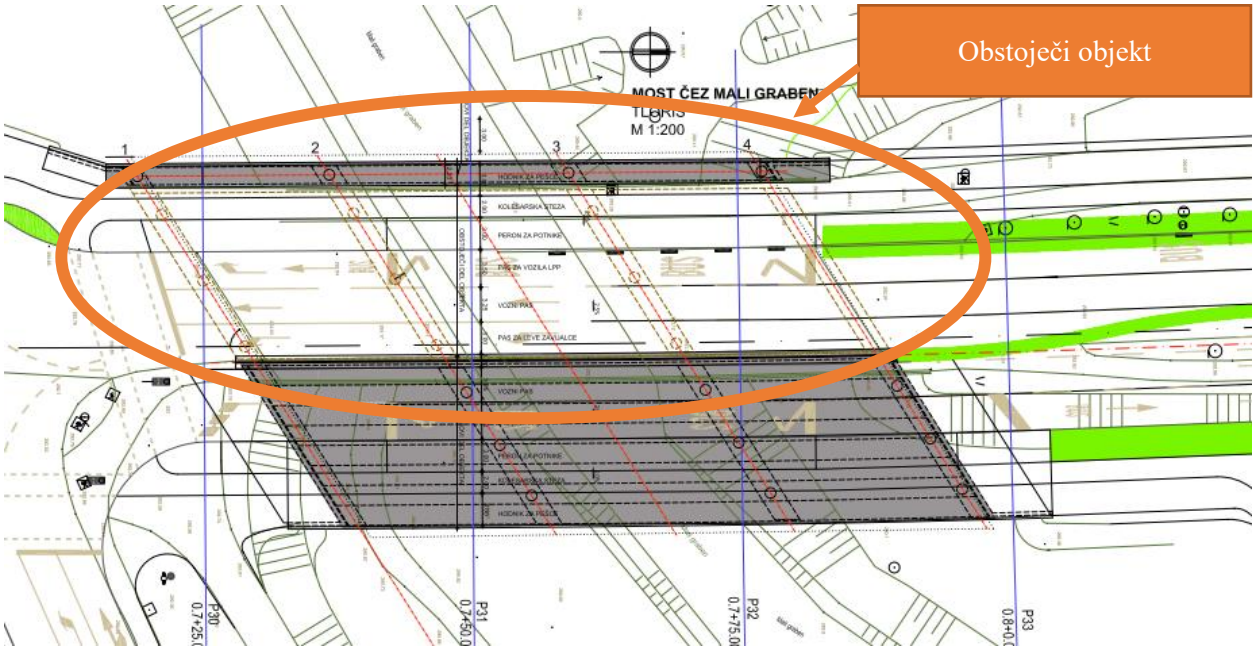
Podporna konstrukcija je sestavljena iz dveh krajnih in iz dveh vmesnih podpornikov. Krajna podpornika sta zgrajena iz vkopane temeljne grede, ki je glede na razpoložljivo dokumentacijo globoko temeljena na pilotih. Vmesni podpori sta sestavljeni iz prečne grede, ki podpira vzdolžne nosilce in iz stebrov, ki se nadaljujejo v temeljna tla. Vsaka izmed vmesnih podpor ima po tri stebre.

Prekladna konstrukcija poteka preko treh polj dolžine 17,90 m + 22,30 m + 17,90 m. Skupni razpon objekta od prve do zadnje krajne podpore osno znaša 58,10 m. Širina objekta gledano pravokotno na os cestišča znaša cca. 18,0 m. Na vsaki strani objekta je ograja za pešce. Vozišče ima V naklon od 2,0 % do 2,5 %.

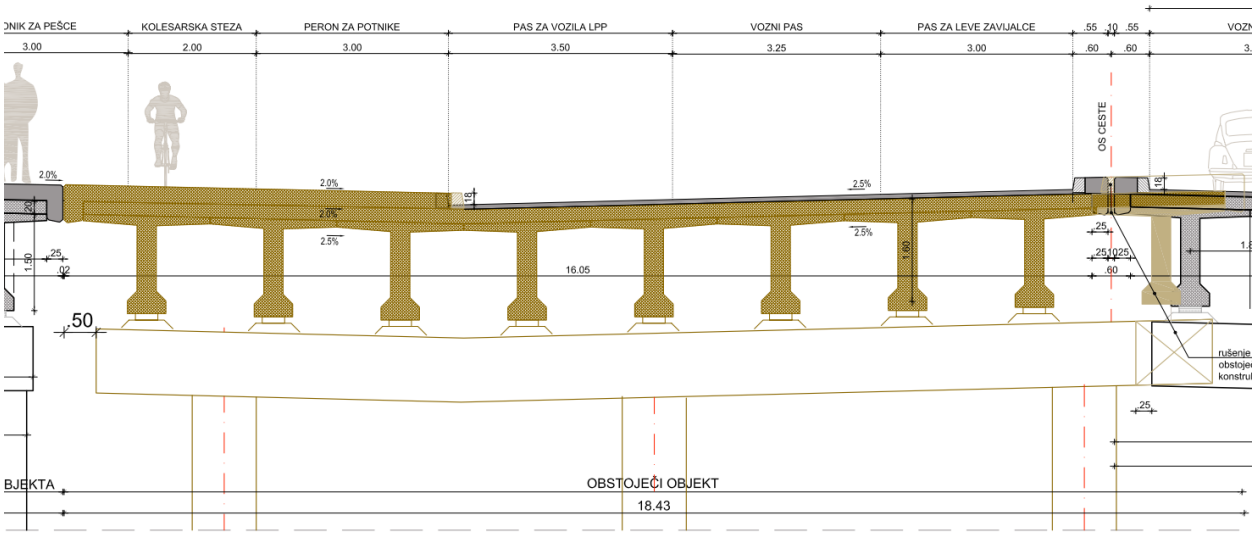
Na več mestih v konstrukciji so vgrajene jeklene cevi za iztekanje pronicujoče vode iz prekladne konstrukcije. Na desni strani objekta je pod hodnikom nameščen cevovod modre barve.



Slika 1-3 Vzdolžni prerez premostitvenega objekta čez Mali Graben na Barjanski cesti v Ljubljani (vir: LUZ, Ljubljanski urbanistični zavod d.d.).



Slika 1-4 Tloris premostitvenega objekta čez Mali Graben na Barjanski cesti v Ljubljani (vir: LUZ, Ljubljanski urbanistični zavod d.d.).



Slika 1-5 Prečni prerez premostitvenega objekta čez Mali Graben na Barjanski cesti v Ljubljani (vir: LUZ, Ljubljanski urbanistični zavod d.d.).

1.4 Oznake posameznih konstrukcijskih elementov

Za lažjo predstavo in identifikacijo lokacij poškodb in preiskav smo posamezne konstrukcijske elemente objekta ustrezno označili z oznakami, ki jih konsistentno uporabljamo v tem elaboratu. Poimenovanje levo in desno se nanaša glede na smer naraščanja stacionaže cestnega odseka hitre ceste. V poročilu za podrobnejši opis lokacij uporabljamo tudi smeri neba (sever, jug, vzhod, zahod) in orientacijo glede na smer vodotoka (gorvodno, dolvodno, levobrežno in desnobrežno). Sledeče oznake so prav tako uporabljene v poimenovanju lokacij v tabelaričnem in grafičnem delu katastra poškodb v prilogi 1:

ABPL	Armiranobetonska plošča prekladne konstrukcije v celotnem območju premostitvenega objekta. Lahko je dodatno definirana glede mesta na objektu. Pozicija v plošči je lahko definirana glede na polje prekladne konstrukcije (PL1 do PL3) in lokacijo med posameznimi vzdolžnimi nosilci.
BREZ1 in BREZ2	Brežina BREZ1 je levobrežna brežina z manjšo stacionažo in brežina BREZ2 je desnobrežna brežina z večjo stacionažo.
CES	Cestišče premostitvenega objekta z voziščem in hodnikoma (Barjanska cesta).
DIL1 in DIL2	Dilatacija DIL1 nad podpornikom PO1 in dilatacija DIL2 nad podpornikom PO4.
HOD1 in HOD2	Hodnika za pešce in kolesarsko stezo. Hodnik HOD1 je levi hodnik za pešce in hodnik HOD2 je desni hodnik za pešce s kolesarsko stezo.
KZ1 do KZ4	Krilni zidovi KZ1 do KZ4 so locirani ob krajnih podporah. Krilni zid KZ1 je lociran ob podporniku PO1 levo in krilni zid KZ2 desno. Krilni zid KZ3 je lociran ob podporniku PO4 levo in krilni zid KZ4 desno.
OGR	Jeklene mostne ograje v celotnem območju premostitvenega objekta.
OPR	Oprema premostitvenega objekta (svetila, znaki, cevovodi, vtoki, iztoki, pokrovi jaškov/vtokov, napeljave in druga oprema, ki ni ločeno obravnavana).
PL1 do PL3	Polja prekladne konstrukcije PL1 do PL3. Polje PL1 je levobrežno polje, polje PL2 je osrednje polje in polje PL3 je desnobrežno polje.
PO1 do PO4	Elementi podporne konstrukcije. Podpornik PO1 je levobrežni krajni podpornik in PO4 desnobrežni. Podpornik PO2 je levobrežni vmesni podpornik in PO3 desnobrežni. Stebri vmesnih podpornikov so poimenovani na sledeči način npr.: PO2_3, pri čemer je 2 drugi podpornik (levobrežni vmesni podpornik) in 3 tretji steber podpornika (gorvodni steber).
PR1 do PR6	Prečniki prekladne konstrukcije, s tem da je prečnik PR1 nad podporo PO1 in prečnik PR6 nad podporo PO4.
RV1 in RV2	Robni venec RV1 je levi robni venec in RV2 je desni robni venec.

STR	Struga vodotoka
VN1 do VN9	Vzdolžni nosilci, s tem da je vzdolžni nosilec VN1 skrajni dolvodni in VN9 skrajni gorvodni nosilec.

1.5 Struktura elaborata

Elaborat je vsebinsko smiselno strukturiran v več ločenih poglavij. Prvo poglavje je splošno in navaja predmet naročila, obseg detajlnega pregleda, konstrukcijsko zasnovo objekta, poimenovanje delov konstrukcije in strukturo elaborata. V drugem poglavju podajamo opis posameznih izvedenih preiskav in njihov namen. Tretje poglavje podaja rezultate detajlnega vizualnega pregleda objekta, pri čemer so zaradi preglednosti le-ti ločeni po posameznih glavnih (konstrukcijskih) elementih objekta. V četrtem poglavju podajamo lokacije in rezultate izvedenih terenskih in laboratorijskih preiskav in v petem poglavju zaključke. Sestavni del elaborata sta tudi priloga 1 (kataster poškodb) in priloga 2 (fotodokumentcija).

Rezultati preskušanja se nanašajo izključno na preskusne primerke. Poročilo se sme reproducirati samo v celoti. Rok za reklamacije je 30 dni od izdaje poročila.

2 OPIS POSAMEZNIH PREISKAV

2.1 Detajlni vizualni pregled elementov premostitvenega objekta

2.1.1 Splošno

Pred izvedbo preiskav smo opravili detajlni vizualni pregled objekta. Vizualni pregled s katastrom poškodb smo ločili na pregled spodnjega dela konstrukcije (podporna konstrukcija), pregled prekladne konstrukcije in pregled zgornjega dela konstrukcije (vozišče in oprema objekta, dostopna iz cestišča).
Ob pregledu smo identificirali vse poškodbe konstrukcije in njenih delov, ki bi lahko kakorkoli vplivale na trajnost, stabilnost in/ali nosilnost ter varnost uporabe objekta oziroma njegovih delov ter določili optimalna (reprezentativna) mesta izvedbe posameznih terenskih in laboratorijskih preiskav konstrukcije in vgrajenih materialov. Ob pregledu smo izdelali obsežno fotodokumentacijo ter kataster poškodb na vseh elementih objekta. Glavni del fotodokumentacije je predmet tega elaborata, vso fotodokumetacijo pa hranimo na sedežu podjetja.

2.1.2 Kataster poškodb

Kataster poškodb in fotodokumentacija poškodb sta prikazana v prilogah tega elaborata. V tabelaričnem delu katastra poškodb so vsebovani naslednji podatki o posamezni poškodbi: (1) oznaka poškodbe, (2) lega poškodbe, (3) vrsta poškodbe, (4) intenziteta poškodbe, (5) obseg poškodbe, (6) opis poškodbe in (7) fotografije poškodbe. Vsaka posamezna poškodba ima tako svojo zaporedno oznako s številko, lega poškodbe pa je definirana glede na konstrukcijski element, v katerem se poškodba pojavlja. Poškodbe so urejene po vrstnem redu glede na pojavljanje v posameznem konstrukcijskem elementu. Opis posamezne poškodbe je ključna informacija, v kateri je poleg morebitne dimenzije definirana tudi točnejša lokacija na konstrukcijskem elementu. Vsaka poškodba v preglednici katastra ima v stolpcu izpisane številke fotografij, na katerih se poškodba pojavlja. Izpis fotografij je sestavljen iz štirih številk, ki se pojavljajo v zadnjem delu imena datoteke posamezne slike.
Način vrednotenja poškodb v katastru je izveden v skladu s kategorizacijo posameznih poškodb glede na intenziteto in obseg poškodbe. Za definicijo poškodbe smo uporabili izraze, ki opišejo tip poškodbe glede na njeno prezentacijo v konstrukciji in v neposredni okolici konstrukcije. Intenziteta poškodbe je definirana glede na oceno poškodbe, ki temelji na vizualni oceni oziroma je določena na podlagi preiskave z ročnim orodjem, na primer pretrkavanjem s kladivom. Lestvica intenzitete ima 5 stopenj (1 do 5), s tem da je 1 najmanjša stopnja poškodbe, ki ne pomeni nobene grožnje za konstrukcijo. Poškodba z intenziteto 5 pomeni močno poškodbo na elementu objekta, ki pomembno vpliva na trajnost, nosilnost in/ali stabilnost konstrukcijskega oziroma posameznega nekonstrukcijskega elementa. Obseg poškodb ima podobno kot intenziteta 5 stopenj, s katerimi opišemo velikostni razred posamezne poškodbe. Velikostni razred

posamezne poškodbe je odvisen od tipa poškodbe in je lahko izražen v različnih enotah (m, m^2,…) ter dodatno pojasnjen v opisu poškodbe.

2.2 Odvzem vzorcev betona

Iz posameznih konstrukcijskih elementov smo odvzeli valjaste vzorce betona skladno s standardom SIST EN 12504-1, ki smo jih uporabili za oceno splošne kvalitete vgrajenega betona, oceno premera morebitne vgrajene armature, oceno debeline zaščitnega sloja betona ob prisotni armaturi, preiskavo prostorninske mase betona in preiskavo tlačne trdnosti betona. Na vseh preiskanih mestih je dolžina posameznega vzorca znašala najmanj 11 cm, premer odvzetih vzorcev pa je znašal 98,8 mm. Podrobnejši opis posameznih preiskav je naveden v nadaljevanju.

2.2.1 Porušna preiskava tlačnih trdnosti vgrajenega betona

Porušna preiskava tlačnih trdnosti vgrajenega betona je bila določena na izvrtanih vzorcih valjev skladno s standardom SIST EN 12504-1:2019, točka 9. Za preiskavo je bila uporabljena Stiskalnica Toni Technik model X2031.3000 (3000 kN). Hitrost obremenjevanja je bila 0,6 N/mm^2s. Iz vsakega izvrtanega vzorca smo pridobili do tri preskušance za izvedbo preiskave tlačne trdnosti, s čimer smo kontrolirali homogenost betona na posamezni lokaciji po globini posameznega elementa. Nazivna dolžina in premer vzorcev za izvedbo tlačne trdnosti sta znašali 100 mm. Tlačna trdnost je bila skladno s standardom določena po enačbi $TT=F/A$, pri čemer je F porušna sila, A pa površina vzorca, na katero nalega obtežba. Tlačna trdnost TT pomeni dejansko tlačno trdnost betona. Kot rezultat navajamo porušno napetost oziroma dejansko tlačno trdnost betona.

2.2.2 Določitev prostorninske mase vgrajenega betona

Pred pripravo vzorcev in izvedbo preiskave tlačne trdnosti smo izvedli preiskavo določitve prostorninske mase betona skladno s standardom SIST EN 12390-7:2019 na vzorcih, ki so bili kasneje uporabljeni za določitev tlačne trdnosti betona.

2.3 Neporušna sklerometrična preiskava tlačne trdnosti in homogenosti betona, ugotovitev delaminacij z metodo potrkavanja

Na več mestih je bila tlačna trdnost in homogenost vgrajenega betona določena neporušno z metodo sklerometričnega indeksa po standardu SIST EN 12504-2:2002. Omenjena preiskava je bila izvedena na

reprezentativnih mestih, s ciljem zajeti kar se da reprezentativno površino posameznega konstrukcijskega elementa.

Pri tej metodi merimo odboj posebnega kladivca od betonske površine in na osnovi statistične analize dobljenih rezultatov odboja ter ustreznih korelacijskih krivulj. Za izvedbo preiskave je bil uporabljen sklerometer Proceq SILVERSCHMIDT. Na vsakem mestu smo izvedli več serij udarcev. V vsaki seriji je deset udarcev. Rezultati so vrednoteni po posameznih mestih preiskave in nato združeni v oceno tlačne trdnosti vgrajenega betona posameznega konstrukcijskega elementa.

Lokacije izvedbe sklerometrične preiskave tlačne trdnosti vgrajenega betona so navedene v poglavju 4. Pri izbiri lokacij za izvedbo te preiskave smo posebno pozornost posvetili določitvi vpliva poškodovanih/zamočenih in intaktnih delov posameznega betonskega elementa na kvaliteto betona.

Dodatno smo homogenost oziroma prisotnost delaminacij v betonu določali tudi s klasično metodo potrkavanja.

2.4 Preiskava vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu ter stopnje karbonizacije betona

Vsebnost kloridov v betonu ter stopnja karbonizacije betona (vrednost pH betona) sta ključna parametra, ki vplivata na pojav korozije armature v betonu in s tem ena izmed ključnih kazalcev predvsem trajnosti in obstojnosti armirano betonskih konstrukcij.

Skladno s standardom SIST EN 206:2013+A1:2016, točka 5.2.8 velja, da znaša največja dovoljena vsebnost kloridov v betonu na maso cementa 0,40% v primeru elementov z mehko armaturo oziroma 0,20% v primeru prednapetih betonskih elementov.

Za kritično vrednost pH, pri kateri beton ne nudi več alkalnega okolja armaturi oziroma jo posledično ne ščiti pred korozijo v splošnem velja vrednost, nižja od 9-10.

Previsoka vsebnost sulfatov v betonu lahko povzroči pojav sulfatne korozije betona oziroma vsesplošnega poslabšanja kvalitete betona, ki se največkrat kaže v pojavu manjših razpok ter izgube mehanskih karakteristik betona. Ocenjuje se, da dopustna vsebnost sulfatov v betonu znaša med 3-4 %.

Omenjene preiskave smo določali na vzorcih betona v obliki prahu, ki smo jih v posebnih raztopinah ustrezno obdelali in skladno z veljavnimi standardi določili vsebnost kloridov in sulfatov ter vrednost pH.

2.5 Kontrola mehke armature

Dejansko razporeditev vgrajene armature in njeno globino smo določili z inštrumentom HILTI Ferroscan PS 250, pri čemer smo uporabili metodo hitrega in detajlnega skeniranja. Metoda hitrega skeniranja omogoča skeniranje armature do globine 10 cm, kar je tudi višina slike pri tem načinu skeniranja. S tem postopkom določimo razpored armature in debelino zaščitnega sloja betona.

Debelina zaščitnega sloja betona nad armaturo oziroma globina armature je določena s statistično analizo vseh meritev na posameznem mestu, ki je rezultat pripadajočega računalniškega orodja. Kot rezultat te preiskave tako dobimo povprečno, minimalno in maksimalno vrednost ter standardni odklon debeline zaščitnega sloja betona nad armaturo.

Metoda detajlnega skeniranja nam omogoča skeniranje armature do globine 15 cm, rezultate pa lahko pregledujemo v dvo- in tri-dimenzionalni obliki . S postopkom hitrega skeniranja lahko določimo razpored armature, debelino zaščitnega sloja betona in premer vgrajene armature. Premere smo določili na podlagi statistične obdelave podatkov pridobljenih s tem tipom preiskave.

2.6 Preiskava odtržne trdnosti betona

Preiskava odtržne trdnosti betona je bila izvedena na vseh izvrtanih valjih ta preizkus tlačne trdnosti betona v skladu s standardom SIST EN 1542:2000, lokacije in rezultati preiskave pa so prikazani v poglavju 4. Uporabljeni so bili aluminijasti čepi s premerom 50 mm. Preiskave so bile izvedene z napravo BOND-TEST proizvajalca Germann instruments. Za lepljenje čepov je bilo uporabljeno sredstvo Sika SikaDur31.

3 UGOTOVITVE DETAJLNEGA PREGLEDA

3.1 Splošno

V sklopu detajlnega pregleda objekta je bil izdelan kataster vseh pomembnih poškodb na objektu, ki je prikazan v prilogi 1 tega elaborata. V nadaljevanju je podana analiza katastra poškodb (Preglednica 3-1) ter so opisane in prikazane tipične poškodbe posameznih elementov objekta. Zaradi preglednosti so poškodbe v nadaljevanju ločene po posameznih sklopih konstrukcijskih elementov objekta.

Iz priloge je razvidno, da je bilo na objektu identificiranih 89 poškodb. Največ poškodb (10) je bilo identificiranih na armiranobetonski plošči ABPL in podporniku PO1. Na prečniku PR1 se pojavlja 9 poškodb. Na cestišču CES in vzdolžnem nosilcu VN1 se pojavlja po 6 poškodb. Na podporniku PO3 se pojavljajo 4 poškodbe. Na brežini BREZ1, hodniku HOD2, opremi OPR, prečniku PR6, podporniku PO4, vzdolžnem nosilcu VN2, vzdolžnemu nosilcu VN4 in vzdolžnemu nosilcu VN9 se pojavljajo po 3 poškodbe. Na brežini BREZ2, dilataciji DIL1, dilataciji DIL2, podporniku PO2, robnem vencu RV1, robnem vencu RV2 in v vzdolžnem nosilcu VN7 se pojavljata po 2 poškodbi. Na hodniku HOD1, krilnem zidu KZ3, ograji OGR, strugi vodotoka STR, vzdolžnem nosilcu VN6 in vzdolžnem nosilcu VN9 se pojavlja po 1 poškodba.

Kljub relativno velikemu številu identificiranih poškodb je objekt v splošnem v dokaj dobrem stanju. Na nosilni konstrukciji so namreč večinoma prisotne poškodbe z manjšimi intenzitetami (1 do 3), pri redkih poškodbah nosilne konstrukcije z višjimi intenzitetami (4 in 5) pa gre praviloma za poškodbe z manjšim obsegom. V nadaljevanju poročila je pripravljen opis posameznih delov konstrukcije in pripadajočih pomembnejših (tipičnih) poškodb.

V grafičnem delu priloge 1 so prikazane poškodbe z intenziteto poškodbe 4 oz. 5, medtem ko so v tabelaričnem delu priloge 1 prikazane vse poškodbe različnih intenzitet in obsega.

Preglednica 3-1 Analiza poškodb

KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	ŠT. POŠKODB
ABPL	10
BREZ1	3
BREZ2	2
CES	6
DIL1	2
DIL2	2
HOD1	1
HOD2	3
KZ1	0
KZ2	0
KZ3	0
KZ4	1

KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	ŠT. POŠKODB
OGR	1
OPR	3
PO1	10
PO2	2
PO3	4
PO4	3
PR1	9
PR2	0
PR3	0
PR4	0
PR5	0
PR6	3
RV1	2
RV2	2
STR	1
VN1	6
VN2	3
VN3	0
VN4	3
VN5	0
VN6	1
VN7	2
VN8	1
VN9	3

3.2 Podporna konstrukcija

3.2.1 Krajni podpornik - PO1

Vidni del podpornika je sestavljen iz grede podpornika in stene za ležiščno polico. Na podporniku PO1 se pojavlja močno in obsežno zamakanje preko dilatacije DIL1. Zamakanje je prisotno na steni za ležiščno polico in na zgornji ploskvi grede podpornika, ki formira ležiščno polico. Na več mestih se v steni za ležiščno polico pojavljajo mesta luščenja zaščitnega sloja betona in korozija razgaljene armature. V gredi podpornika je prisotna tudi ena horizontalna razpoka, ki poteka pod vzdolžnimi nosilci VN5, VN6 in VN7. Na podporniku se pojavljajo tudi druge manj pomembne poškodbe.

Slika 3-1 Tipično zamočeno mesto na gredi podpornika PO1 (med nosilcema VN6 in VN7).

Slika 3-2 Horizontalna razpoka v gredi podpornika PO1, ki poteka pod vzdolžnimi nosilci VN5 do VN7.

Slika 3-3 Tipično zamočeno mesto z oluščenim zaščitnim slojem betona in korodirano armaturo na steni za ležiščno polico podpornika PO1 (med nosilcema VN2 in VN3).

Slika 3-4 Kopičenje nesnage na ležiščni polici podpornika PO1.

3.2.2 Vmesni podpornik - PO2

Vmesni podpornik PO2 je sestavljen iz grede in treh stebrov okroglega prereza. Podpornik je poškodovan v območju pod vzdolžnima nosilcema VN6 in VN7. Odvodnjavanje iz prekladne konstrukcije ni ustrezno urejeno, zato iz cevi odvodnjavanja zamaka direktno na gredo podpornika. Posledično se pojavljajo močno premočeni betoni, ki se že luščijo in so površinsko razpokani.

3.2.3 Vmesni podpornik - PO3

Vmesni podpornik PO3 je sestavljen iz grede in treh stebrov okroglega prereza. Podpornik je poškodovan podobno kot podpornik PO2, to je v območju pod vzdolžnima nosilcema VN6 in VN7. Odvodnjavanje iz prekladne konstrukcije ni ustrezno urejeno, zato iz cevi odvodnjavanja zamaka direktno na gredo podpornika. Posledično se pojavljajo močno premočeni betoni, ki se že luščijo in so površinsko razpokani.

Slika 3-5 Zamakanje na gredo podpornika PO3.

Slika 3-6 Razpoke in luščenje zaščitnega sloja betona v zamočenem delu grede podpornika PO3.

3.2.4 Krajni podpornik - PO4

Vidni del podpornika je sestavljen iz grede podpornika in stene za ležiščno polico. Na podporniku PO4 se pojavlja zamakanje preko dilatacije DIL2. Zamakanje je prisotno na steni za ležiščno polico in na zgornji ploskvi grede podpornika, ki formira ležiščno polico. Na nekaj mestih se v steni za ležiščno polico pojavljajo mesta luščenja zaščitnega sloja betona in korozija razgaljene armature. V gredi podpornika je prisotna tudi ena horizontalna razpoka, ki poteka pod vzdolžnimi nosilci VN5, VN6 in VN7.

3.2.5 Krilni zidovi KZ1 do KZ4

Krilni zidovi KZ1 do KZ4 nimajo pomembnih konstrukcijskih poškodb. V krilnem zidu KZ4 se pojavlja preraščenost celotnega zidu z vegetacijo – ovijalkami.

3.3 Prekladna konstrukcija

3.3.1 Armiranobetonska plošča - ABPL

V armiranobetonski plošči ABPL se sicer pojavlja večje število poškodb, pri čemer gre v večji meri za konstrukcijsko manj pomembne poškodbe in poškodbe lokalnega značaja.

Vidno je nekaj mest neintenzivnega zamakanja, manjše število oluščenih mest zaščitnega sloja betona nad korodirano mehko armaturo. Na nekaterih zamočenih mestih so prisotne lasne razpoke različnih smeri. Oluščena mesta imajo manjše površine in so oluščena preko posameznih palic. Luščenje betona je povezano z lokalno premajhnimi debelinami zaščitnega sloja betona, praviloma ta mesta niso zamočena. Na oluščenih mestih je praviloma vidna mehka armatura, ki pa ni pomembneje korodirana.

Slika 3-7 Tipično zamakanje v spodnjem delu plošče ABPL v polju PL2 med nosilcema VN8 in VN9.

Slika 3-8 Tipično mesto oluščenega zaščitnega sloja betona in korozije armature v plošči ABPL v polju PL2.

3.3.2 Vzdolžni nosilci VN1 do VN9

Vzdolžni nosilci VN1 do VN9 so v splošnem manj poškodovani. V vzdolžnih nosilcih se pojavljajo manj intenzivne lokalne poškodbe. Poškodbe ne predstavljajo grožnje za nosilnost in trajnost konstrukcije. Popis vseh poškodb je prikazan v prilogi 1.

Slika 3-9 Tipično mesto razgaljene armature v stojini enega izmed vzdolžnih nosilcev.

Slika 3-10. Tipično mesto razgaljene armature v spodnji pasnici vzdolžnega nosilca VN4 v polju PL2.

3.3.3 Prečniki - PR1 do PR6

Prečniki PR1 do PR6 so locirani med vzdolžnimi nosilci nad podporami in sicer po en prečnik nad krajnima podporama in po dva prečnika nad vsako izmed vmesnih podpor. V prečniku PR1 se pojavlja večje število poškodb, ki so posledica zamakanja preko dilatacije DIL1. V prečniku PR1 se pojavljajo mesta zamakanja in s tem povezano luščenje zaščitnega sloja betona nad korodirano armaturo. V prečniku PR6 se pojavljajo podobne poškodbe, kot v prečniku PR1, le da so te v nekoliko manjšem obsegu. Na prečnikih PR2 do PR5 poškodb nismo zaznali.

Slika 3-11 Tipično mesto zamakanja na prečniku PR1 med nosilci VN1 in VN2. Na tem mestu je prisotno tudi luščenje zaščitnega sloja betona in korozija razgaljene armature.

Slika 3-12. Tipično mesto zamakanje na prečniku PR6 med nosilci VN1 in VN2. Na tem mestu je prisotno tudi luščenje zaščitnega sloja betona in korozija razgaljene armature.

3.4 Krov objekta

3.4.1 Cestišče - CES

Vozišče je asfaltno in je v splošnem manj poškodovano. Prisotno je posedanje vozišča nad prehodnima ploščama ob uvozu na objekt in izvozu iz objekta. V vozišču se pojavljajo razpoke, ki so prisotne predvsem v območju dilatacij DIL1 in DIL2. Vidno je narivanje asfalta ob hodnike.

Slika 3-13 Posedanje asfalta ob izvozu iz objekta in formiranje razpoke vzdolž dilatacije DIL2.

Slika 3-14 Formiranje kolesnic oziroma narivanje asfalta na levem smernem vozišču.

3.4.2 Robna venca - RV1 in RV2

Robna venca RV1 in RV2 sta betonska in nista močneje poškodovana. V obeh se pojavljajo tipične poškodbe betona in armature, značilne za robne vence. To so predvsem zamakanje preko stikov in dilatacij ter (večinoma) lasne prečne razpoke z dokaj nehomogenimi razmaki.

Slika 3-15 Zamakanje preko dilatacije robnega venca RV1 in začetek luščenja zaščitnega sloja betona in korozije armature.

Slika 3-16 Krušenje zgornjega roba robnega venca RV1.

3.4.3 Hodnika za pešce s kolesarsko stezo - HOD1 in HOD2

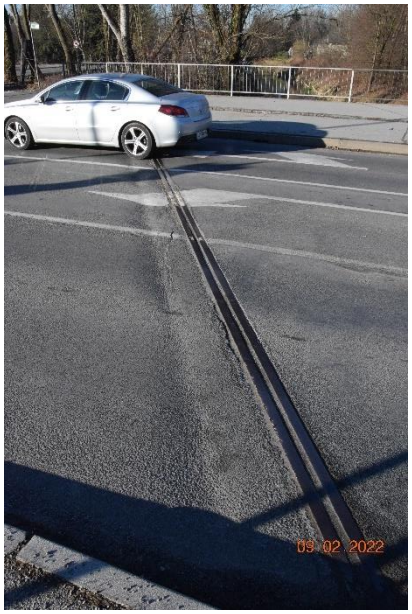
V obeh hodnikih za pešce HOD1 in HOD2 in v kolesarski stezi na desni strani objekta se pojavlja večje število poškodb. Pojavlja se razpokanost asfaltov, ki je še posebej skoncentrirana ob robovih/dilatacijah/robnikih. Levi hodnik HOD1 ima manjše število poškodb manjšega obsega, hodnik HOD2 pa ima večje število obsežnejših poškodb. Pojavlja se tudi premik robnika na stiku kolesarske steze hodnika HOD2 in vozišča v desnem delu objekta.

3.5 Oprema in okolica objekta

3.5.1 Dilataciji - DIL1 in DIL2

V obeh dilatacijah vozišča se pojavlja močna zablatenost in netesnost dilatacij. Jekleni deli dilatacij so korodirani. Dilataciji DIL1 in DIL2 ne omogočata odvajanja vode iz tega dela objekta. V območju obeh dilatacij se pojavlja mrežasta razpokanost asfaltov. Neustrezno vzdrževane dilatacije so pomemben vzrok zamakanja po spodnji konstrukciji in s tem povezanih korozijskih poškodb betona in armature, opisanih v prehodnih poglavjih.

Slika 3-17 Močno zablatena, korodirana in netesna dilatacija DIL1.



Slika 3-18 Mrežasto razpokan asfalt in posedanje asfalta ob zablateni in korodirani dilataciji DIL2.

3.5.2 Ograje - OGR

Objekt je opremljen z vroče pocinkanimi jeklenimi mostnimi ograjami, ki v večjem delu niso poškodovane. Mestoma se pojavlja manj intenzivna korozija jekel oziroma dotrajane plasti cinka, kar je vidno predvsem v spodnjem delu ograje. Na ograji se pojavljata dve močneje korodirani mesti – dva celotna segmenta ograje (v dolžina cca. 2 x 3 m).

3.5.3 Ostala oprema - OPR

Na obravnavanem objektu se pojavlja predvsem naslednja oprema: vtoki, iztoki, cevovodi in prometni znaki ter signalizacija. Iztočne cevi so močno korodirane in jih je potrebno zamenjati. Na nekaj mestih že povzročajo manj intenzivno zamakanje po plošči prekladne konstrukcije. Prav tako so cevi (iztoki pronicujoče vode) speljane neposredno na vmesna podpornika. Korodirana so tudi jekla nosilcev za pritrditev cevovoda na celotnem objektu. Na objektu je vgrajen cevovod, katerega zunanja obloga je na nekaj mestih poškodovana, znotraj zaščite cevi je vidna korozija cevi. Neustrezno nameščeno in vzdrževano odvodnjavanje je ključen vzrok korozijskih poškodb betona in armature spodnjih elementov podporne in prekladne konstrukcije, opisanih v predhodnem poglavju.

Ocenjujemo, da je HI na vozišču v dobrem stanju in ustrezno opravlja svojo funkcijo, saj zamakanja v osrednjem območju spodnje strani prekladne konstrukcije nismo zaznali.

3.6 Okolica objekta

3.6.1 Brežini - BREZ1 in BREZ1

V območju objekta sta prisotni dve brežini vodotoka Mali Graben. BREZ1 je levobrežna brežina in BREZ2 je desnobrežna. Brežini sta zaščiteni s travnimi betonskimi ploščami. Na več mestih so travne plošče premaknjene, posedene oziroma manjkajo. Tudi na mestih, kjer ni vgrajenih travnih plošč, je prisotno posedanje. Na obeh brežinah je bila akumulirana večja količina odpadkov in nečistoč. Prav tako se na brežini BREZ1 v območju objekta razrašča vegetacija.

3.6.2 Struga vodotoka – STR

Struga vodotoka v območju objekta je imela v preteklosti vgrajene večje kamne – skalomet, ki pa je predvsem v desnobrežnem delu struge močno dotrajan. Večina skal je odplavljenih oz. premaknjenih.

4 REZULTATI TERENSKIH IN LABORATORIJSKIH PREISKAV

4.1 Odvzem valjastih vzorcev betona, preiskava homogenosti, tlačne trdnosti in prostorninske mase betona

Preglednica 4-1 prikazuje lokacije, Preglednica 4-2 pa rezultate laboratorijskih preiskav betona, izvedenih na odvzetih valjastih vzorcih. Skupaj smo iz objekta odvzeli 3 valjaste vzorce. Valjasti vzorec V1 je bil odvzet iz stojine vzdolžnega nosilca VN1 v polju PL3, vzorec V2 je bil odvzet iz dolvodnega stebra podpornika PO3 in vzorec V3 je bil odvzet iz grede podpornika PO3 v gorvodnem zamočenem delu grede.

V valjastem vzorcu V1 (vzorec je bil odvzet s prevrtanjem stojine vzdolžnega nosilca) je bila evidentirana nekorodirana stremenska rebrasta armatura:

- palica RAϕ12mm z debelino zaščitnega sloja a = 25 mm (leva stran nosilca)
- palica RAϕ12mm z debelino zaščitnega sloja a = 27 mm (desna stran nosilca)

V valjastem vzorcu V2 je bila evidentirana nekorodirana gladka armatura:

- palica GAϕ8mm z debelino zaščitnega sloja a = 62 mm
- palica GAϕ25mm z debelino zaščitnega sloja a = 70 mm

Iz vzorca V1 smo pridobili en preizkušanec in iz vzorcev V2 in V3 po tri preizkušance. Iz rezultatov izvedenih laboratorijskih preiskav na odvzetih vzorcih je razvidno, da tlačna trdnost betona preizkušanca V1/1 znaša 88,3 MPa, povprečna tlačna trdnost betona vseh preizkušancev iz vzorca V2 znaša 78,1 MPa in povprečna tlačna trdnost betona vseh preizkušancev iz vzorca V3 znaša 72,9 MPa. Prostorninska masa preizkušanca V1/1 znaša 2397 kg/m^3, povprečna prostorninska masa preizkušancev iz vzorca V2 znaša 2517 kg/m^3 in povprečna prostorninska masa preizkušancev iz vzorca V3 znaša 2369 kg/m^3.

V vseh vzorcih V1 do V3 je beton vizualno dobre kvalitete in homogen, sprijemnost agregata s cementno matrico je dobra. V notranjosti betona pri teh vzorcih ni vidnih konstrukcijskih anomalij in drugih morebitnih poškodb. Tlačna trdnost betonov, določena na vseh sedmih preizkušancih je visoka in znaša v povprečju 77,3 MPa, z najnižjo in najvišjo ugotovljeno trdnostjo 65,6 MPa in 88,3 MPa. Tlačne trdnosti betonov so precej homogene. Standardna deviacija ugotovljenih tlačnih trdnosti znaša 8,3 MPa. Prostorninske mase betona so prav tako visoke, kar še dodatno potrjuje kakovost vgrajenih betonov. Povprečna prostorninska masa preizkušancev znaša 2436 kg/m^3.

Preglednica 4-1 Lokacije odvzema valjastih vzorcev betona.

Oznaka preiskave	Lokacija preiskave, slika lokacije, slika vzorca
V1	***Vzdolžni nosilec VN1 v polju PL3, stojina nosilca v sredini prereza***
V2	***Levi (dolvodni) steber podpornika PO3***
V3	***Greda podpornika PO3, močno zamočeno mesto***

Preglednica 4-2 Rezultati laboratorijskih preiskav tlačne trdnosti betona, prostorninske mase betona na odvzetih valjastih vzorcih.

Oznaka vzorca	Tlačna trdnost (MPa)	Prostorninska masa (kg/m^3)
V1/1	88,3	2397
V2/1	87,8	2730*
V2/2	67,9	2410
V2/3	78,5	2410
V3/1	79,6	2370
V3/2	65,6	2379
V3/3	73,5	2357

**preizkušanec je vseboval več palic armature*

4.2 Neporušna sklerometrična preiskava tlačne trdnosti betona

Preglednica 4-3 prikazuje lokacije in rezultate neporušne sklerometrične preiskave tlačne trdnosti (TT) in korigirane tlačne trdnosti (TT KOR) vgrajenega betona na posameznih konstrukcijskih elementih. Korigirana tlačna trdnost je določena z umerjanjem rezultatov sklerometrične preiskave z rezultati tlačnih trdnosti ugotovljenih s porušno metodo na valjih.

Preglednica 4-4 prikazuje statistično analizo vrednosti te preiskave za posamezne konstrukcijske elemente objekta. Lokacije izvedbe preiskav smo izbrali smiselno, s ciljem zajeti, kar se da reprezentativne lokacije iz vidika različnih konstrukcijskih elementov in različne izpostavljenosti okoliškim in drugim potencialno agresivnim vplivom. V nadaljevanju podajamo statistično analizo ocenjene tlačne trdnosti posameznih konstrukcijskih elementov.

Razvidno je, da so tlačne trdnosti (vse vrednosti se nanašajo na korigirane tlačne trdnosti TT KOR) betona na celotni konstrukciji precej homogene. Za vse kontrolirane elemente konstrukcije skupaj v povprečju znašajo 81,9 MPa s povprečnim standardnim odklonom posameznih meritev 9,1 MPa. Standardni odklon vseh meritev tlačne trdnosti TT KOR je izredno majhen in znaša 3,70 MPa. Maksimalna tlačna trdnost, določena s sklerometrično metodo znaša 88,8 MPa in najnižja 75,0 MPa. Povprečne tlačne trdnosti pri vseh elementih presegajo vrednost 77,0 MPa, ki je določena na krajnih podpornikih PO1 in PO4. Povprečne tlačne trdnosti v primeru vzdolžnih nosilcev VN1 in VN9 znašajo 83,2 MPa, stebrov vmesnih podpor PO2 in PO3 82,7 MPa, gred vmesnih podpor PO2 in PO3 82,7 MPa, armiranobetonske plošče ABPL 84,2 MPa, in v primeru krajnih podpornikov PO1 in PO4 77,0 MPa.

Preglednica 4-3 Lokacije in rezultati neporušne sklerometrične preiskave tlačne trdnosti vgrajenega betona na posameznih konstrukcijskih elementih.

Preiskava	Izmerjena TT [MPa]	Korigirana TT KOR [MPa]	Izmerjena St. dev. [MPa]	Lokacija preiskave
SKL1	81	83,2	6,8	Vzdolžni nosilec VN1 v polju PL3
SKL2	80,5	82,7	12,8	Vzdolžni nosilec VN1 v polju PL3
SKL3	82	84,2	3,5	Dolvodni steber podpornika PO3
SKL4	81,5	83,7	3	Dolvodni steber podpornika PO3
SKL5	77,5	79,6	7,8	Greda podpornika PO3
SKL6	77,5	79,6	20,8	Greda podpornika PO3
SKL7	85	87,3	3,8	Monolitna plošča ABPL v polju PL3
SKL8	83,5	85,8	5,3	Monolitna plošča ABPL v polju PL3
SKL9	75,3	77,3	7,8	Krajni podpornik PO4
SKL10	73	75,0	13	Krajni podpornik PO4
SKL11	81,5	83,7	5	Vzdolžni nosilec VN9 v polju PL2
SKL12	78	80,1	8	Gorvodni steber podpornika PO2
SKL13	86,5	88,8	6,5	Greda podpornika PO2
SKL14	77,5	79,6	5,8	Monolitna plošča ABPL v polju PL1
SKL15	76,5	78,6	27	Krajni podpornik PO1
POVPR:	73,0	75,0	3,0	
MIN:	86,5	88,8	27,0	
MAX:	79,8	81,9	9,1	

Preglednica 4-4 Statistična analiza neporušne sklerometrične preiskave ocene tlačne trdnosti betona po posameznih konstrukcijskih elementih.

Konstrukcijski element	Št. meritev	Povprečna korigirana TT KOR [MPa]	Min korigirana TT KOR [MPa]	Standardni odklon ST DEV [MPa]
Vzdolžni nosilci (VN1 in VN9)	3	83,2	82,7	0,42
Stebri vmesnih podpor (PO2 in PO3)	3	82,7	80,1	1,83
Grede vmesnih podpor (PO2 in PO3)	3	82,7	79,6	4,24
Plošča (ABPL)	3	84,2	79,6	3,56
Kraja podpornika (PO1 in PO4)	3	77,0	75,0	1,49

4.3 Vsebnost kloridov in sulfatov v betonu, stopnja karbonizacije betona

Preglednica 4-5 prikazuje lokacije, Preglednica 4-6 pa rezultate izvedbe preiskav vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu ter stopnje karbonizacije betona. Razvidno je, da je na vseh zamočenih preiskanih mestih K1, K2, K3 in K5 v obeh globinah odvzema (0-3 cm in 3-6 cm) vsebnost kloridov v betonu v vseh vzorcih visoka in znaša od 1,077% do 7,053% kloridov na težo cementa v betonu. V vzorcu K4, ki je bil kontrolni vzorec (odvzet na intaktnem, nezamočenem mestu prednapetega vzdolžnega nosilca) je v obeh globinah odvzema (0-3 cm in 3-6 cm) vsebnost kloridov v dovoljenih mejah (<0,2%).

Pričakovano so torej vsebnosti kloridov v betonu izraziteje povišane na vizualno zamočenih mestih, npr. na gredah vmesnih podpor in vzdolž netesnih dilatacij na krajnih podporah.

Vsebnosti sulfatov so v vseh odvzetih vzorcih v normalnih mejah.

Vrednosti pH betona so v vseh odvzetih vzorcih visoke (pH znaša 10 ali več). Rezultati kažejo na dejstvo, da karbonizacija betona ni prisotna.

Preglednica 4-5 Lokacije izvedbe preiskav vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu ter stopnje karbonizacije betona.

Oznaka preiskave	Opis lokacije	Slika lokacije
K1	Robni venec RV2 nad podporo PO4, zamočeno mesto	
K2	Greda vmesnega podpornika PO3, močno zamočeno mesto	

Oznaka preiskave	Opis lokacije	Slika lokacije
K3	Greda krajnega podpornika PO4, zamočeno mesto	
K4	Vzdolžni nosilec VN2 v polju PL3, intaktno mesto	
K5	Greda vmesnega podpornika PO2, močno zamočeno mesto	

Preglednica 4-6 Rezultati laboratorijske preiskave vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu ter stopnje karbonizacije betona.

Oznaka preiskave	Globina (cm)	Vsebnost kloridov (% na težo cementa)	Vsebnost sulfatov	Vrednost pH
K1	0-3	2,0490	1,0162	11,43
	3-6	1,4220	0,4906	11,44
K2	0-3	4,6020	1,8690	11,53
	3-6	1,5030	1,5966	11,61
K3	0-3	5,8770	0,6676	10,74
	3-6	7,0530	1,4148	11,30

K4	0-3	0,0798	0,9957	11,32
	3-6	0,0744	0,6657	11,60
K5	0-3	3,6540	1,1754	11,54
	3-6	1,0770	2,0033	11,57

4.4 Kontrola mehke armature

Preglednica 4-7 prikazuje lokacije in rezultate hitre neporušne preiskave debeline zaščitnega sloja betona nad armaturo in razporeda armature na posameznih preiskanih mestih. Pomen oznak v preglednici je sledeč:

a_{max} – maksimalna debelina zaščitnega sloja betona nad armaturo na posameznem mestu
a_{min} - minimalna debelina zaščitnega sloja betona nad armaturo na posameznem mestu
a_{povp} - povprečna debelina zaščitnega sloja betona nad armaturo na posameznem mestu
a_{stdev} – standardni odklon debeline zaščitnega sloja betona nad armaturo na posameznem mestu
L – ocenjen razmik med palicami na posameznem mestu
D – dolžina skeniranja na posameznem mestu

Preglednica 4-8 prikazuje lokacije in preiskave detajlne neporušne preiskave debeline zaščitnega sloja betona nad armaturo, premera armature in razporeda armaturnih palic na spodnjih straneh vzdolžnih nosilcev. V preglednici so navedene ocenjene vrednosti premera armature.

V nadaljevanju je prikazana statistična analiza debeline zaščitnega sloja betona za posamezne konstrukcijske elemente. Razvidno je, da so povprečne izmerjene debeline zaščitnega sloja betona, glede na današnje standarde, na več mestih premajhne. Zahteve za debelino zaščitnega sloja betona se nahajajo v standardu SIST EN 1992-1-1: preglednica 4.4N. Poleg meritev debeline zaščitnega sloja so bile na vizualnem delu pregleda evidentirane posamezne korodirane palice, nad katerimi je krovni sloj betona že odpadel. V splošnem ima vgrajena armatura dokaj homogeno zaščitno plast betona. Nekatere armaturne palice so bile odvzete skupaj z valji za preizkus tlačne trdnosti betona in so opisane v poglavju 4.1.

Lokalno se pojavljajo posamezne palice z nekoliko manjšimi debelinami zaščitnega sloja betona, ki so sicer prisotne poredko. Povprečna minimalna debelina zaščitnega sloja betona vseh preiskav znaša $\bar{a}_{min}$ = 25,9 mm, s tem da najmanjša izmerjena debelina zaščitnega sloja pri vseh preiskavah znaša 7 mm, največja minimalna debelina posamezne preiskave pa 52 mm.

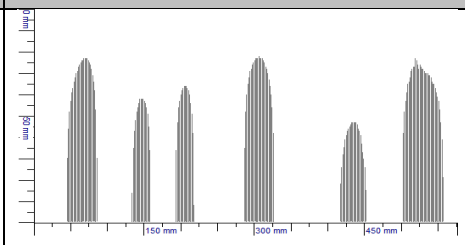
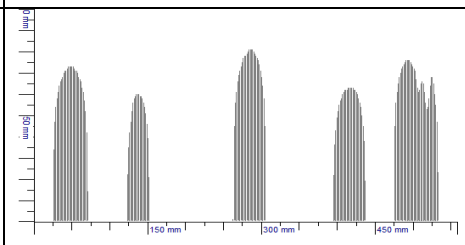
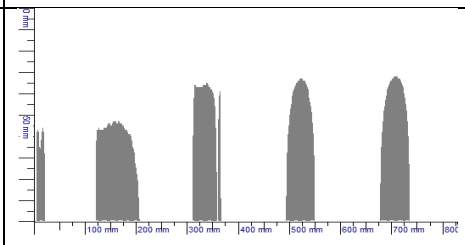
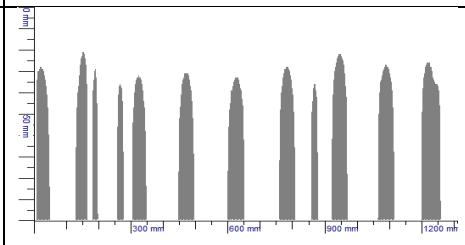
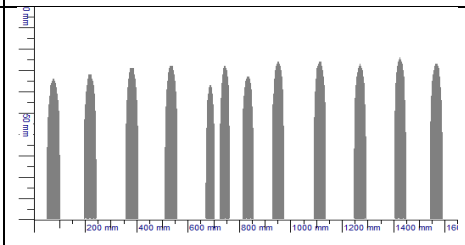
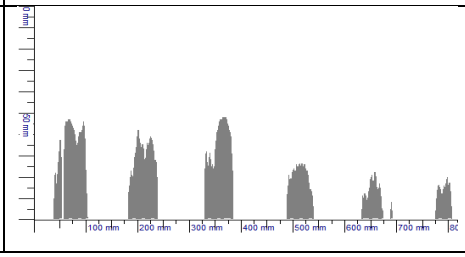
Povprečna debelina zaščitnega sloja povprečja posamezne meritve $\bar{a}_{povp}$ je nekoliko manjša od zahtevane in preko celotnega objekta znaša $\bar{a}_{povp}$ = 36,4 mm, s tem da najmanjša povprečna izmerjena debelina zaščitnega sloja pri vseh preiskavah znaša 24 mm, največja povprečna debelina posamezne preiskave pa 69 mm.

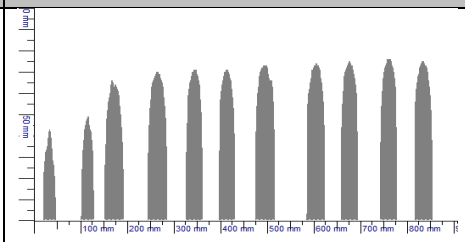
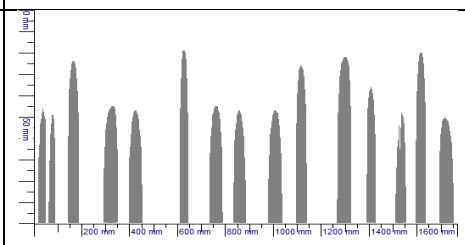
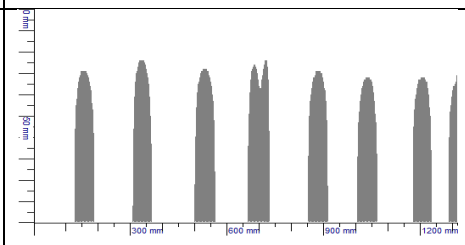
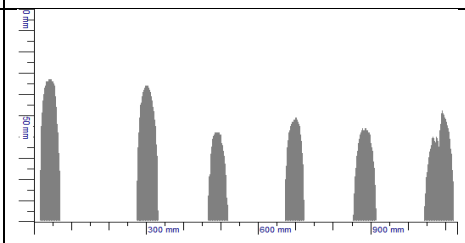
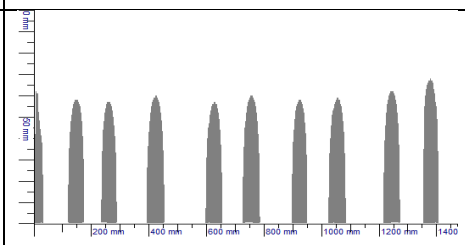
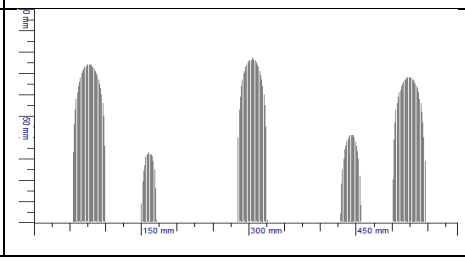
V kontroliranih armiranobetonskih elementih je bila s hitrimi preiskavami/skeni evidentirana sledeča armatura:

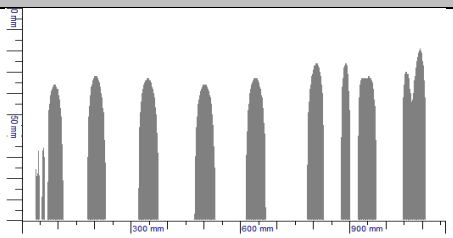
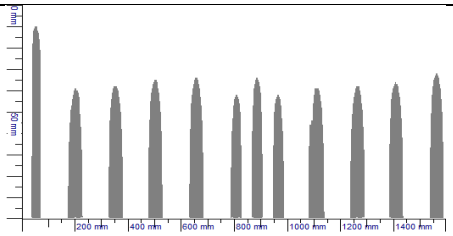
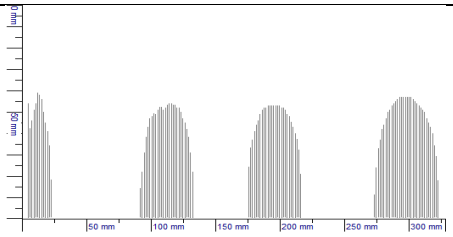
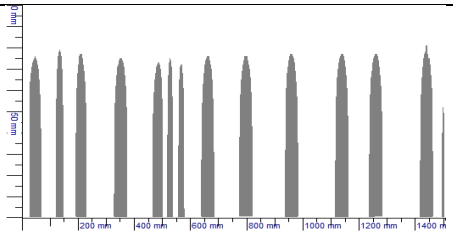
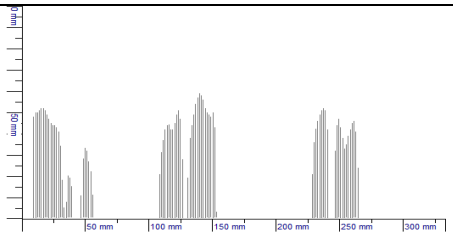
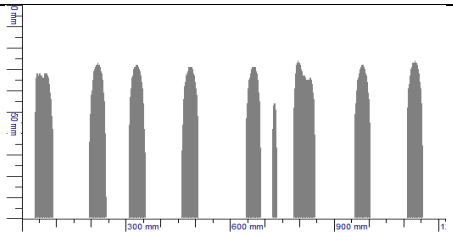
- V vzdolžnem nosilcu VN1 v polju PL3 smo evidentirali sledečo armaturo:
  - v spodnji ploskvi spodnje pasnice 6 vzdolžnih palic (SK1 in SK2)
  - v stojini in poševnini spodnje pasnice smo evidentirali 5 vzdolžnih palic z razmaki cca. 175 mm (SK3)
  - v spodnji pasnici in stojini smo evidentirali strižno armaturo z razmaki 150 mm (SK4 in SK5)
- V osrednjem stebru podpornika PO3 smo evidentirali vzdolžno armaturo z razmaki 150 mm (SK6) in strižno/stremensko armaturo z razmaki cca. 85 mm (SK7).
- V gredi podpornika PO3 je bila v spodnji stranici v polju vgrajena armatura z razmaki 125-150 mm (SK8). V spodnji stranici ob podpori je bila vgrajena strižna armatura z razmaki cca. 160 mm (SK9). V stranski ploskvi grede je bila v polju vgrajena armatura z razmaki cca. 210mm (SK10). V gredi je bila v stranski ploskvi ob podpori vgrajena stremenska armatura z razmaki 150 mm (SK11).
- V vzdolžnem nosilcu VN2 v polju PL3 smo evidentirali sledečo armaturo:
  - v spodnji ploskvi 5 vzdolžnih palic (SK12)
  - v spodnji pasnici in stojini smo evidentirali strižno armaturo z razmaki 150 mm (SK13 in SK14)
- V armiranobetonski ploskvi smo med nosilci VN2 in VN4 evidentirali armaturo, ki poteka vzdolž objekta z razmaki 100 mm (SK15 in SK17). V armiranobetonski ploskvi smo med nosilci VN2 in VN4 evidentirali armaturo, ki poteka prečno na os objekta z razmaki 150 mm (SK16 in SK18).

Z detajlnimi preiskavami/skeni je bila v spodnji coni nosilca evidentirana nosilna armatura. V nadaljevanju prikazujemo rezultate statistične obdelave podatkov, ki so bili pridobljeni z detajlnimi preiskavami armature. Relativno veliki raztrosi zajetih podatkov kažejo na dokaj majhno zanesljivost s statistično metodo pridobljenih rezultatov. Ocenjujemo, da premeri vgrajene vzdolžne armature v spodnji coni znašajo med 14 in 20 mm in premeri strižne armature v spodnji coni med 8 in 12 mm.

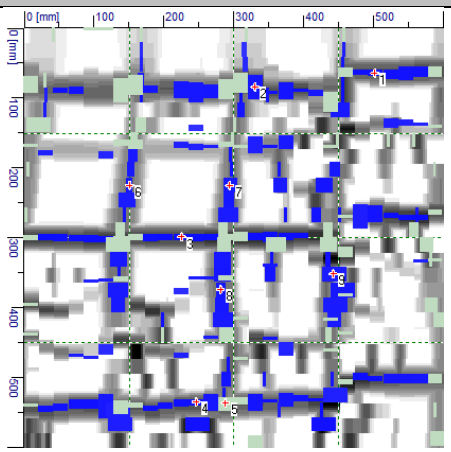
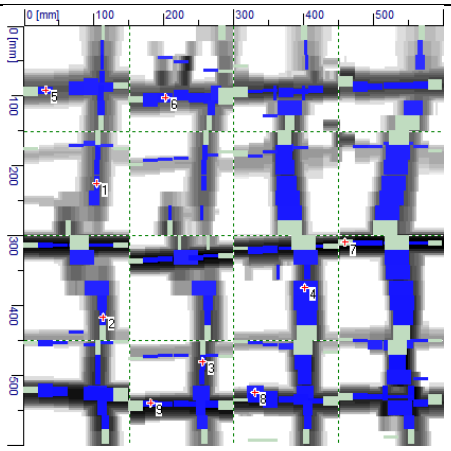
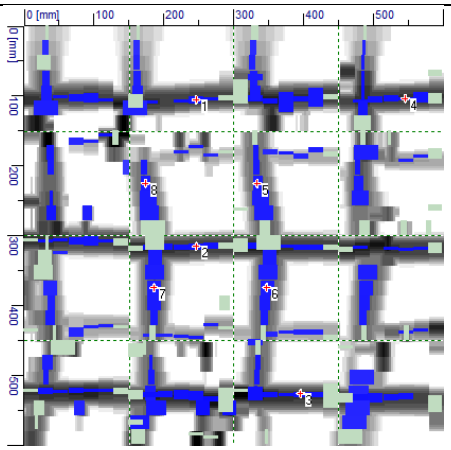
Preglednica 4-7 Lokacije in rezultati neporušne preiskave debeline zaščitnega sloja betona nad armaturo in razporeda armature na posameznih mestih.

Oznaka Preiskave	Lokacija in vrsta armature	Posnetek armature	Rezultati preiskave [mm]
SK1	Vzdolžna armatura v vzdolžnem nosilcu VN1 v polju PL3 spodaj		a_{max} = 53 a_{min} = 22 a_{povp} = 33 a_{stdev} = 13 6 kom D = 576
SK2	Vzdolžna armatura v vzdolžnem nosilcu VN1 v polju PL3 spodaj		a_{max} = 40 a_{min} = 19 a_{povp} = 29 a_{stdev} = 3 6 kom D = 558
SK3	Vzdolžna armatura v vzdolžnem nosilcu VN1 v polju PL3 s strani		a_{max} = 56 a_{min} = 32 a_{povp} = 41 a_{stdev} = 12 L = 175 D = 828
SK4	Strižna armatura v vzdolžnem nosilcu VN1 v polju PL3 spodaj		a_{max} = 31 a_{min} = 18 a_{povp} = 25 a_{stdev} = 4 L = 150 D = 1309
SK5	Strižna armatura v vzdolžnem nosilcu VN1 v polju PL3 s strani		a_{max} = 33 a_{min} = 21 a_{povp} = 25 a_{stdev} = 4 L = 150 D = 1647
SK6	Vzdolžna armatura v osrednjem stebru podpore PO3		a_{max} = 92 a_{min} = 52 a_{povp} = 69 a_{stdev} = 15 L = 150 D = 817

Oznaka Preiskave	Lokacija in vrsta armature	Posnetek armature	Rezultati preiskave [mm]
SK7	Stremenska armatura v osrednjem stebru podpore PO3		a_{max} = 57 a_{min} = 24 a_{povp} = 32 a_{stdev} = 11 L = 85 D = 907
SK8	Greda podpore PO3, vzdolžna armatura v polju spodaj		a_{max} = 50 a_{min} = 19 a_{povp} = 38 a_{stdev} = 12 L = 125-150 D = 1767
SK9	Greda podpore PO3, stremenska armatura ob podpori spodaj		a_{max} = 28 a_{min} = 20 a_{povp} = 24 a_{stdev} = 3 L = 160 D = 1315
SK10	Greda podpore PO3, vzdolžna armatura v polju s strani		a_{max} = 58 a_{min} = 33 a_{povp} = 47 a_{stdev} = 10 L = 210 D = 1131
SK11	Greda podpore PO3, strižna armatura ob podpori s strani		a_{max} = 43 a_{min} = 32 a_{povp} = 39 a_{stdev} = 3 L = 150 D = 1471
SK12	Vzdolžna armatura v vzdolžnem nosilcu VN2 v polju PL3 spodaj		a_{max} = 67 a_{min} = 23 a_{povp} = 41 a_{stdev} = 20 5 kom D = 591

Oznaka Preiskave	Lokacija in vrsta armature	Posnetek armature	Rezultati preiskave [mm]
SK13	Strižna armatura v vzdolžnem nosilcu VN2 v polju PL3 spodaj		a_{max} = 60 a_{min} = 17 a_{povp} = 32 a_{stdev} = 14 L = 150 D = 1162
SK14	Strižna armatura v vzdolžnem nosilcu VN2 v polju PL3 s strani		a_{max} = 37 a_{min} = 7 a_{povp} = 30 a_{stdev} = 8 L = 150 D = 1594
SK15	Spodnja armatura vzdolž objekta v plošči ABPL med nosilcema VN2 in VN3		a_{max} = 47 a_{min} = 41 a_{povp} = 44 a_{stdev} = 3 L = 100 D = 328
SK16	Spodnja armatura prečno na os objekta v plošči ABPL med nosilcema VN2 in VN3		a_{max} = 48 a_{min} = 19 a_{povp} = 25 a_{stdev} = 7 L = 150 D = 1506
SK17	Spodnja armatura vzdolž objekta v plošči ABPL med nosilcema VN3 in VN4		a_{max} = 67 a_{min} = 41 a_{povp} = 51 a_{stdev} = 10 L = 100 D = 333
SK18	Spodnja armatura prečno na os objekta v plošči ABPL med nosilcema VN3 in VN4		a_{max} = 46 a_{min} = 26 a_{povp} = 30 a_{stdev} = 6 L = 150 D = 1219

Preglednica 4-8 Lokacije in rezultati neporušne preiskave debeline zaščitnega sloja betona nad armaturo, premera armature in razporeda armature na posameznih mestih.

Oznaka Preiskave	Lokacija in vrsta armature	Posnetek armature	Rezultati preiskave [mm]
dSK1	Vzdolžna in stremenska armatura v vzdolžnem nosilcu VN1 v polju PL3 spodaj		*Vzdolžna armatura (na skenu levo – desno):* Povprečni premer: 14,7 mm Mediana premera: 10 mm STD.deviacija: 10,29 mm *Stremenska armatura (na skenu gor-dol):* Povprečni premer: 12,88mm Mediana premera: 10 mm STD.deviacija: 7,73 mm
dSK2	Vzdolžna in stremenska armatura v vzdolžnem nosilcu VN2 v polju PL3 spodaj		*Vzdolžna armatura (na skenu levo – desno):* Povprečni premer: 19,10 mm Mediana premera: 20 mm STD.deviacija: 11,8 mm *Stremenska armatura (na skenu gor-dol):* Povprečni premer:9,44 mm Mediana premera: 8,0 mm STD.deviacija: 4,61 mm
dSK3	Vzdolžna in stremenska armatura v vzdolžnem nosilcu VN9 v polju PL1 spodaj		*Vzdolžna armatura (na skenu levo – desno):* Povprečni premer: 16,23 mm Mediana premera: 14 mm STD.deviacija: 9,33 mm *Stremenska armatura (na skenu gor-dol):* Povprečni premer: 9,89 mm Mediana premera: 8 mm STD.deviacija: 6,16 mm

4.5 Odtržna trdnost vgrajenega betona

Preglednica 4-9 prikazuje rezultate preiskave odtržne trdnosti vgrajenega betona. Preiskavi odtržne trdnosti smo posvetili posebno pozornost, saj rezultati te preiskave pomembno določajo možnost izvedbe določenih ukrepov konstrukcijskega ojačanja AB elementov. Posamezne lokacije smo tako izbrali s ciljem zajeti konstrukcijske elemente in betone, na katere bi potencialno lahko namestili lamele oziroma druge ukrepe za povečanje (konstrukcijske) nosilnosti elementa. V vseh preiskavah je prišlo do porušitve po betonu.

Navajamo naslednje bistvene ugotovitve, razvidne iz spodnje preglednice:

- Odtržne trdnosti betona na vseh preiskanih mestih v povprečju znašajo 4,6 MPa z minimalno in maksimalno vrednostjo 4,0 MPa oziroma 5,1 MPa.

Skladno s skupino standardov SIST EN 1504 mora povprečna odtržna trdnost betona za izvedbo konstrukcijskih popravil znašati 1,50 MPa. Glede na to in na podlagi prikazanih rezultatov ocenjujemo, da je namestitev ojačitvenih lamel možna (glej tudi navodila in tehnične liste proizvajalca karbonskih lamel) na vse kontrolirane betonske površine.

Preglednica 4-9 Lokacije in rezultati preiskave odtržne trdnosti.

Oznaka preiskave	Sila [kN]	Napetost (MPa)	Tip porušitve	Globina porušitve [mm]	Datum preiskave	Lokacija	Veljavna meritev
P1	7,9	4,0	A	12-15	17.02.2021	Vzorec V1	DA
P2	10,0	5,1	A	9-15		Vzorec V2	DA
P3	8,9	4,5	A	7-14		Vzorec V3	DA
	AVG	4,6					
	MIN	4,0					
	MAX	5,1					

Slika 4-1 Porušeni čepi izvedenih preiskav odtržne trdnosti.

4.6 Prednapeta armatura

Posebna pozornost pri pregledu celotnega objekta je bila namenjena oceni stanja prednapetih kablov v vzdolžnih nosilcih.

V območju vgradnje prednapete armature smo v prvi fazi evidentirali morebitne poškodbe, ki bi lahko imele vpliv na stanje prednapete kabelske armature ter morebitne poškodbe, ki bi lahko kazale na dotrajanost, preobremenitve ali druge nepravilnosti prednapetih kablov. Na podlagi vizualnega pregleda je bilo ugotovljeno, da v vseh vzdolžnih nosilcih (VN1 do VN9) v vseh poljih (PL1 do PL3) ni poškodb, ki bi nakazovale na možnost poškodb v prednapeti kabelski armaturi. Na nobenem od preiskanih mest delaminacije betona niso bile prisotne, zamakanja in razpok betona v območju prednapetih kablov nismo detektirali.

V drugi fazi smo izvedli detajlnejše neporušne preiskave detektiranja kabelske armature in debeline zaščitnega sloja betona nad armaturo. Na podlagi izvedenega skeniranja armature v spodnji coni prefabriciranih nosilcev (SK1, SK2 in SK12) smo zaznali vgrajeno armaturo (iz preiskave ni razvidno, ali gre za mehko ali prednapeto armaturo) z najmanjšo debelino zaščitnega sloja 19 mm, najmanjšo povprečno debelino armature posamezne preiskave 29 mm in povprečno debelino zaščitnega sloja nad vso kontrolirano vzdolžno armaturo 34 mm.

V tretji fazi preiskav smo na karakterističnem mestu enega izmed nosilcev v območju kabelske armature odvzeli vzorca K4/1 (globina 0-3 cm) in K4/2 (globina 3-6 cm). Na vzorcih smo izvedli preiskave vsebnosti kloridov in stopnje karbonizacije betona. Ti podatki so ključnega pomena za določitev agresivnosti okolja, v katerem je vgrajena prednapeta kabelska armatura in s tem potencialne nevarnosti korozije prednapete kabelske armature. Na podlagi rezultatov teh preiskav smo tako ocenili možnost za korozijo prednapete kabelske armature. Ugotavljamo, da so vsebnosti kloridov v obeh globinah odvzema v vzdolžnem nosilcu VN2 v polju PL3 izrazito nizke in ne presegajo dovoljene vrednosti 0,2%. Na podlagi preiskav pH vrednosti smo ugotovili, da beton nudi vgrajeni armaturi alkalno okolje in s tem nizek korozijski potencial po celotnem profilu zaščitnega sloja betona.

5 ZAKLJUČEK

V nadaljevanju podajamo pomembnejše zaključke in ugotovitve stanja konstrukcije in stanja ter kvalitete vgrajenih osnovnih materialov na premostitvenem objektu »Most čez Mali graben« na Barjanski cesti v Ljubljani (LC, odsek 211044, stacionaža KM 1,480). Na podlagi rezultatov detajlnega pregleda objekta ter izvedenih terenskih in laboratorijskih preiskav ocenjujemo, da je trenutno stanje celotnega objekta relativno dobro. Nosilna konstrukcija sicer izkazuje nekaj poškodb, ki pa so večinoma bodisi majhnega obsega in/ali majhne intenzitete. Izpostavljamo predvsem naslednje poškodbe:

- Na krajnih podporah PO1 in PO4 se pojavlja močno in obsežno zamakanje preko dilatacije. Na obeh ležiščnih policah in v steni za ležiščno polico se pojavljajo mesta luščenja zaščitnega sloja betona in korozija razgaljene armature. V gredi podpornikov je prisotna tudi po ena pomembnejša horizontalna razpoka.
- Vmesna podpornika PO2 in PO3 sta v gorvodni polovici grede močneje zamočena. Posledično se pojavljajo betoni, ki se že luščijo in so površinsko razpokani.
- Krilni zidovi nimajo pomembnih konstrukcijskih poškodb.
- V armiranobetonski plošči ABPL se sicer pojavlja večje število poškodb, pri čemer gre v večji meri za konstrukcijsko manj pomembne poškodbe in poškodbe lokalnega značaja.
- Vzdolžni nosilci VN1 do VN9 so v splošnem manj poškodovani. V vzdolžnih nosilcih se pojavljajo manj intenzivne lokalne poškodbe.
- Na podlagi izvedenega vizualnega pregleda ter rezultatov terenskih in laboratorijskih preiskav, izvedenih v okolici prednapetih kablov ocenjujemo, da prednapeti kabli niso poškodovani.
- V prečniku PR1 se pojavljajo mesta zamakanja in s tem povezano luščenje zaščitnega sloja betona nad korodirano armaturo. V prečniku PR6 se pojavljajo podobne poškodbe, kot v prečniku PR1, le da so te v nekoliko zmanjšanem obsegu. Na prečnikih PR2 do PR5 nismo zaznali poškodb.
- Vozišče je asfaltno in je manj poškodovano. Prisotno je sicer posedanje vozišča nad prehodnima ploščama. V vozišču se pojavljajo razpoke, ki so prisotne predvsem v območju dilatacij ter narivanje asfalta.
- V obeh robnih vencih se pojavljajo podobne poškodbe, kot so zamakanje preko stikov in dilatacij. V obeh robnih vencih se pojavljajo lasne prečne razpoke z dokaj neenakomernimi razmaki.
- V hodnikih HOD1 in HOD2 se pojavlja razpokanost asfaltov, ki je še posebej skoncentrirana ob robovih/dilatacijah/robnikih. Levi hodnik ima v splošnem manjše število poškodb od desnega hodnika.
- V obeh prečnih dilatacijah vozišča se pojavlja močna zablatenost in netesnost dilatacij. Jekleni deli dilatacij so korodirani. Dilataciji DIL1 in DIL2 ne omogočata odvajanja vode iz tega dela objekta.
- Na ograjah za pešce se pojavlja korozija jekel oziroma dotrajane plasti cinka.

- Iztočne cevi odvodnjavanja so močno korodirane in jih je potrebno zamenjati. Odvodnjavanje je eden izmed ključnih vzrokov zamakanja po elementih spodnje konstrukcije in s tem povezanih (korozijskih) poškodb.
- Brežini sta v območju objekta zaščiteni s travnimi betonskimi ploščami, ki so na več mestih premaknjene, posedene oziroma manjkajoče. Tudi na mestih, kjer ni vgrajenih travnih plošč je prisotno posedanje.
- Struga vodotoka je dotrajana, kamni/skale skalometa so premaknjene oz. odplavljene.

V nadaljevanju navajamo pomembnejše rezultate izvedenih terenskih in laboratorijskih preiskav:

- Iz rezultatov izvedenih laboratorijskih preiskav na odvzetih vzorcih je razvidno, da tlačna trdnost betona preizkušanca V1/1 znaša 88,3 MPa, povprečna tlačna trdnost betona vseh preizkušancev iz vzorca V2 znaša 78,1 MPa in povprečna tlačna trdnost betona vseh preizkušancev iz vzorca V3 znaša 72,9 MPa. Povprečna prostorninska masa vseh preizkušancev znaša 2436 kg/m^3.
- Iz rezultatov izvedenih neporušnih terenskih preiskav je razvidno, da so tlačne trdnosti betona na konstrukciji precej homogene. Za vse kontrolirane elemente konstrukcije skupaj v povprečju znašajo 81,9 MPa s povprečnim standardnim odklonom posameznih meritev 9,1 MPa.
- Razvidno je, da je na vseh zamočenih preiskanih mestih K1, K2, K3 in K5 v obeh globinah odvzema (0-3 cm in 3-6 cm) vsebnost kloridov v betonu v vseh vzorcih visoka. V kontrolnem vzorcu na nezamočemen mestu so vsebnosti kloridov v dovoljenih mejah (<0,2%).
- Vsebnosti sulfatov so v vseh odvzetih vzorcih v normalnih mejah.
- Vrednosti pH betona so v vseh odvzetih vzorcih visoke (pH znaša 10 ali več). Rezultati kažejo na dejstvo, da karbonizacija betona ni prisotna.
- Lokalno se pojavljajo posamezne palice z nekoliko manjšimi debelinami zaščitnega sloja betona, ki so sicer prisotne poredko. Povprečna minimalna debelina zaščitnega sloja betona vseh preiskav znaša $\bar{a}_{min}$ = 25,9 mm, s tem da najmanjša izmerjena debelina zaščitnega sloja pri vseh preiskavah znaša 7 mm, največja minimalna debelina posamezne preiskave pa 52 mm. Iz statistično obdelanih rezultatov pridobljenih z detajlnimi preiskavami armature lahko sklepamo o premerih vgrajene vzdolžne armature v spodnji coni, ki znaša med 14 in 20 mm in premeri strižne armature v spodnji coni, ki znaša med 8 in 12 mm.
- Odtržne trdnosti betona na vseh preiskanih mestih v povprečju znašajo 4,6 MPa z minimalno in maksimalno vrednostjo 4,0 MPa oziroma 5,1 MPa.

Elaborat vsebuje skupaj s prilogami 47 strani in CD zgoščenko.

Priloga 1: Kataster poškodb (4 strani),

Priloga 2: Fotodokumentacija (CD - zgoščenka s celotno dokumentacijo).

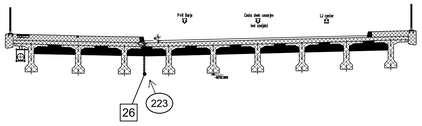
Preiskave izvedi: Nace Remic, univ.dipl.inž.grad.
Žiga Korbar, inž.grad.
Janez Trkov, str.tehn.
Hermina Veber, kem tehn.
Tilen Kavčič

OZNAKA POŠKODBE	LEGA POŠKODBE	VRSTA POŠKODBE	INTENZITETA POŠKODBE	OBSEG POŠKODBE	OPIS POŠKODBE	FOTOGRAFIJE POŠKODBE
1	DIL2	korozija	2	5	Korodirani vidni jekleni deli dilatacije	8151-8153, 8157, 8200
2	DIL2	nečistoča	2	5	Zablatena dilatacija	8151-8153, 8157, 8200
3	CES	posedanje	2	3	Posedanje asfaltnega vozišča na izvozu iz objekta nad prehodno ploščo	8153
4	CES	razpoka	2	3	Razpoka v asfaltnem vozišču nad prehodno ploščo podpornika PO4	8153
5	HOD1	razpoka	3	4	Več razpok na asfaltnem hodniku, ki so dodatno skoncentrirane ob robniku	8154, 8158-8159, 8162
6	OGR	korozija	5	2	Na nekaj mestih je prišlo do korozije jeklenih delov ograje za pešce	8155-8156
7	CES	kolesnice	3	3	Na levem smernem vozišču se predvsem v osrednjem delu vozišča pojavljajo kolesnice	8160-8161
8	DIL1	korozija	2	5	Korodirani vidni deli dilatacije	8163-8168
9	DIL1	nečistoča	2	5	Zablatena dilatacija	8163-8168
10	CES	posedanje	1	3	Posedanje asfaltnega vozišča pred uvozom na objekt nad prehodno ploščo	8165-8167
11	CES	razpoka	2	3	razpoka v asfaltnem vozišču nad prehodno ploščo podpornika PO1	8165-8167
12	HOD2	razpoka	4	5	razpoka v asfaltnem hodniku nad prehodno ploščo podpornika PO1	8168
13	CES	posedanje	2	3	Posedanje hodnika pred uvozom na most	8168
14	HOD2	razpoka	3	5	Več razpok na hodniku za pešce in na kolesarski stezi. Razpoke so različnih smeri.	8170-8180, 8183-8186, 8190-8193, 8198-8200
15	HOD2	rega	3	3	Razmikanje granitnega robnika od kolesarske steze in nastanek rege	8181-8182
16	KZ4	vegetacija	2	5	V celoti z ovijalkami preraščen krilni zid	8203
17	OPR	korozija	2	3	Korodirana cev cevovoda gorvodno desnobrežno	8205-8206
18	OPR	korozija	2	3	Krozija obešal cevovoda v gorvodnem delo objekta	8207-8208, 8284-8285
19	BREZ2	nečistoča	3	4	V območju desnobrežne brežine je pod poljem objekta PL3 akumulirana večja količina nečistoče.	8209
20	PO4	zamakanje	2	2	Zamakanje stene za ležiščno polico v območju za nosilcem VN8	8212
21	VN9	korozija	2	1	Korozija razgaljene armature v zgornji pasnici v polju PL3	8213-8214
22	VN9	luščenje	5	1	Luščenje betona nad korodirano armaturo v zgornji pasnici nosilca v polju PL3	8213-8214
23	VN7	korozija	2	1	Korozija razgaljene armature v zgornji pasnici v polju PL3	8217-8218
24	VN7	luščenje	5	1	Luščenje betona nad korodirano armaturo v zgornji pasnici nosilca v polju PL3	8217-8218
25	PO4	zamakanje	3	5	Zamakanje stene za ležiščno polico in ležiščne police v območju med nosilcema VN1 in VN8	8220-8221, 8236-8237, 8242, 8245, 8251-8252, 8257
26	OPR	korozija	5	5	Močno korodirani izlivniki speljani iz plošče ABPL v območju med vzdolžnima nosilcema VN6 in VN7	8223-8226, 8295-8297, 8331, 8332
27	PR6	zamakanje	2	5	Zamakanje v spodnji ploskvi prečnika med vzdolžnimi nosilci VN1 in VN7	8227, 8237, 8253, 8259
28	PO4	razpoka	3	4	Horizontalna razpoka v gredi podpornika pod vzdolžnimi nosilci VN5 do VN7	8228-8229, 8238
29	VN6	korozija	1	1	Korozija razgaljene armature v stojini v polju PL3	8231-8232
30	ABPL	zamakanje	2	2	Zamakanje v spodnjem delu armiranobetonske plošče v polju PL3 v območju med nosilcema VN5 in VN6	8235
31	BREZ2	mankajoče	3	5	Manjkajoče travne plošče v večjem delu brežine	8246, 8263-8265
32	VN2	korozija	2	1	Korozija razgaljenega stremena v polju PL3.	8248
33	VN2	luščenje	5	1	Luščenje betona nad korodirano armaturo v zgornji pasnici nosilca v polju PL3	8248
34	VN2	razpoka	1	3	Lasna vzdolžna razpoka v zgornji pasnici v polju PL3	8249-8250
35	VN1	korozija	1	1	Korozija razgaljenega stremena v polju PL3.	8256
36	VN1	luščenje	5	1	Luščenje betona nad korodirano armaturo v zgornji pasnici nosilca v polju PL3	8256
37	VN1	korozija	1	1	Korozija razgaljenega stremena v polju PL3.	8258
38	VN1	luščenje	5	1	Luščenje betona nad korodirano armaturo v zgornji pasnici nosilca v polju PL3	8258
39	PR6	luščenje	5	2	Luščenje betona nad korodirano armaturo med vzdolžnima nosilcema VN1 in VN2	8259-8261
40	PR6	korozija	3	3	Korozija armature v spodnji ploskvi prečnika med nosilcema VN1 in VN2	8259-8261
41	STR	erozija	3	5	Struga vodotoka je močno poškodovana, skale ureditve so naključno razmetane v strugi	8272-8276
42	PO3	zamakanje	3	3	Zamakanje v spodnji stranici prečne grede podpornika gorvodno	8278, 8279
43	PO3	luščenje	4	3	Luščenje in votlavost v spodnji stranici prečne grede podpornika gorvodno	8278, 8280, 8281
44	PO3	razpoka	3	3	Več vzdolžnih razpok na mestu luščenja v spodnji stranici prečne grede podpornika gorvodno	8281

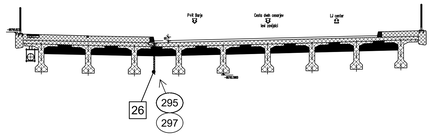
OZNAKA POŠKODBE	LEGA POŠKODBE	VRSTA POŠKODBE	INTENZITETA POŠKODBE	OBSEG POŠKODBE	OPIS POŠKODBE	FOTOGRAFIJE POŠKODBE
45	PO3	zamakanje	5	3	Močno zamakanje na gredo podpornika preko cevi za odvodnjavanje - napačno pozicionirana cev med nosilcema VN6 in VN7	8282-8283
46	ABPL	zamakanje	2	2	Zamakanja v plošči spodaj v polju PL2 med nosilcema VN8 in VN9	8287
47	ABPL	korozija	2	1	Korozija armature v plošči spodaj v polju PL2 med nosilcema VN8 in VN9	8289
48	ABPL	luščenje	5	1	Luščenje betona do armature v plošči spodaj v polju PL2 med nosilcema VN8 in VN9	8289
49	VN9	korozija	1	1	Razgaljena armaturna palica v polju PL2	8290
50	VN8	korozija	1	1	Razgaljena armaturna palica v polju PL2	8292
51	VN1	mehanska poškodba	1	1	Spodnja pasnica v polju PL2	8304-8305
52	RV1	razpoka	2	5	Prečne razpoke v robnem vencu z dokaj nehomogenimi razmaki	8306, 8311
53	RV1	zamakanje	3	3	Zamakanje robnega venca na spodnji strani predvsem na mestih dilatacij robnega venca, pojavlja se tudi luščenje in korozija armature	8307, 8308, 8312
54	RV2	razpoka	2	5	Prečne razpoke v robnem vencu z dokaj nehomogenimi razmaki	8315
55	RV2	zamakanje	3	3	Zamakanje robnega venca na spodnji strani predvsem na mestih dilatacij robnega venca. Pojavlja se manj intenzivno luščenje in korozija razgaljene armature	8313-8214, 8316, 8318, 8382
56	BREZ1	posedanje	3	5	Posedanje travnih plošč pod poljem PL1	8320-8321, 8360-8362
57	PO1	zamakanje	4	5	Zamakanje stene za ležiščno polico in ležiščne police v območju med nosilcema VN1 in VN9	8322, 8328, 8333, 8337, 8341, 8351, 8363
58	PO1	luščenje	5	1	Luščenje zaščitnega sloja betona na omejevalcu pomikov ob nosilcu VN8	8323
59	PO1	korozija	2	1	Korozija armature na omejevalcu pomikov ob nosilcu VN8	8323
60	ABPL	korozija	2	1	Korozija armature v plošči spodaj v polju PL1 med nosilcema VN8 in VN9	8324
61	ABPL	razpoka	2	1	Diagonalna zasigana razpoka v polju PL1 na spodnji strani plošče med nosilcema VN7 in VN8	8327
62	PR1	zamakanje	4	5	Zamakanje na spodnji strani prečnikav polju PL1 med nosilcema VN1 in VN9	8320, 8329, 8334, 8336, 8342, 8365
63	ABPL	razpoka	2	1	Diagonalna zasigana razpoka na spodnji strani plošče v polju PL1 med nosilcema VN5 in VN6	8336
64	ABPL	zamakanje	2	2	Zamakanje na mestu razpoke v polju PL1 na spodnji strani plošče med nosilcema VN5 in VN6	8336
65	PR1	luščenje	5	2	Luščenje zaščitnega sloja betona nad armaturo v spodnji stranici prečnika med nosilcema VN5 in VN6	8337-8338
66	PR1	korozija	3	3	Korozija armature v spodnji stranici prečnika med nosilcema VN5 in VN6	8337-8338
67	PO1	razpoka	3	5	Horizontalna razpoka v gredi podpornika pod vzdolžnimi nosilci VN5 do VN7	8353-8357
68	PR1	luščenje	5	2	Luščenje zaščitnega sloja betona nad armaturo v spodnji stranici prečnika med nosilcema VN4 in VN5	8342-8343
69	PR1	korozija	3	1	Korozija armature v spodnji stranici prečnika med nosilcema VN5 in VN6	8342-8343
70	PO1	luščenje	5	2	Luščenje zaščitnega sloja betona v steni za ležišči med nosilcema VN4 in VN5	8344
71	PO1	korozija	2	3	Korozija armature v steni za ležišči med nosilcema VN4 in VN5	8344
72	ABPL	zamakanje	1	3	Zamakanje v spodnji strani plošče v polju PL1 med nosilcema VN3 in VN4	8346
73	PO1	nečistoča	4	5	Nesnaga akumilurana na podporniku	8341, 8347, 8349
74	BREZ1	nečistoča	3	3	Nesnaga akumilirana na brežini	8347
75	PR1	luščenje	3	2	Luščenje zaščitnega sloja betona nad armaturo v spodnji stranici prečnika med nosilcema VN2 in VN3	8350
76	PR1	korozija	1	3	Korozija armature v spodnji stranici prečnika med nosilcema VN2 in VN3	8350
77	PO1	luščenje	5	2	Luščenje zaščitnega sloja betona v steni za ležišči med nosilcema VN2 in VN3	8349-8352
78	PO1	korozija	3	3	Korozija armature v steni za ležišči med nosilcema VN2 in VN3	8349-8352
79	BREZ1	vegetacija	2	2	Razraščanje vegatacije pod poljem PL1 v gorvodnem delu objekta	8359
80	PO1	luščenje	3	3	Luščenje zaščitnega sloja betona v steni za ležišči med nosilcema VN1 in VN2	8363, 8365
81	PR1	luščenje	5	2	Luščenje zaščitnega sloja betona nad armaturo v spodnji stranici prečnika med nosilcema VN1 in VN2	8364
82	PR1	korozija	2	2	Korozija armature v spodnji stranici prečnika med nosilcema VN1 in VN2	8364
83	VN1	korozija	1	2	Korodirana stremenska armatura v dolvodni stojini vzdolžnega nosilca v polju PL1	8367

OZNAKA POŠKODBE	LEGA POŠKODBE	VRSTA POŠKODBE	INTENZITETA POŠKODBE	OBSEG POŠKODBE	OPIS POŠKODBE	FOTOGRAFIJE POŠKODBE
84	PO2	zamakanje	4	3	Močno zamakanje na gredo podpornika preko cevi za odvodnjavanje - napačno pozicionirana cev med nosilcema VN6 in VN7	8376-8381
85	ABPL	zamakanje	2	2	Zamočeno mesto na spodnji strani plošče v polju PL2 med nosilcema VN5 in VN6	8387
86	VN4	luščenje	5	1	Luščenje zaščitnega sloja nad armaturo v spodnji pasnici v polju PL2	8391-8392
87	VN4	korozija	1	1	Korozija armature na spodnji strani nosilca v polju PL2	8391-8392
88	VN4	luščenje	5	1	Luščenje zaščitnega sloja nad armaturo v stojini v polju PL2	8396
89	PO2	luščenje	3	2	Luščenje betona in formacija razpoke v stranski ploskvi grede podpornika pod nosilcem VN6	8398-8399

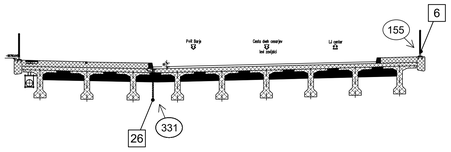
Prerez 3-3 (polje PL3)



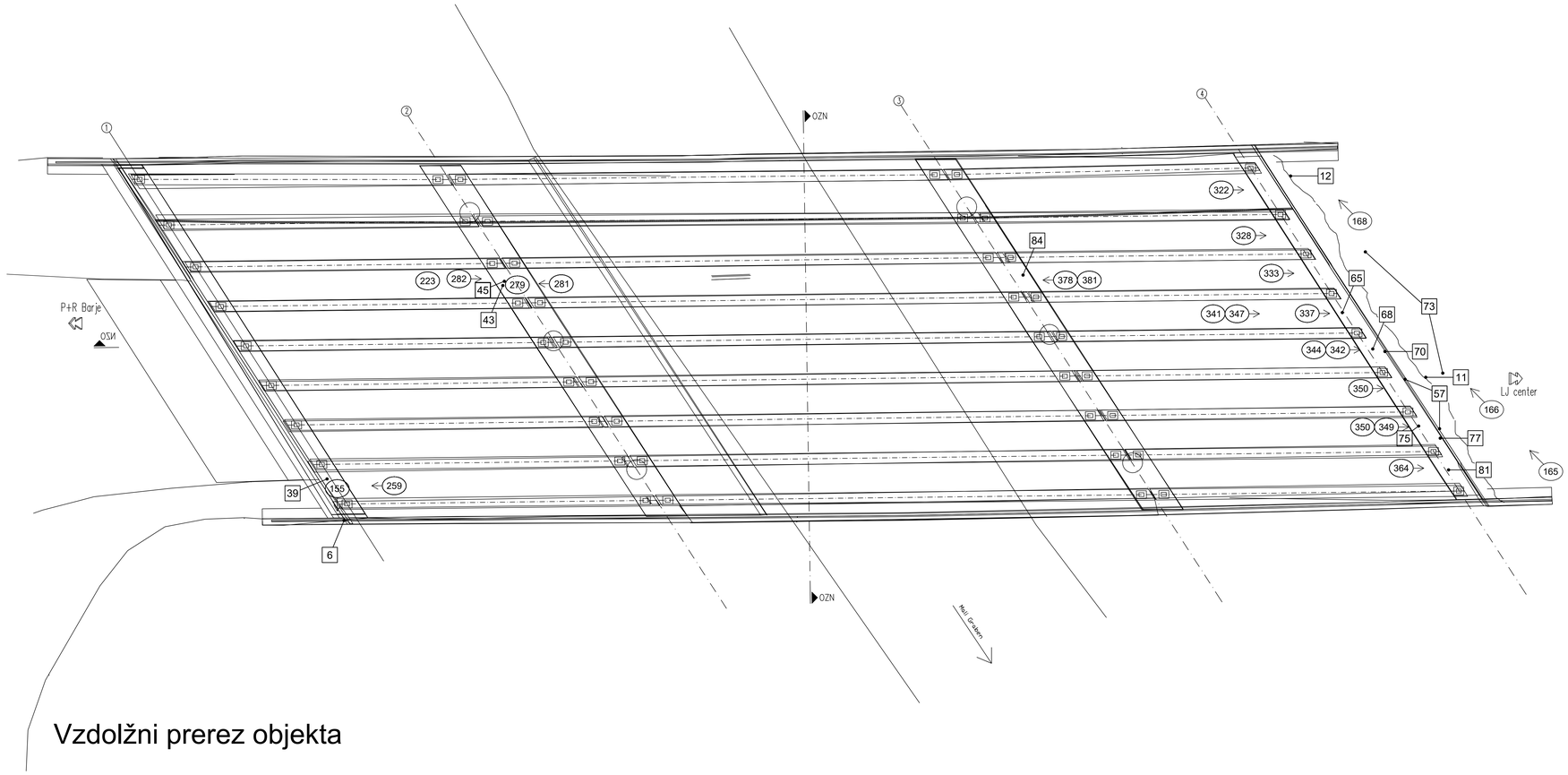
Prerez 2-2 (polje PL2)



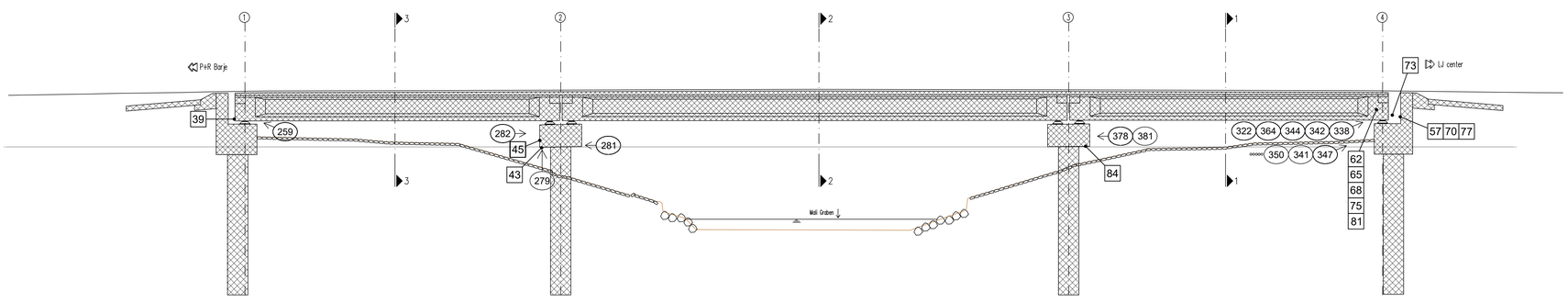
Prerez 1-1 (polje PL1)



Tloris objekta



Vzdolžni prerez objekta



KATASTER POMEMBNEJŠIH POŠKODB - Most čez Mali Graben na Barjanski cesti

Kataster pomembnejših poškodb, Most čez Mali Graben na Barjanski cesti v Ljubljani

Kataster poškodb

Kataster poškodb in fotodokumentacija poškodb sta sestavna dela elaborata Igmat: 67-KON-22. V katastru poškodb so v tabelaričnem delu vsebovani naslednji podatki o posamezni poškodbi: (1) oznaka poškodbe, (2) lega poškodbe, (3) vrsta poškodbe, (4) intenziteta poškodbe, (5) obseg poškodbe, (6) opis poškodbe in (7) fotografije poškodbe. Vsaka posamezna poškodba ima tako svojo zaporedno oznako s številko, lega poškodbe pa je definirana glede na konstrukcijski element, v katerem se poškodba pojavlja. Poškodbe so urejene po vrstnem redu glede na pojavljanje v posameznem konstrukcijskem elementu. Opis posamezne poškodbe je ključna informacija, v kateri je poleg morebitne dimenzije definirana tudi točnejša lokacija na konstrukcijskem elementu. Vsaka poškodba v preglednici katastra ima v stolpcu izpisane številke fotografij, na katerih se poškodba pojavlja. Izpis fotografij je sestavljen iz štirih številk (na risbi iz zadnjih treh številk), ki se pojavljajo v zadnjem delu imena datoteke posamezne slike. Nekatere izmed fotografij so s smerjo zajema fotografije prikazane tudi na tej risbi. Način vrednotenja poškodb v katastru je izveden v skladu s kategorizacijo posameznih poškodb glede na intenziteto in obseg poškodbe. Za definicijo poškodbe smo uporabili izraze, ki opišejo tip poškodbe glede na njeno prezentacijo v konstrukciji in v neposredni okolici konstrukcije. Intenziteta poškodbe je definirana glede na oceno poškodbe, ki temelji na vizualni oceni oziroma je določena na podlagi preiskave z ročnim orodjem, na primer pretrkavanjem s kladivom. Lestvica intenzitete ima 5 stopenj (1 do 5), s tem da je 1 najmanjša stopnja poškodbe, ki ne pomeni nobene grožnje za konstrukcijo. Poškodba z intenziteto 5 pomeni močno poškodbo na elementu objekta, ki pomembno vpliva na trajnost, nosilnost in/ali stabilnost konstrukcijskega oziroma posameznega nekonstrukcijskega elementa. Obseg poškodb ima podobno kot intenziteta 5 stopenj, s katerimi opišemo velikostni razred posamezne poškodbe. Velikostni razred posamezne poškodbe je odvisen od tipa poškodbe in je lahko izražen v različnih enotah (m, m2,…) ter dodatno pojasnjen v opisu poškodbe.

Razvidno je, da je bilo na objektu identificiranih 89 poškodb. Največ poškodb (10) je bilo identificiranih na armiranobetonski plošči ABPL in podporniku PO1. Na prečniku PR1 se pojavlja 9 poškodb. Na cestišču CES in vzdolžnem nosilcu VN1 se pojavlja po 6 poškodb. Na podporniku PO3 se pojavljajo 4 poškodbe. Na brežini BREZ1, hodniku HOD2, opremi OPR, prečniku PR6, podporniku PO4, vzdolžnem nosilcu VN2, vzdolžnemu nosilcu VN4 in vzdolžnemu nosilcu VN9 se pojavljajo po 3 poškodbe. Na brežini BREZ2, dilataciji DIL1, dilataciji DIL2, podporniku PO2, robnem vencu RV1, robnem vencu RV2 in v vzdolžnem nosilcu VN7 se pojavljata po 2 poškodbi. Na hodniku HOD1, krilnem zidu KZ3, ograji OGR, strugi vodotoka STR, vzdolžnem nosilcu VN6 in vzdolžnem nosilcu VN9 se pojavlja po 1 poškodba.

Kljub relativno velikemu številu identificiranih poškodb je objekt v splošnem v dokaj dobrem stanju. Na nosilni konstrukciji so namreč večinoma prisotne poškodbe z manjšimi intenzitetami (1 do 3), pri redkih poškodbah nosilne konstrukcije z višjimi intenzitetami (4 in 5) pa gre praviloma za poškodbe z manjšim obsegom.

Na tej risbi so prikazane poškodbe z intenziteto poškodbe 4 ali 5 in z obsegom poškodbe vsaj 2, medtem ko so v tabelaričnem delu priloge 1 prikazane vse poškodbe različnih intenzitet in obsega.

LEGENDA:

armiranobetonska konstrukcija

mostno ležišče

LEGENDA KATASTRA:

xx — Kataster poškodb - zaporedna številka poškodbe

yyy — Kataster poškodb - številka slike poškodbe

igmat d.d.
inštitut za gradbene materiale

Igmat d.d.
Zadobrovška c. 4
1260 Ljubljana

Risba: Kataster Poškodb - Most čez Mali Graben, Barjanska cesta, Ljubljana
Tloris objekta, Vzdolžni prerez in trije tipični prečni prerezi

Risal: Nace Remic, udig.

Merilo: M1:100

Datum: maj 2022