

Poročilo: 646-KON-25

Datum: 19.1.2026

POROČILO
O DETAJLNEM PREGLEDU PREMOSTITVENEGA OBJEKTA

OBJEKT: viadukta Dolgi most VA0045 in VA0046

NAROČNIK: Gradis, BP Maribor d.o.o., Lavričeva ulica 3, 2000 Maribor

-----x-----

KAZALO VSEBINE

1.0	Uvod.....	8
1.1	Splošno.....	8
1.2	Glavne aktivnosti detajlnega pregleda.....	9
1.3	Kratek opis konstrukcijske zasnove objekta.....	9
1.4	Vsebina elaborata	10
2.0	OPIS IZVEDENIH PREISKAV	11
2.1	Vizualni pregled	11
2.2	Odvzem valjastih vzorcev betona.....	11
2.3	Porušna preiskava tlačnih trdnosti in prostorninske mase vgrajenega betona.....	11
2.4	Neporušna sklerometrična ocena informativne tlačne trdnosti in homogenosti betona	11
2.5	Določitev vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu ter stopnja karbonatizacije	12
2.6	Odtržna trdnost betona	12
2.7	Standardni natezni preizkus osnovnega jeklenega materiala	12
2.8	Meritev velikosti napenjalnih sil v prednapetih kablilih	13
3.0	VIZUALNI PREGLED.....	14
3.1	Splošno.....	14
4.0	LOKACIJE IN REZULTATI PREISKAV	23
4.1	Odvzem valjastih vzorcev betona, preiskava homogenosti, tlačne trdnosti in prostorninske mase betona	23
4.2	Neporušna sklerometrična preiskava tlačne trdnosti betona	25
4.3	Določitev stopnje korozije in stanje armature ter prednapetih kablov	27
4.3.1	Določitev stopnje korozije in stanja armature vmesnih podpor	27
4.3.2	Določitev stopnje korozije in stanja kablov	28
4.4	Vsebnost kloridov in sulfatov v betonu ter karbonatizacija betona.....	42
4.5	Odtržna trdnost betona	47
4.6	Ocena velikosti napenjalnih sil v prednapetih kablilih.....	50
4.7	Natezna trdnost jekla pramen prednapetih kablov	52
5.0	ZAKLJUČEK	53

KAZALO SLIK

Slika 1-1 Pogled na lokacijo premostitvenih objektov VA0045 in VA0046 Dolgi Most na AC A1 v odseku 0016 v stacionaži od cca 0+280 do 0+730 (vir: google.com)	8
Slika 3-1 (DSC_3714) Sledovi zamakanja, vidna korodirana armatura, vidne razpoke, ki nakazujejo na delaminacijo betona, prekladna konstrukcija v polju 1, 5 nosilec	17
Slika 3-2 (DSC_3723) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP3), prekladna konstrukcija v polju 2, 5 nosilec	17
Slika 3-3 (DSC_3724) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in korodirani kabli , na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP3 4 mesta, prekladna konstrukcija v polju 3, 5 nosilec)	18
Slika 3-4 (DSC_3725) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in korodirani kabli , na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP4 4 mesta, prekladna konstrukcija v polju 3, 5 nosilec)	18
Slika 3-5 (DSC_3730) Vidno zamakanje in sledovi korodirane armature, prekladna konstrukcija v polju 2, 1 nosilec	18
Slika 3-6 (DSC_3733) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na stranski ploskvi prečne grede pod 5. nosilcem, vmesna podpora VP3	18
Slika 3-7 (DSC_3734) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP3), prekladna konstrukcija v polju 3, 1 nosilec	18
Slika 3-8 (DSC_3735) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (na sredini razpona, na mestu stika 2 elementov), prekladna konstrukcija v polju 3, 1 nosilec	18
Slika 3-9 (DSC_3739) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na stranski ploskvi stebra in na spodnji strani prečne grede na obeh straneh, vmesna podpora v osi 4	19
Slika 3-10 (DSC_3749) poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, vidni sledovi zamakanja ob podpori VP5, prekladna konstrukcija v polju 5, 5 nosilec	19
Slika 3-11 (DSC_3754) Vidni sledovi zamakanja in sledovi korozije, vidne razpoke, ki nakazujejo delaminacijo betona, prekladna konstrukcija v polju 5, 1 nosilec	19
Slika 3-12 (DSC_3758) poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na stranski ploskvi in spodnji ploskvi prečne grede na obeh straneh, vmesna podpora v osi 6 ..	19
Slika 3-13 (DSC_3762) Večja vertikalna razpoka v stebru podpore v osi 6	20

<i>Slika 3-14 (DSC_3764)</i> Poškodovan zaščitni sloj betona do te mere, da je vidna korodirana armatura, vidni sledovi korozije, prekladna konstrukcija v polju 6, 1. nosilec	20
<i>Slika 3-15 (DSC_3767)</i> Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura ob razširitvi pri podpori VP6, prekladna konstrukcija v polju 6, 5. nosilec	20
<i>Slika 3-16 (DSC_3768)</i> poškodovan zaščitni sloj betona do te mere, da je vidna korodirana armatura, na spodnji ploskvi prečne grede na obeh straneh, vidno zamakanje, vmesna podpora v osi 7	20
<i>Slika 3-17 (DSC_3774)</i> Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in korodirani kabli , na sredini razpona, prekladna konstrukcija v polju 7, 1. nosilec	21
<i>Slika 3-18 (DSC_3773)</i> Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, ob podpori VP8, prekladna konstrukcija v polju 7, 1. nosilec	21
<i>Slika 3-19 (DSC_3778)</i> Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, ob podpori VP7, strižna armatura, prekladna konstrukcija v polju 7, 5. nosilec	21
<i>Slika 3-20 (DSC_3780)</i> Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, ob podpori VP8, prekladna konstrukcija v polju 8, 1. nosilec	21
<i>Slika 3-21 (DSC_3782)</i> Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, ob podpori VP9, prekladna konstrukcija v polju 8, 5. nosilec	21
<i>Slika 3-22 (DSC_3789)</i> Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in korodirani kabli , na sredini razpona, prekladna konstrukcija v polju 9, 5. nosilec	21
<i>Slika 3-23</i> Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in korodirani kabli , na sredini razpona, prekladna konstrukcija v polju 6, 1. nosilec – viadukt VA0046	22
<i>Slika 3-24</i> Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in korodirani kabli , na sredini razpona, prekladna konstrukcija v polju 7, 5. nosilec - viadukt VA0046	22
<i>Slika 4-1</i> Stanje vgrajene armature na izpostavljenih mestih na vmesni podpori v osi 4	27
<i>Slika 4-2</i> Stanje vgrajene armature na izpostavljenih mestih na vmesni podpori v osi 4	27
<i>Slika 4-3</i> Stanje vgrajene armature na izpostavljenih mestih na vmesni podpori v osi 5	27
<i>Slika 4-4</i> Stanje vgrajene armature na izpostavljenih mestih na vmesni podpori v osi 5	27
<i>Slika 4-5</i> Stanje vgrajene armature na izpostavljenih mestih na vmesni podpori v osi 7	28
<i>Slika 4-6</i> Stanje vgrajene armature na izpostavljenih mestih na vmesni podpori v osi 7	28
<i>Slika 4-7</i> Prerez fasadnega nosilca $l=33,4$ m na sredini razpona	29
<i>Slika 4-8</i> Shematski prikaz kablov in shematsko prikazana stopnja poškodovanosti kablov na lokaciji L1	30
<i>Slika 4-9</i> Stanje vgrajene armature in kablov na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 3	30
<i>Slika 4-10</i> Stanje vgrajene armature in kablov na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 3	30

Slika 4-11 Prerez fasadnega nosilca $l=33,4$ m na sredini razpona	31
Slika 4-12 Shematski prikaz kablov in shematsko prikazana stopnja poškodovanosti kablov na lokaciji L2	32
Slika 4-13 Stanje vgrajene armature in kablov na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 3	32
Slika 4-14 Stanje vgrajene armature in kablov na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 3	32
Slika 4-15 Prerez fasadnega nosilca $l=33,4$ m na sredini razpona	33
Slika 4-16 Shematski prikaz kablov in shematsko prikazana stopnja poškodovanosti kablov na lokaciji L3	34
Slika 4-17 Stanje vgrajenih kablov (zunanji št. 1) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 7	34
Slika 4-18 Stanje vgrajenih kablov (notranji št. 5) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 7	34
Slika 4-19 Stanje vgrajenih kablov (kabel št. 2) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 7	35
Slika 4-20 Stanje vgrajenih kablov (kabel št. 3) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 7	35
Slika 4-21 Stanje vgrajenih kablov (kabel št. 4) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 7	35
Slika 4-22 Prerez fasadnega nosilca $l=33,4$ m na sredini razpona	36
Slika 4-23 Prerez fasadnega nosilca $l=33,4$ m na sredini razpona	36
Slika 4-24 Shematski prikaz kablov in shematsko prikazana stopnja poškodovanosti kablov na lokaciji L4	37
Slika 4-25 Stanje vgrajene armature in kablov (zunanji št. 5) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 9	37
Slika 4-26 Stanje vgrajene armature in kablov (zunanji št. 5) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 9	37
Slika 4-27 Prerez fasadnega nosilca $l=38,4$ m na sredini razpona	38
Slika 4-28 Shematski prikaz kablov in shematsko prikazana stopnja poškodovanosti kablov na lokaciji L5	39
Slika 4-29 Stanje vgrajene armature in kablov na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 6	39
Slika 4-30 Stanje vgrajene armature in kablov na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 6	39

Slika 4-31 Prerez fasadnega nosilca $l=38,4$ m na sredini razpona	40
Slika 4-32 Shematski prikaz kablov in shematsko prikazana stopnja poškodovanosti kablov na lokaciji L6	41
Slika 4-33 Stanje vgrajenih kablov (kabel št. 3) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 7	41
Slika 4-34 Stanje vgrajenih kablov (kabel št. 4) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 7	41
Slika 4-35 Stanje vgrajene armature in kablov (zunanji kabel št. 5) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 7	41
Slika 4-36 Lokacije in oznake lokacij izvedbe preiskav vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu na posameznih karakterističnih mestih	43
Slika 4-37 Globina karbonatizacije betona na odvzetih valjih	46
Slika 4-38 Lokacije in oznake lokacij preiskav odtržne trdnosti betona	48
Slika 4-39 Lokaciji meritev, 1. meritev - 5. (notranji) kabel (slika levo) in 2. meritev – 1. (zunanji) kabel (slika desno) na nosilcu N1 v polju 7	51
Slika 4-40 Lokaciji meritev, 3. meritev - 1. kabel (slika levo) na nosilcu N4 v polju 6 in 4. meritev – 1. kabel (slika desno) na nosilcu N2 v polju 4	51
Slika 4-41 Vzorci jeklenih pramen po izvedenem nateznem preizkusu	52

KAZALO PREGLEDNIC

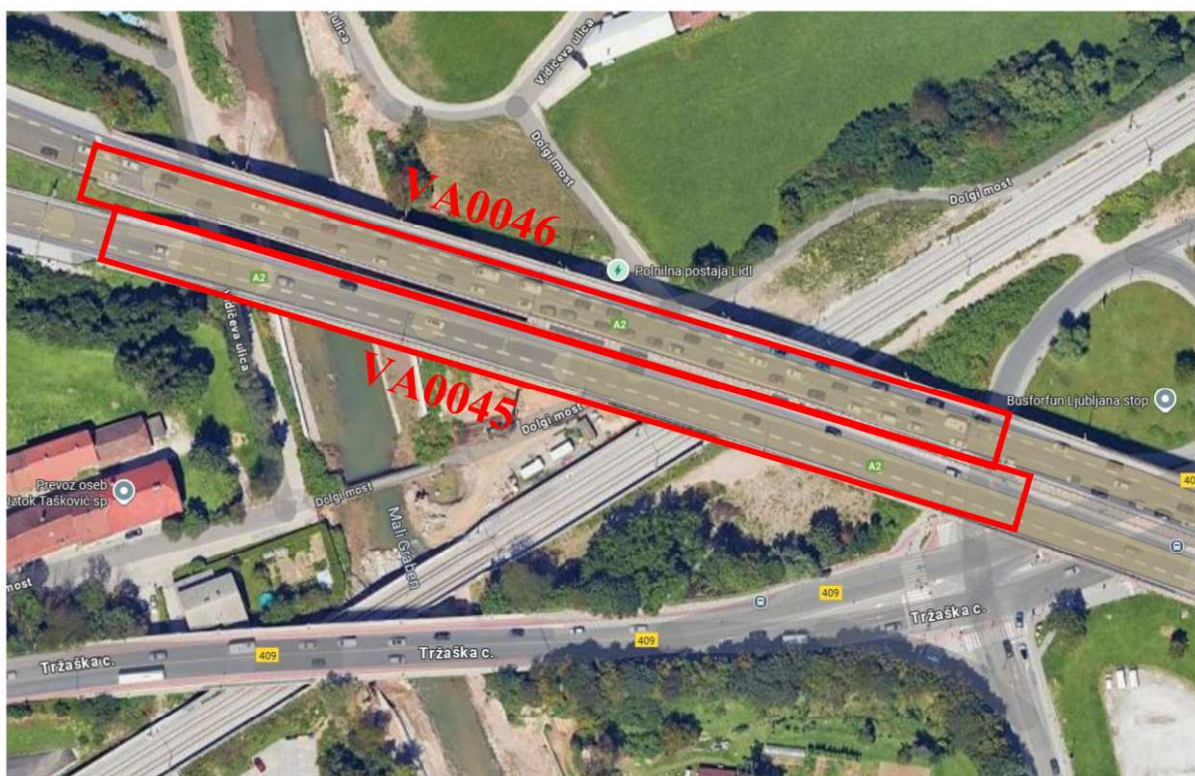
Preglednica 3-1 Opis tipičnih poškodb posameznih elementov objekta	15
Preglednica 4-1 Lokacije odvzema valjastih vzorcev betona.....	23
Preglednica 4-2 Rezultati laboratorijskih preiskav tlačne trdnosti betona, prostorninske mase betona na odvzetih valjastih vzorcih.....	24
Preglednica 4-3 Lokacije in rezultati neporušne sklerometrične preiskave ocene informativne tlačne trdnosti vgrajenega betona na posameznih konstrukcijskih elementih (vrednost Q)	25
Preglednica 4-4 Lokacije in rezultati neporušne sklerometrične preiskave ocene informativne tlačne trdnosti vgrajenega betona na posameznih konstrukcijskih elementih (vrednost R).....	26
Preglednica 4-5 Ocenjen trdnostni razred po posameznih konstrukcijskih elementih	26
Preglednica 4-6 Rezultati preiskav vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu na posameznih karakterističnih mestih – prah iz vrtin.....	44
Preglednica 4-7 Rezultati preiskav vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu na posameznih karakterističnih mestih – prah iz valjev.....	45
Preglednica 4-8 Rezultati preiskave odtržne trdnosti betona	49
Preglednica 4-9 Prikaz rezultatov meritev velikosti napenjalnih sil v prednapetem kablu	51
Preglednica 4-10 Prikaz rezultatov meritev velikosti napenjalnih sil v prednapetem kablu na intaktnih nosilcih	51

1.0Uvod

1.1 Splošno

Skladno z naročilom s strani naročnika GRADIS BP MARIBOR d.o.o., Lavričeva ulica 3, 2000 Maribor (naročilo na naslovnici tega elaborata), smo v mesecu oktobru 2025 izvajali detajlni pregled prednapetih premostitvenih objektov, viadukt VA0045 Dolgi Most, čez Tržaško cesto na avtocesti AC A1, odsek 0616, stacionaža KM 0+295 in viadukt VA0046 Dolgi Most, čez Tržaško cesto na avtocesti AC A1, odsek 0016, stacionaža KM 0+280 z namenom določiti dejansko materialno tehnično stanje viaduktov. Dela smo izvajali skladno s potrjenim predlogom preiskav in ponudbo št. 517-PON-25, datum 17.9.2025.

Slika 1-1 prikazuje pogled na lokacijo objektov VA0045 in VA0046 Dolgi Most iz ortofoto posnetka.



Slika 1-1 Pogled na lokacijo premostitvenih objektov VA0045 in VA0046 Dolgi Most na AC A1 v odseku 0016 v stacionaži od cca 0+280 do 0+730 (vir: google.com)

1.2 Glavne aktivnosti detajlnega pregleda

Skladno s trenutnim stanjem objekta je bilo glede na potrjen predlog potrebno v detajlnem pregledu predmetnega premostitvenega objekta zajeti naslednje aktivnosti:

- odstranitev poškodovanega sloja betona z vodnim curkom ali na drug način, npr. z mehansko odstranitvijo betona in čiščenje armature oz. prednapetih kablov (odstranitev korozijskih produktov),
- določitev stopnje korozije in stanja kablov ter armature,
- določitev vsebnosti kloridov v betonu in pH betona,
- preiskave tlačne trdnosti betona skladno z veljavnimi standardi ter vizualni pregled strukture in kvalitete vgrajenega betona na predhodno odvzetih valjastih vzorcih,
- preiskave tlačne trdnosti betona (nedestruktivne - sklerometer),
- preiskave odtržne trdnosti betona,
- laboratorijska preiskava natezne trdnosti jekla za prednapenjanje na odvzetih vzorcih,
- meritve napenjalne sile v kablu in izvedba sondaž z uporabo sofisticirane merilne opreme (merilni lističi),
- pregled glav kablov na mestih dilatacij,
- izdelava podrobne fotodokumentacije, kataster ključnih poškodb in priprava poročila

1.3 Kratak opis konstrukcijske zasnove objekta

»Viadukt Dolgi most je bil zgrajen leta 1981. Viadukt se nahaja na zahodni obvoznici Ljubljane, na odseku A1/0016 in premošča dvotirno železniško progo Ljubljana - Postojna, regionalno cesto R2 – 409/0358, dostopno cesto na parkirišče Dolgi most, Vidičevo ulico ter rekonstruirani potok Malega Grabna.

Viadukt je izveden z dvema ločenima objektoma, desni (VA0046) je dolžine 344,36 m, levi (VA0045) pa dolžine 319,36 m. Kot križanja z železnico je 49,20°. Viadukt poteka tlorisno v horizontalni krivini z radijem $R = 3000$ m in niveletno v vertikalni zaokrožitvi $R = 7000$. Prečni sklon na vozišču je 2,5 %.

Konstrukcija je zasnovana kot diskontinuirana montažno-monolitna pravokotna konstrukcija z devetini razpetinami:

Desni objekt (VA0046): $34,2 + 40,0 + 35,0 + 40,0 + 40,0 + 40,0 + 40,0 + 40,0 + 34,2$, skupne dolžine 344,36 m.

Levi objekt (VA0045): $34,2 + 40,0 + 35,0 + 35,0 + 35,0 + 35,0 + 35,0 + 35,0 + 34,2$, skupne dolžine 319,36 m.

Prekladna konstrukcija sestoji iz petih montažnih nosilcev povezanih v sistem brane in tvorijo prostoležeča polja. Nosilci so na začetku, na koncu in na sredini povezani s prednapetimi AB prečniki širine 30 cm.

Nosilci so višine 2,0 m, širina spodnje pasnice znaša 0,70 m in zgornje 1,80 m. Poleg prečnikov nosilce v sistem brane povezuje tudi monolitna AB plošča debeline 20 cm med zgornjo pasnico nosilcev.

Vse vmesne podpore tvorijo oktogonalni votli stebri, ki imajo na vrhu prednapete prečne grede, na katere so preko neoprenskih ležišč 300x400x52 mm (razen v oseh z dilatacijami, kjer so ležišče dim. 300x400x55) položeni montažni nosilci. Na opornikih ter v oseh 4 in 7 so vgrajene dilatacije, prvotno vse Maurer D-75. Leta 2002 sta bili na objektu vmesni dilataciji nadomeščeni z asfaltnimi, leta 2008 pa so bile le te zamenjane z glavnkastimi dilatacijami TENSA, proizvajalca Mageba. Vse podpore so temeljene globoko na po treh (vmesne podpore v oseh 2 do 7) oziroma štirih kolih (krajni podpori 1 in 10 ter vmesne podpore v oseh 8 in 9) premera 150 cm, ki so povezani s pilotno gredo.«

1.4 Vsebina elaborata

Elaborat je vsebinsko smiselno strukturiran v več ločenih poglavjih. Prvo poglavje je splošno in navaja predmet naročila, obseg detajlnega pregleda, konstrukcijsko zasnovo objekta 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.

2.0 OPIS IZVEDENIH PREISKAV

2.1 Vizualni pregled

Pred izvedbo preiskav smo opravili vizualni pregled AB elementov s ciljem identifikacije morebitnih poškodb in drugih nepravilnosti, ki bi lahko nakazovale na dotrajanost oziroma preobremenjenost teh elementov. Določili smo optimalna mesta izvedbe preiskav AB elementov. Izdelali smo podrobno fotodokumentacijo, katere glavnino prikazujemo v tem poročilo, v celoti pa jo hranimo na sedežu podjetja.

2.2 Odvzem valjastih vzorcev betona

Iz posameznih konstrukcijskih elementov smo odvzeli valjaste vzorce betona skladno s standardom SIST EN 12504-1, na katerih smo opravili vizualni pregled, določili splošno kvaliteto betona, premer morebitne vgrajene armature, debelino zaščitnega sloja betona ob prisotni armaturi, izvedli preiskavo prostorninske mase betona in preiskavo tlačne trdnosti betona. Premer odvzetih valjastih vzorcev je znašal 99,0 mm. Podrobnejši opis posameznih preiskav je naveden v nadaljevanju tega poglavja.

2.3 Porušna preiskava tlačnih trdnosti in prostorninske mase 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/mm²s. Iz vsakega izvrtanega vzorca smo pridobili do tri preizkušance 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.

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.

2.4 Neporušna sklerometrična ocena informativne tlačne trdnosti in homogenosti betona

Na več mestih je bila ocenjena informativna tlačna trdnost in homogenost vgrajenega betona določena neporušno z metodo sklerometričnega indeksa po standardu SIST EN 12504-2:2021. 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 kladičca od betonske površine. Za

izvedbo preiskave sta bila uporabljena sklerometra Proceq SILVERSCHMIDT in Proceq DIGI-SCHMIDT. Na vsakem mestu smo izvedli več serij udarcev. Rezultati so vrednoteni po posameznih mestih preiskave in nato združeni v oceno informativne tlačne trdnosti vgrajenega betona posameznega konstrukcijskega elementa. Lokacije izvedbe sklerometrične preiskave ocene informativne 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.

2.5 Določitev vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu ter stopnja karbonatizacije

Vsebnost kloridov v betonu ter stopnja karbonatizacije 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+A2:2021, točka 5.2.8 velja, da znaša največja dovoljena vsebnost kloridov v betonu na maso cementa 1,00% v primeru nearmiranih elementov, 0,40% v primeru elementov z mehko armaturo oziroma 0,20% v primeru prednapetih betonskih elementov.

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.

2.6 Odtržna trdnost betona

Preiskava odtržne trdnosti betona je bila izvedena na vseh pomembnih delih armiranobetonske konstrukcije v skladu s standardom SIST EN 1542:2000 (točka 6. in 7.), lokacije in rezultati preiskave pa so prikazani v poglavju 4. Uporabljeni so bili aluminijasti čepi s premerom 50 mm in 100 mm. Preiskave so bile izvedene z napravo BOND-TEST proizvajalca Germann instruments. Za lepljenje čepov je bilo uporabljeno strukturno lepilo Sika SikaDur31.

2.7 Standardni natezni preizkus osnovnega jeklenega materiala

Standardni natezni preizkusi osnovnega jeklenega materiala je bil izveden skladno s standardom SIST EN ISO 6892:2020 - Kovinski materiali - Natezni preskus - 1. del: Metoda preskušanja pri sobni temperaturi (ISO 6892-1:2019). Po odvzemu na objektu je bil vzorec preizkušen na stroju za standardni natezni preizkus ZWICK Z400.

2.8 Meritev velikosti napenjalnih sil v prednapetih kablilih

Na mestu predvidene izvedbe meritve se je izvedlo sondažno odprtino, in sicer tako, da se je odstranilo beton, rebrasto zaščitno cev in injekcijsko maso med snopom žic prednapetja. Na očiščeno površino najbolj dostopne žice se je prilepil uporovni merilni listič. Uporabljeni so bili merilni lističi proizvajalca Hottinger Baldwin Messtechnik z dolžino merilne mrežice 6,0 mm in nazivno upornostjo 120 Ω (tip HBM 1-CLY41-6/120ZE), ki je temperaturno usklajen z jeklom. Meritev specifičnih deformacij se je izvedla s 16 kanalnim merilnim ojačevalnikom proizvajalca Hottinger Baldwin Messtechnik tip Quantum X MX1615B, ki ima še tovarniško kalibracijo. Po zaključku lepljenja se je opazovani pramen pazljivo odrezal s kotno brusilko, tako, da se ni poškodovalo sosednjih pramen. Med rezanjem žice se je kontinuirano izvajala meritev specifičnih deformacij.

Izmerjena vrednost specifične deformacije izmerjene ob sprostitvi žice po absolutni vrednosti ustreza vrednosti specifične deformacije zaradi sile prednapenjanja. Izmerjeno vrednost specifične deformacije smo nato pri analizi merskih rezultatov pomnožili z elastičnim modulom jekla (210 GPa), da smo dobili oceno vrednosti napetosti v kablju, nato pa smo to vrednost pomnožili še s površino celotnega kabla. Dobljena vrednost predstavlja zelo dobro oceno dejanske napenjalne sile v kablju.

3.0 VIZUALNI PREGLED

3.1 Splošno

V nadaljevanju v preglednici 3-1 je podan opis in prikaz tipičnih poškodb posameznih elementov objekta **levega viadukta VA0045**. Zaradi preglednosti so opisi poškodb v nadaljevanju ločeni po posameznih sklopih konstrukcijskih elementov objekta.

Največ pozornosti smo posvetili pregledu poškodb prekladne konstrukcije, kjer so zaradi dogotrajnega zamakanja in neustreznega sistema odvodnjavanja izrazito poškodovani praktično vsi robni nosilci. Značilne poškodbe se kažejo kot luščenje in/ali delaminacija zaščitnega sloja betona, pri čemer je na številnih mestih že vidna korodirana armatura ter, lokalno, tudi kabli prednapetja, ki so poškodovani zaradi korozije. Na krajnih nosilcih, zlasti na delih, kjer prihaja do zadrževanja vlage, so prisotne razpoke, ki kažejo na začetno fazo delaminacije betona. Zamakanje in poškodbe betona so prisotne tudi na zgornjih pasnicah in stojinah robnih nosilcev na zunanji strani.

Na vmesnih podporah so vidne tipične poškodbe, ki se pojavljajo na skoraj vseh podporah. Ugotovljene so poškodbe zaščitnega sloja betona v takšnem obsegu, da je vidna korodirana armatura. Poškodbe se pojavljajo na stranskih ploskvah stebrov ter na spodnjih in stranskih ploskvah prečnih gred. Na stranskih robnih ploskvah so bile v preteklosti izvedle sanacije, pri katerih so bile glave kablov prednapetja ustrezno zaščitene.

Na vmesni podpori VP6 je vidna izrazitejša vertikalna razpoka v stebru podpore.

Na desnem viaduktu VA0046 smo ivedentirali 2 večji poškodbi na lokacijah, kjer smo izvedli preiskave poškodovanosti prednapetih kablov. V 6. polju na nosilcu N1 in v 7. polju na nosilcu N5 so vidne značilne poškodbe luščenja in/ali delaminacije zaščitnega sloja betona, kjer je vidna korodirana armatura in korodirani kabli prednapetja.

Preglednica 3-1 Opis tipičnih poškodb posameznih elementov objekta

Št.	Opis razpok / poškodb	Slike
KRAJNI OPORNIK KO1 (OS 1)		
1	poškodbe zaščitnega sloja betona do te mere, da je vidna korodirana armatura – na nekaj mestih, luščenje betona	3703-3711
PREKLADNA KONSTRUKCIJA V POLJU 1		
1. nosilec		
2	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP2), sledovi zamakanja	3712-3713, 3719-3720
5. nosilec		
3	sledovi zamakanja, vidna korodirana armatura, vidne razpoke, ki nakazujejo na delaminacijo betona	3714-3716
Prekladna plošča med 1. in 2. nosilcem		
4	vidno zamakanje in sledovi korodirane armature	3717-3718
VMESNA PODPORA VP2 (OS 2)		
5	vidni sledovi korozije armature na spodnji strani prečne grede	3721-3722
PREKLADNA KONSTRUKCIJA V POLJU 2		
5. nosilec		
6	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP3)	3723
1. nosilec		
7	vidno zamakanje in sledovi korodirane armature	3730-3731
VMESNA PODPORA VP3 (OS 3)		
8	vidni sledovi korozije armature na spodnji strani prečne grede	3732
9	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na stranski ploskvi prečne grede pod 5. nosilcem	3733
PREKLADNA KONSTRUKCIJA V POLJU 3		
5. nosilec		
10	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in korodirani kabli , na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP3 4 mesta in ob podpori VP4 – 4 mesta)	3724-3729
1. nosilec		
11	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP3)	3734
12	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (na sredini razpona, na mestu stika 2 elementov)	3735-3736
VMESNA PODPORA VP4 (OS 4)		
13	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na stranski ploskvi stebra in na spodnji strani prečne grede na obeh straneh	3737-3739
14	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na stranski ploskvi prečne grede	3740

PREKLADNA KONSTRUKCIJA V POLJU 4		
3. nosilec		
15	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, vidni sledovi korozije	3741
1. nosilec		
16	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP4)	3742
17	vidni sledovi zamakanja in sledovi korozije	3743-3744
VMESSNA PODPORA VP5 (OS 5)		
18	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na stranski ploskvi in spodnji ploskvi prečne grede na obeh straneh	3745-3748
PREKLADNA KONSTRUKCIJA V POLJU 5		
5. nosilec		
19	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, vidni sledovi zamakanja ob podpori VP5	3749-3752
1. – 4. nosilec		
20	vidni sledovi korozije armature ob podpori VP5	3753
1. nosilec		
21	vidni sledovi zamakanja in sledovi korozije, vidne razpoke, ki nakazujejo delaminacijo betona	3754-3757
VMESSNA PODPORA VP6 (OS 6)		
22	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na stranski ploskvi in spodnji ploskvi prečne grede na obeh straneh	3758-3761
23	večja vertikalna razpoka v stebru podpore	3762-3763
PREKLADNA KONSTRUKCIJA V POLJU 6		
1. nosilec		
24	poškodovan zaščitni sloj betona do te mere, da je vidna korodirana armatura, vidni sledovi korozije	3764-3765
5. nosilec		
25	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in korodirani kabli	3766
26	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura ob razširitvi pri podpori VP6	3767
VMESSNA PODPORA VP7 (OS 7)		
27	poškodovan zaščitni sloj betona do te mere, da je vidna korodirana armatura, na spodnji ploskvi prečne grede na obeh straneh, vidno zamakanje	3768-3770
PREKLADNA KONSTRUKCIJA V POLJU 7		
1. nosilec		
28	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in korodirani kabli , na sredini razpona in ob podpori VP8	3771-3777
5. nosilec		
29	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, ob podpori VP7, strižna armatura	3778
VMESSNA PODPORA VP8 (OS 8)		
30	vidni sledovi korozije na stebru	3779

PREKLADNA KONSTRUKCIJA V POLJU 8		
1. nosilec		
31	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, ob podpori VP8	3780-3781
5. nosilec		
32	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, ob podpori VP9, strižna armatura	3782-3783
3.,4. nosilec		
33	vidna korodirana armatura, na spodnji ploskvi nosilca	3784-3784
VMESNA PODPORA VP9 (OS 9)		
34	vidni sledovi zamakanja in korozije na stebru in prečnih gredah	3785-3787
PREKLADNA KONSTRUKCIJA V POLJU 9		
5. nosilec		
35	poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in korodirani kabli, na sredini razpona	3788-3790
KRAJNI OPORNIK KO10 (OS 10)		
36	vidno zamakanje	3791-3793



Slika 3-1 (DSC_3714) Sledovi zamakanja, vidna korodirana armatura, vidne razpoke, ki nakazujejo na delaminacijo betona, prekladna konstrukcija v polju 1, 5 nosilec



Slika 3-2 (DSC_3723) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP3), prekladna konstrukcija v polju 2, 5 nosilec



Slika 3-3 (DSC_3724) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in **korodirani kabli**, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP3 4 mesta, prekladna konstrukcija v polju 3, 5 nosilec)



Slika 3-4 (DSC_3725) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in **korodirani kabli**, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP4 4 mesta, prekladna konstrukcija v polju 3, 5 nosilec)



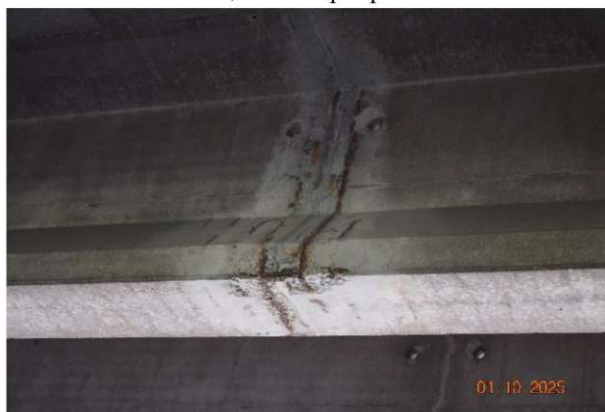
Slika 3-5 (DSC_3730) Vidno zamakanje in sledovi korodirane armature, prekladna konstrukcija v polju 2, 1 nosilec



Slika 3-6 (DSC_3733) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na stranski ploskvi prečne grede pod 5. nosilcem, vmesna podpora VP3



Slika 3-7 (DSC_3734) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (ob podpori VP3), prekladna konstrukcija v polju 3, 1 nosilec



Slika 3-8 (DSC_3735) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na nosilcu s spodnje strani in ob strani zgoraj (na sredini razpona, na mestu stika 2 elementov), prekladna konstrukcija v polju 3, 1 nosilec



Slika 3-9 (DSC_3739) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na stranski ploskvi stebra in na spodnji strani prečne grede na obeh straneh, vmesna podpora v osi 4



Slika 3-10 (DSC_3749) poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, vidni sledovi zamakanja ob podpori VP5, prekladna konstrukcija v polju 5, 5 nosilec



Slika 3-11 (DSC_3754) Vidni sledovi zamakanja in sledovi korozije, vidne razpoke, ki nakazujejo delaminacijo betona, prekladna konstrukcija v polju 5, 1 nosilec



Slika 3-12 (DSC_3758) poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, na stranski ploskvi in spodnji ploskvi prečne grede na obeh straneh, vmesna podpora v osi 6



Slika 3-13 (DSC_3762) Večja vertikalna razpoka v stebru podpore v osi 6



Slika 3-14 (DSC_3764) Poškodovan zaščitni sloj betona do te mere, da je vidna korodirana armatura, vidni sledovi korozije, prekladna konstrukcija v polju 6, 1. nosilec



Slika 3-15 (DSC_3767) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura ob razširitvi pri podpori VP6, prekladna konstrukcija v polju 6, 5. nosilec



Slika 3-16 (DSC_3768) poškodovan zaščitni sloj betona do te mere, da je vidna korodirana armatura, na spodnji ploskvi prečne grede na obeh straneh, vidno zamakanje, vmesna podpora v osi 7



Slika 3-17 (DSC_3774) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in **korodirani kabli**, na sredini razpona, prekladna konstrukcija v polju 7, 1. nosilec



Slika 3-18 (DSC_3773) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, ob podpori VP8, prekladna konstrukcija v polju 7, 1. nosilec



Slika 3-19 (DSC_3778) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, ob podpori VP7, strižna armatura, prekladna konstrukcija v polju 7, 5. nosilec



Slika 3-20 (DSC_3780) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, ob podpori VP8, prekladna konstrukcija v polju 8, 1. nosilec



Slika 3-21 (DSC_3782) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura, ob podpori VP9, prekladna konstrukcija v polju 8, 5. nosilec



Slika 3-22 (DSC_3789) Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in **korodirani kabli**, na sredini razpona, prekladna konstrukcija v polju 9, 5. nosilec



Slika 3-23 Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in **korodirani kablji**, na sredini razpona, prekladna konstrukcija v polju 6, 1. nosilec – viadukt VA0046



Slika 3-24 Poškodovan zaščitni sloj betona (delaminacija) do te mere, da je vidna korodirana armatura in **korodirani kablji**, na sredini razpona, prekladna konstrukcija v polju 7, 5. nosilec - viadukt VA0046

4.0 LOKACIJE IN REZULTATI PREISKAV

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

Iz posameznih stojin vzdolžnih prefabriciranih nosilcev so bili na različnih lokacijah odvzeti trije valjasti vzorci betona. Preglednica 4-1 prikazuje lokacije odvzetih valjastih vzorcev za nadaljnje preiskave. Vzorec V1 je bil odvzet iz nosilca N5 v 9. polju levega viadukta, vzorec V2 je bil odvzet iz nosilca N5 v 7. polju desnega viadukta, vzorec V3 pa iz nosilca N1 v 7. polju levega viadukta.

Pri 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.

V valjastih vzorcih ni bila evidentirane armature.

Iz vzorcev V1, V2 in V3 smo dobili po 1 preizkušanec za nadaljnje laboratorijske preiskave.

Preglednica 4-1 Lokacije odvzema valjastih vzorcev betona

Oznaka preiskave	Lokacija preiskave, slika lokacije, slika vzorca
V1	<i>Stojina nosilca N5 v 9. polju levega viadukta</i> 

V2	<i>Stojina nosilca N5 v 7. polju desnega viadukta</i>  
V3	<i>Stojina nosilca N1 v 7. polju levega viadukta</i>  

Preglednica 4-2 prikazuje rezultate laboratorijskih preiskav osnovnih lastnosti betona. Iz rezultatov izvedenih laboratorijskih preiskav na odvzetih valjastih vzorcih je razvidno, da povprečna tlačna trdnost betona preizkušancev iz znaša 64,3 MPa, z najmanjšo in največjo vrednostjo 54,0 Mpa in 71,3 MPa. Povprečna prostorninska masa vseh preizkušancev znaša 2394 kg/m³.

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

Oznaka vzorca	Tlačna trdnost f _c , 1:1 core (MPa)	Prostorninska masa (kg/m ³)	Tlačna trdnost f _{c, is} 1:1 core x CLF (MPa) (CLF=0,82, pretvorba za valj iz razmerja 1:1 v 1:2)
V1/1	87,0	2381	71,3
V2/1	65,9	2396	54,0
V3/1	82,3	2406	67,5

4.2 Neporušna sklerometrična preiskava tlačne trdnosti betona

Preglednica 4-3 in preglednica 4-4 prikazuje lokacije in rezultate neporušne sklerometrične preiskave informativne ocene tlačne trdnosti (TT) vgrajenega betona. 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. Sklerometrične preiskave smo izvajala z dvema različnima tipoma sklerometrov. Sklerometer Proceq SILVERSCHMIDT Type N ima optični sistem meritve (vrednost Q), sklerometer Proceq DIGI-SCHMIDT Type ND-1 ima mehanski sistem meritve (vrednost R)

Iz izvedenih sklerometričnih preiskav je razvidno, da je beton po celotnem objektu relativno homogen. Razvidno je, da so ocenjene tlačne trdnosti betona visoke in dokaj enakomerne po skupinah konstrukcijskih elementov, kar kaže na enakomerno kvaliteto in homogenost betona iz vidika doseganja tlačne trdnosti po posameznih elementih.

Preglednica 4-3 Lokacije in rezultati neporušne sklerometrične preiskave ocene informativne tlačne trdnosti vgrajenega betona na posameznih konstrukcijskih elementih (vrednost Q)

Preiskava	Minimalna vrednost odboja Q	Mediana odboja Q	Ocenjena informativna tlačna trdnost MPa	Lokacija preiskave
SKL1	60,0	71,0	78,5	AB nosilec št. N5 – 9. polje (s strani)
SKL2	62,5	75,5	92,0	AB nosilec št. N5 – 9. polje (spodaj)
SKL3	65,5	72,0	86,5	AB nosilec št. N5 – 9. polje (s strani)
SKL4	68,5	74,5	97,5	AB nosilec št. N5 – 9. polje (spodaj)
SKL20	68,0	74,0	95,0	AB nosilec št. N1 – 3. polje (spodaj)
SKL21	67,5	74,0	95,0	AB nosilec št. N1 – 3. polje (spodaj)

Preglednica 4-4 Lokacije in rezultati neporušne sklerometrične preiskave ocene informativne tlačne trdnosti vgrajenega betona na posameznih konstrukcijskih elementih (vrednost R)

Preiskava	Minimalna vrednost odboja R	Mediana odboja R	Ocenjena informativna tlačna trdnost MPa	Lokacija preiskave
SKL5	58,0	63,0	91,0	AB nosilec št. N1 – 7. polje (spodaj)
SKL6	61,0	65,0	86,3	AB nosilec št. N1 – 7. polje (spodaj)
SKL7	50,0	55,0	72,8	AB nosilec št. N1 – 7. polje (s strani)
SKL8	46,0	52,0	66,3	AB nosilec št. N1 – 7. polje (s strani)
SKL9	57,0	63,0	91,0	AB nosilec št. N1 – 6. polje (spodaj) – desni viadukt
SKL10	59,0	64,0	93,4	AB nosilec št. N1 – 6. polje (spodaj) – desni viadukt
SKL11	50,0	54,0	70,6	AB nosilec št. N1 – 6. polje (s strani) – desni viadukt
SKL12	51,0	52,0	66,3	AB nosilec št. N1 – 6. polje (s strani) – desni viadukt
SKL13	61,0	63,0	91,0	AB nosilec št. N5 – 7. polje (spodaj)
SKL14	48,0	60,0	84,0	AB nosilec št. N5 – 7. polje (spodaj)
SKL15	53,0	46,0	68,5	AB nosilec št. N5 – 7. polje (s strani)
SKL16	49,0	53,0	68,5	AB nosilec št. N5 – 7. polje (s strani)
SKL17	50,0	51,0	64,2	Vmesna podpora v osi 5
SKL18	42,0	52,0	66,3	Vmesna podpora v osi 4
SKL19	48,0	53,0	68,5	Vmesna podpora v osi 7

Preglednica 4-5 Ocenjen trdnostni razred po posameznih konstrukcijskih elementih

Konstrukcijski element	Št. meritev	Ocenjen trdnostni razred
AB vzdolžni nosilec	18	C45/55
Vmesna podpora	3	C35/45

Na podlagi ugotovljenih rezultatov ter na podlagi rezultatov laboratorijske preiskave tlačne trdnosti (poglavje 4.1) predlagamo, da se za trdnosti razred betona vzdolžnih nosilcev upošteva trdnostni razred C45/55, betona vmesnih podpor pa trdnostni razred C35/45.

4.3 Določitev stopnje korozije in stanje armature ter prednapetih kablov

4.3.1 Določitev stopnje korozije in stanja armature vmesnih podpor

V okviru pregleda vmesnih podpor smo se osredotočili na podpore v osi 4, 5 in 7. Na podporah je razkrita mestoma predvsem stremenska, ki je na najbolj izpostavljenih mestih močno korodirana.

Na podpori 4 so najbolj izpostavljena mesta na spodnji in stranski ploskvi prečne grede, ter na stranski ploskvi stebra. Ocenjujemo, da znaša na teh območjih stopnja korozije mehke armature do 30 %.

Na podpori 5 so najbolj izpostavljena mesta na spodnji ploskvi prečne grede. Ocenjujemo, da znaša na teh območjih stopnja korozije mehke armature do 20 %.

Na podpori 7 so najbolj izpostavljena mesta na spodnji in ploskvi prečne grede, ter na stranski ploskvi stebra. Ocenjujemo, da znaša na teh območjih stopnja korozije mehke armature do 30 %.

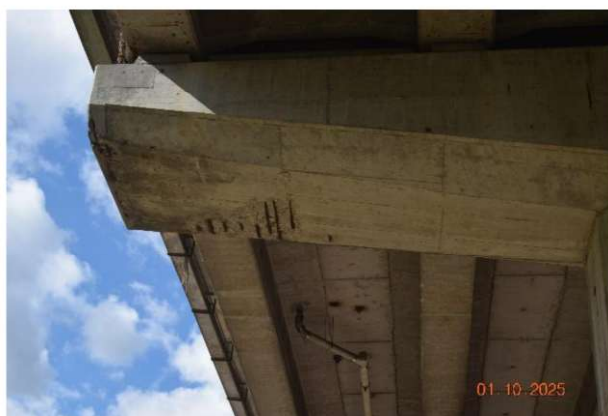
Prečne grede so prednapete, zaščitni sloj nad glavami prednapetja se je v preteklosti zaradi zamakanja poškodoval in odpadel, tako da so bila glave odprte in podvržene vplivom okolja. Več mest je bilo tekom življenjske dobe objekta že saniranih.



Slika 4-1 Stanje vgrajene armature na izpostavljenih mestih na vmesni podpori v osi 4



Slika 4-2 Stanje vgrajene armature na izpostavljenih mestih na vmesni podpori v osi 4



Slika 4-3 Stanje vgrajene armature na izpostavljenih mestih na vmesni podpori v osi 5



Slika 4-4 Stanje vgrajene armature na izpostavljenih mestih na vmesni podpori v osi 5



Slika 4-5 Stanje vgrajene armature na izpostavljenih mestih na vmesni podpori v osi 7



Slika 4-6 Stanje vgrajene armature na izpostavljenih mestih na vmesni podpori v osi 7

4.3.2 Določitev stopnje korozije in stanja kablov

Glavni del pregleda smo namenili ugotavljanju stanja in stopnje korozije kablov na izpostavljenih lokacijah. Na izbranih lokacijah smo odstranili poškodovan sloj betona in korozijske produkte na odkriti armaturi in predvsem na odkritih pramenih prednapetih kablov. Po čiščenju smo določili stopnjo korozije in stanje kablov.

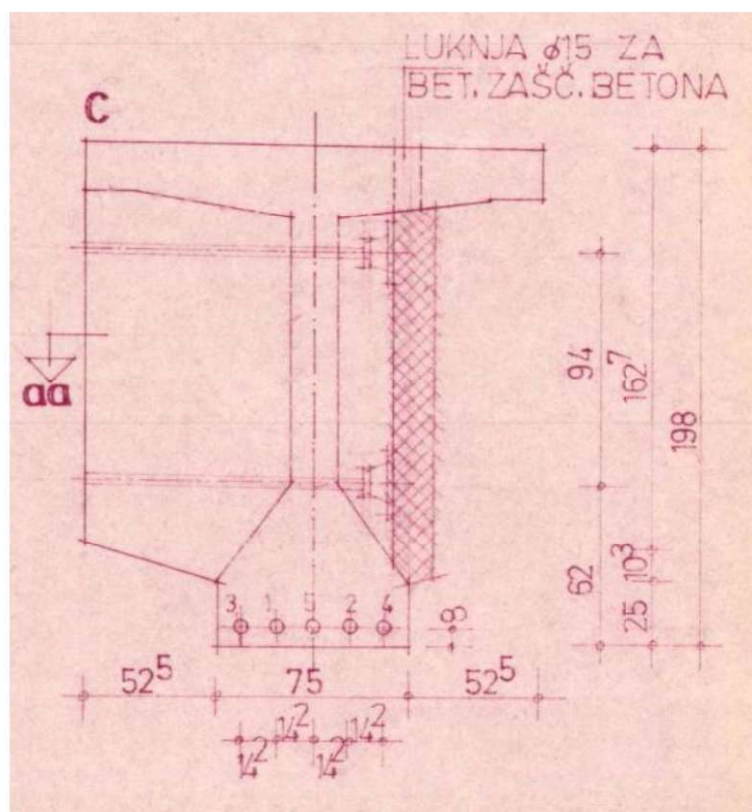
Z upravljavcem je dogovorjeno, da izvedejo sanacijo sondažnih odprtih na prednapetih kablji. Sanacijo je potrebno izvesti najkasneje v roku pol leta po izvedenih sondažnih odprtinah.

Pregled smo izvedli na naslednjih lokacijah:

- 3. polje, nosilec N5, na sredini razpona, bližje VP3, levi viadukt - VA0045, (lokacija L1)
- 3. polje, nosilec N5, na sredini razpona, bližje VP4, levi viadukt - VA0045, (lokacija L2)
- 7. polje, nosilec N1, levi viadukt - VA0045, (lokacija L3)
- 9. polje, nosilec N5, levi viadukt - VA0045, (lokacija L4)
- 6. polje, nosilec N1, desni viadukt - VA0046, (lokacija L5)
- 7. polje, nosilec N5, desni viadukt - VA0046, (lokacija L6)

4.3.2.1 3. polje, nosilec N5, na sredini razpona, bližje VP3, levi viadukt - VA0045, (lokacija L1)

Na pregledani lokaciji je izveden fasadni nosilec dolžine 33,4m. Nosilec je sestavljen iz 5 prednapetih kablov, ki so izvedeni iz 36 pramen premera $\phi 7$, razen sredinski kabel, ki je izveden iz 24 pramen premera $\phi 7$. Na pregledani lokaciji sta odkrita in poškodovana 1. (notranji) in 5. (zunanji) kabel. V nadaljevanju podajamo oceno stanja posameznih kablov.



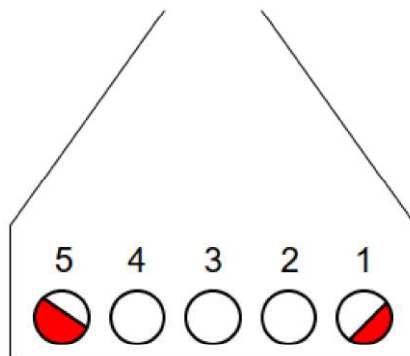
Slika 4-7 Prerez fasadnega nosilca $l=33,4$ m na sredini razpona

Stanje kabla št. 1 (notranji):

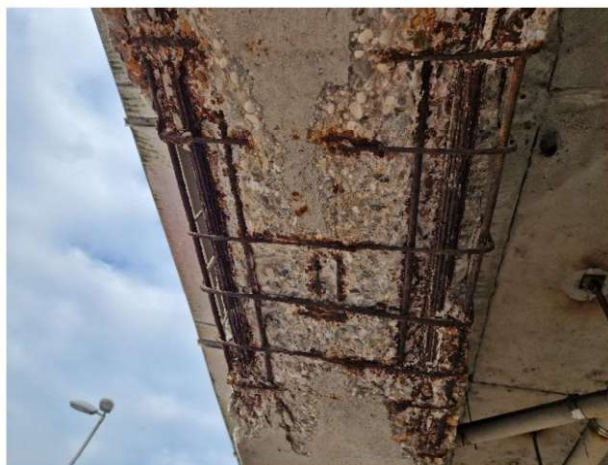
- 1 pramen pretrgan,
- 9 pramen močno korodiranih do 50 % prereza,
- 6 pramen korodiranih do 20 % prereza,

Stanje kabla št. 5 (zunanji):

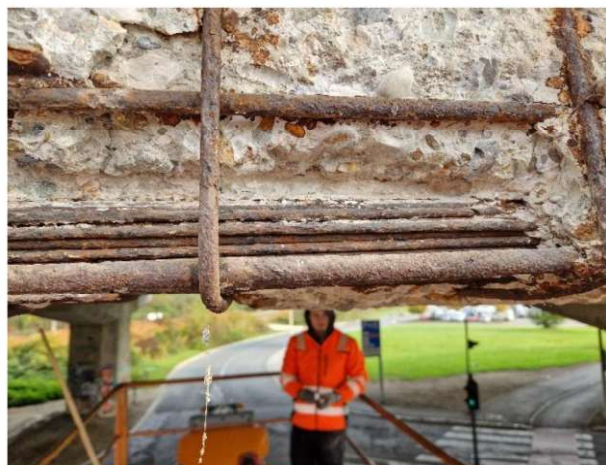
- 6 pramenov pretrganih,
- 12 pramen močno korodiranih do 50 % prereza,
- 6 pramen korodiranih do 20 % prereza,



Slika 4-8 Shematski prikaz kablov in shematsko prikazana stopnja poškodovanosti kablov na lokaciji L1



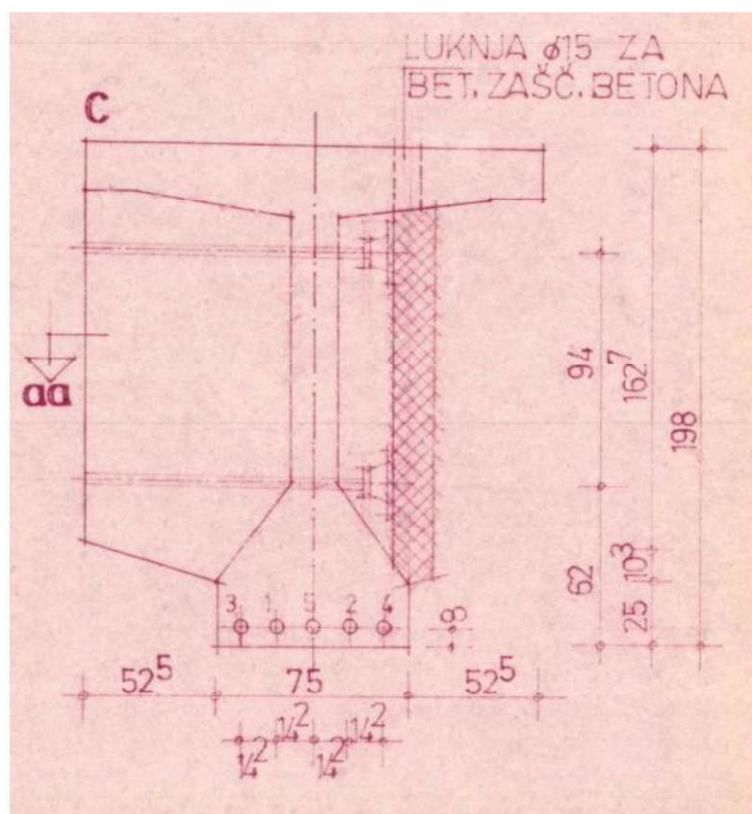
Slika 4-9 Stanje vgrajene armature in kablov na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 3



Slika 4-10 Stanje vgrajene armature in kablov na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 3

4.3.2.2 3. polje, nosilec N5, na sredini razpona, bližje VP4, levi viadukt - VA0045, (lokacija L2)

Na pregledani lokaciji je izveden fasadni nosilec dolžine 33,4m. Nosilec je sestavljen iz 5 prednapetih kablov, ki so izvedeni iz 36 pramen premera $\phi 7$, razen sredinski kabel, ki je izveden iz 24 pramen premera $\phi 7$. Na pregledani lokaciji so odkriti in poškodovani 1. (notranji), 2. in 5. (zunanji) kabel. V nadaljevanju podajamo oceno stanja posameznih kablov.



Slika 4-11 Prerez fasadnega nosilca $l=33,4$ m na sredini razpona

Stanje kabla št. 1 (notranji):

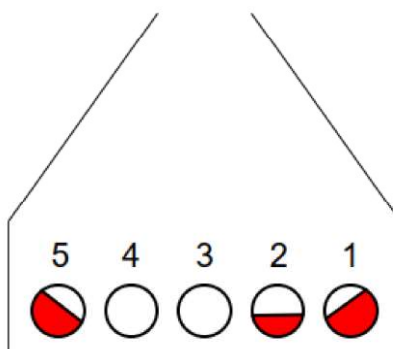
- 4 prameni pretrgani,
- 15 pramen močno korodiranih do 50 % prereza,
- 8 pramen korodiranih do 20 % prereza,

Stanje kabla št. 2:

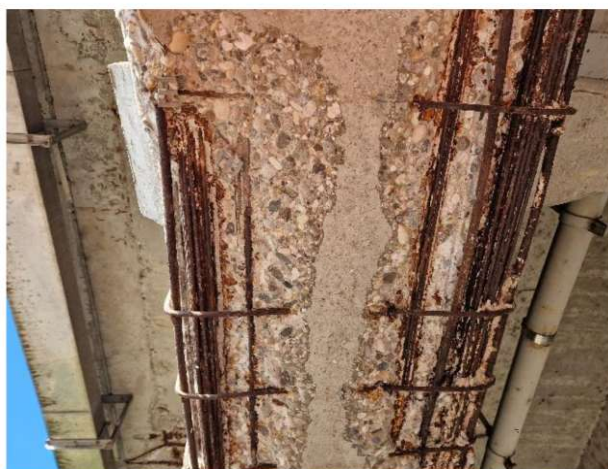
- 6 pramen močno korodiranih do 50 % prereza,
- 8 pramen korodiranih do 20 % prereza,

Stanje kabla št. 5 (zunanji):

- 2 pramena pretrgana,
- 10 pramen močno korodiranih do 50 % prereza,
- 8 pramen korodiranih do 20 % prereza,



Slika 4-12 Shematski prikaz kablov in shematsko prikazana stopnja poškodovanosti kablov na lokaciji L2



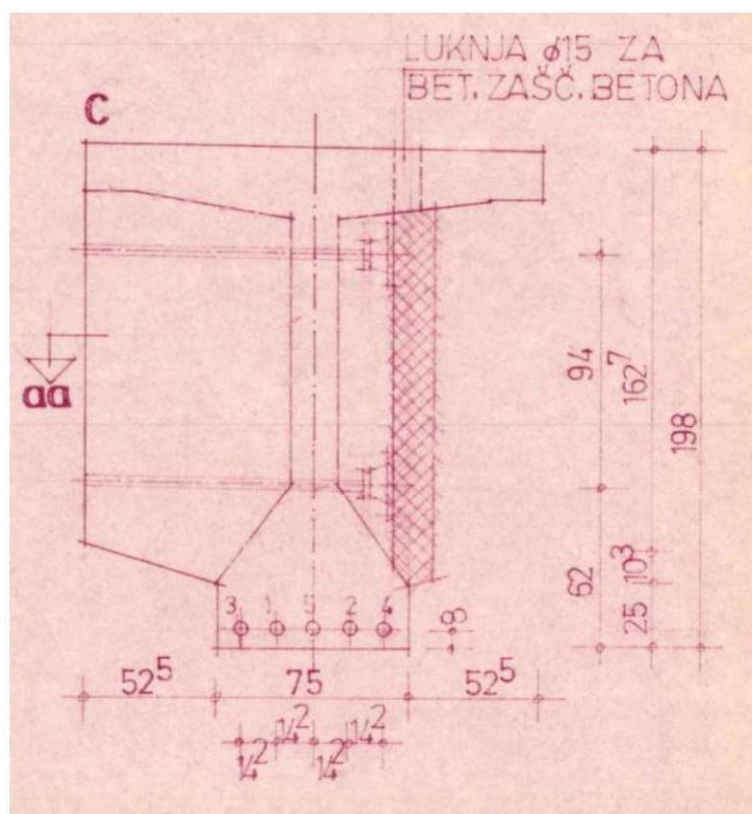
Slika 4-13 Stanje vgrajene armature in kablov na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 3



Slika 4-14 Stanje vgrajene armature in kablov na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 3

4.3.2.3 7. polje, nosilec N1, levi viadukt - VA0045, (lokacija L3)

Na pregledani lokaciji je izveden fasadni nosilec dolžine 33,4m. Nosilec je sestavljen iz 5 prednapetih kablov, ki so izvedeni iz 36 pramen premera $\phi 7$, razen sredinski kabel, ki je izveden iz 24 pramen premera $\phi 7$. Na pregledani lokaciji so odkriti in poškodovani 1. (zunanji), 2., 4. in 5. (notranji) kabel. 3. kabel ni poškodovan saj tudi srajčka ni poškodovana, le pramena imajo malo površinske korozije, ki je bila verjetno prisotna že ob vgradnji. V nadaljevanju podajamo oceno stanja posameznih kablov.



Slika 4-15 Prerez fasadnega nosilca $l=33,4$ m na sredini razpona

Stanje kabla št. 1 (zunanji):

- 5 pramen pretrganih,
- 10 pramen močno korodiranih do 50 % prereza,
- 15 pramen korodiranih do 20 % prereza,

Stanje kabla št. 2:

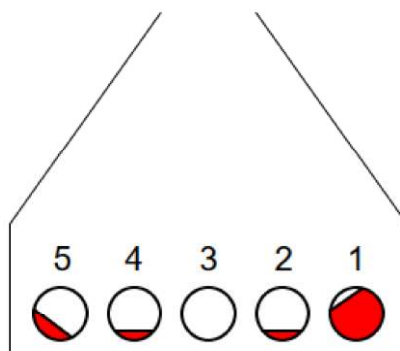
- 5 pramen močno korodiranih do 50 % prereza,
- ostalo ni bilo možno oceniti – pramena v injekcijski masi,

Stanje kabla št. 4:

- 2 pramena pretrgana,
- 3 prameni močno korodirani do 50 % prereza,
- ostalo ni bilo možno oceniti – pramena v injekcijski masi,

Stanje kabla št. 5 (notranji):

- 3 pramena močno korodirana do 50 % prereza,
- 5 pramen korodiranih do 20 % prereza,



Slika 4-16 Shematski prikaz kablov in shematsko prikazana stopnja poškodovanosti kablov na lokaciji L3



Slika 4-17 Stanje vgrajenih kablov (zunani št. 1) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 7



Slika 4-18 Stanje vgrajenih kablov (notranji št. 5) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 7



Slika 4-19 Stanje vgrajenih kablov (kabel št. 2) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 7



Slika 4-20 Stanje vgrajenih kablov (kabel št. 3) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 7

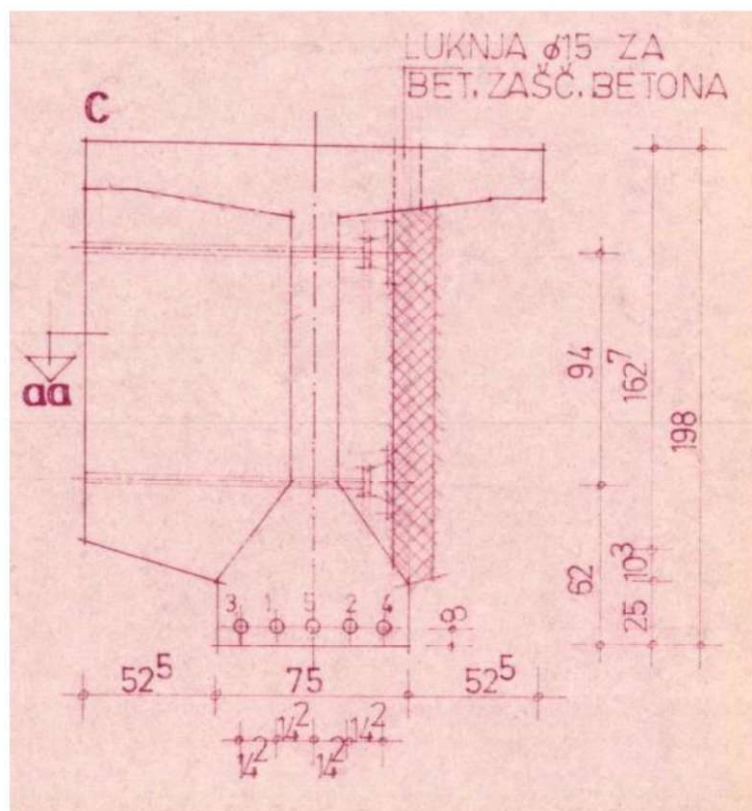


Slika 4-21 Stanje vgrajenih kablov (kabel št. 4) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 7

4.3.2.4 9. polje, nosilec N5, levi viadukt - VA0045, (lokacija L4)

Na pregledani lokaciji je izveden fasadni nosilec dolžine 33,4m. Nosilec je sestavljen iz 5 prednapetih kablov, ki so izvedeni iz 36 pramen premera $\phi 7$, razen sredinski kabel, ki je izveden iz 24 pramen premera $\phi 7$. Na pregledani lokaciji je odkrit in poškodovan 5. (zunanji) kabel. V nadaljevanju podajamo oceno stanja kabla.

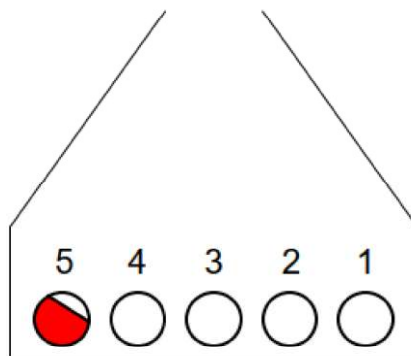
Slika 4-22 Prerez fasadnega nosilca $l=33,4$ m na sredini razpona



Slika 4-23 Prerez fasadnega nosilca $l=33,4$ m na sredini razpona

Stanje kabla št. 5 (zunanji):

- 2 pramena pretrgana,
- 8 pramen močno korodiranih do 50 % prereza,
- 18 pramen korodiranih do 20 % prereza,



Slika 4-24 Shematski prikaz kablov in shematsko prikazana stopnja poškodovanosti kablov na lokaciji L4



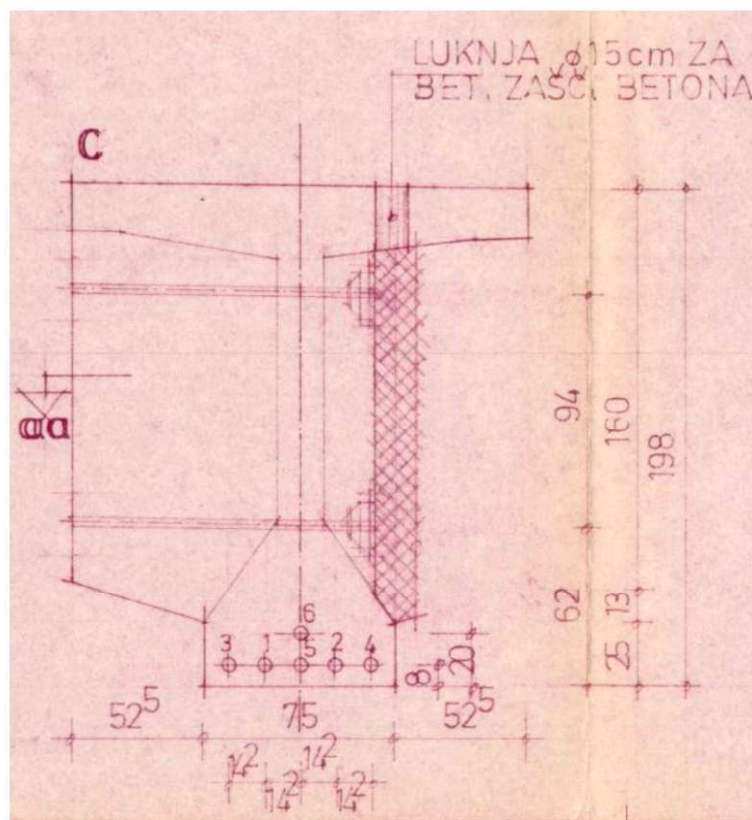
Slika 4-25 Stanje vgrajene armature in kablov (zunanj št. 5) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 9



Slika 4-26 Stanje vgrajene armature in kablov (zunanj št. 5) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 9

4.3.2.5 6. polje, nosilec N1, desni viadukt - VA0046, (lokacija L5)

Na pregledani lokaciji je izveden fasadni nosilec dolžine 38,4m. Nosilec je sestavljen iz 6 prednapetih kablov, ki so izvedeni iz 36 pramen premera $\phi 7$. Na pregledani lokaciji sta odkrita in poškodovana 1. (zunanj) in 2. kabel. V nadaljevanju podajamo oceno stanja posameznih kablov.



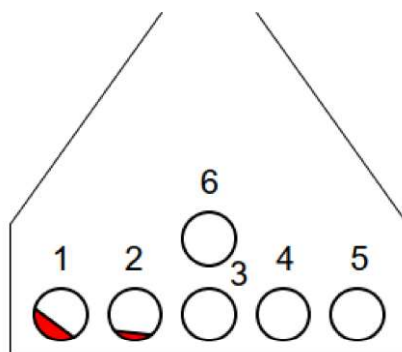
Slika 4-27 Prerez fasadnega nosilca $l=38,4$ m na sredini razpona

Stanje kabla št. 1 (zunanji):

- 1 pramen pretrgan,
- 6 pramen močno korodiranih do 50 % prereza,
- 4 pramena korodirana do 20 % prereza,

Stanje kabla št. 2:

- 2 pramena močno korodirana do 50 % prereza,
- 3 pramena korodirana do 20 % prereza,



Slika 4-28 Shematski prikaz kablov in shematsko prikazana stopnja poškodovanosti kablov na lokaciji L5



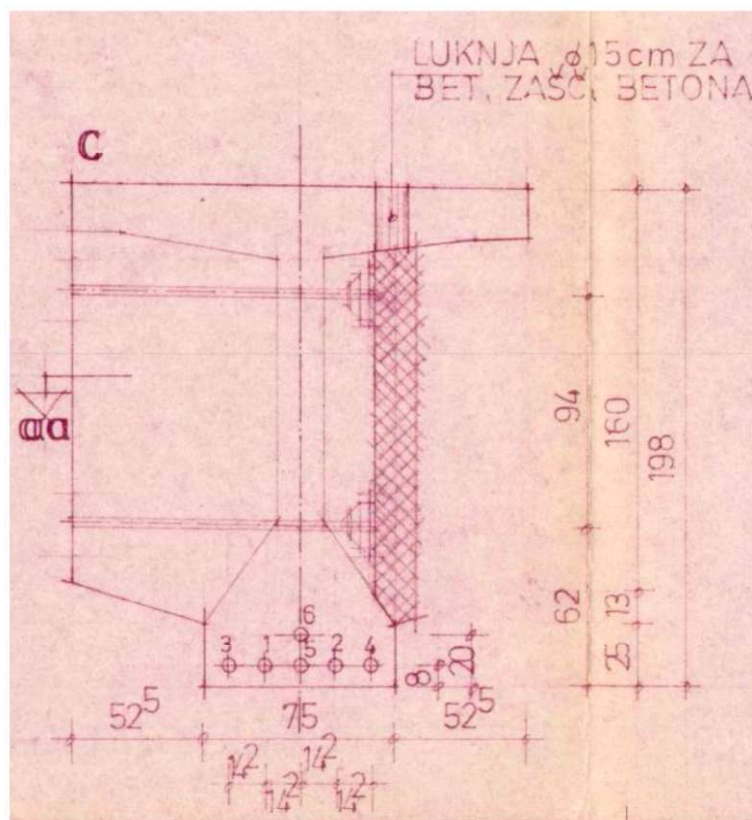
Slika 4-29 Stanje vgrajene armature in kablov na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 6



Slika 4-30 Stanje vgrajene armature in kablov na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N1, polje 6

4.3.2.6 7. polje, nosilec N5, desni viadukt - VA0046 (Lokacija L6)

Na pregledani lokaciji je izveden fasadni nosilec dolžine 38,4m. Nosilec je sestavljen iz 6 prednapetih kablov, ki so izvedeni iz 36 pramen premera $\phi 7$. Na pregledani lokaciji sta odkrita in poškodovana 5. (zunanji) in 4. kabel. 3. kabel ni poškodovan saj tudi srajčka ni poškodovana, opaziti je le površinsko korozijo na srajčki.. V nadaljevanju podajamo oceno stanja posameznih kablov.



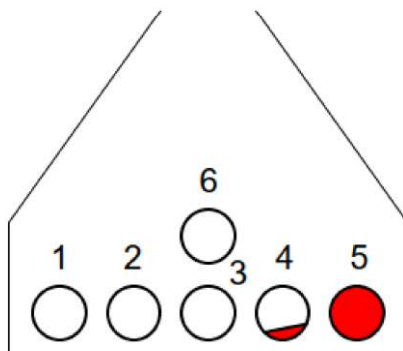
Slika 4-31 Prerez fasadnega nosilca $l=38,4$ m na sredini razpona

Stanje kabla št. 5 (zunanji):

- 23 pramen pretrganih,
- 13 pramen močno korodiranih do 50 % prereza,

Stanje kabla št. 4:

- 8 pramen korodiranih do 20 % prereza,



Slika 4-32 Shematski prikaz kablov in shematsko prikazana stopnja poškodovanosti kablov na lokaciji L6



Slika 4-33 Stanje vgrajenih kablov (kabel št. 3) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 7



Slika 4-34 Stanje vgrajenih kablov (kabel št. 4) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 7

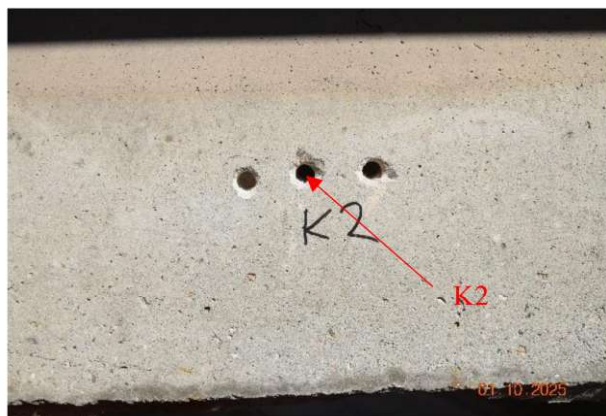


Slika 4-35 Stanje vgrajene armature in kablov (zunanji kabel št. 5) na izpostavljenih mestih na vzdolžnem nosilcu N5, polje 7

4.4 Vsebnost kloridov in sulfatov v betonu ter karbonatizacija betona

Slika 4-3 prikazuje lokacije in oznake lokacij izvedbe preiskav vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu na posameznih karakterističnih mestih, Preglednica 4-6 pa rezultate omenjenih preiskav. Lokacije preiskav so bile izbrane smiselno na posameznih karakterističnih mestih in na mestih kjer zamaka s primerjavo na vizualno intaktnih mestih. Razvidno je, da so vsebnosti kloridov povečane na skoraj vseh lokacijah odvzetih iz spodnje pasnice zunanjih nosilcev, na zamočenih in nezamočenih mestih. Na preiskanih mestih mestih na vmesnih podporah so vsebnosti kloridov v mejah normale. Vsebnosti sulfatov v betonu so v vseh odvzetih vzorcih v mejah normale.

Preglednica 4-7 prikazuje rezultate preiskav vsebnosti kloridov in sulfatov na vzorcih, odvzetih iz valjastih vzorcev betona na lokacijah. Vsebnost kloridov je v betonu stojin vzdolžnih nosilcev v vseh odvzetih vzorcih v mejah normale. Prav tako so vsebnosti sulfatov v betonu v vseh odvzetih vzorcih v mejah normale.





Slika 4-36 Lokacije in oznake lokacij izvedbe preiskav vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu na posameznih karakterističnih mestih

Preglednica 4-6 Rezultati preiskav vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu na posameznih karakterističnih mestih – prah iz vrtin

Oznaka lokacije	Opis lokacije	Globina preiskave (cm)	Cl (% na maso cem.)	Sulfati (% na maso betona)
K1	Delaminiran kos betona (nosilec N5, polje 9)	0-3	> 3,0	1,01
K2/1	Nezamočeno mesto na spodnji	0-3	> 3,0	1,2
K2/2	pasnici nosilca N5, polje 9	3-6	> 3,0	1,17
K3/1	Zamočeno mesto na spodnji	0-3	> 3,0	1,03
K3/2	pasnici nosilca N1, polje 7	3-6	> 3,0	1,32
K4/1	Delaminiran kos betona (nosilec N1, polje 7,)	0-3	> 3,0	1,61
K5/1	Zamočeno mesto na spodnji	0-3	> 3,0	1,74
K5/2	pasnici nosilca N1, polje 6 – desni viadukt	3-6	2,4	1,66
K6/1	Nezamočeno mesto na spodnji	0-3	> 3,0	1,59
K6/2	pasnici nosilca N5, polje 7 desni viadukt	3-6	> 3,0	1,59
K7/1	Podpora v osi 5	0-3	0,44	1,66
K7/2		3-6	0,05	2,38
K8/1	Podpora v osi 4	0-3	0,12	1,41
K8/2		3-6	0,06	1,79
K9/1	Podpora v osi 7	0-3	0,27	2,56
K9/2		3-6	0,16	2,36
K10/1	Nezamočeno mesto na spodnji	0-3	0,22	1,53
K10/2	pasnici nosilca N1, polje 3	3-6	0,02	1,99
K11/1	Zamočeno mesto na spodnji	0-3	0,60	1,72
K11/2	pasnici nosilca N1, polje 3	3-6	0,15	1,73

Preglednica 4-7 Rezultati preiskav vsebnosti kloridov in sulfatov v betonu na posameznih karakterističnih mestih – prah iz valjev

Oznaka lokacije	Opis lokacije	Globina preiskave (cm)	Cl (% na maso cem.)	Sulfati (% na maso betona)
V1/1	Stojina nosilca N5 v 9. polju	0-3	0,042	1,59
V1/2	levega viadukta	3-6	0,023	3,25
V2/1	Stojina nosilca N5 v 7. polju	0-3	0,13	2,38
V2/2	desnega viadukta	3-6	0,09	2,52
V2/3		3-6	0,08	2,02
V2/4		0-3	0,12	1,75
V3/1	Stojina nosilca N1 v 7. polju	0-3	0,05	1,26
V3/2	levega viadukta	3-6	0,02	2,96
V3/3		3-6	0,04	2,80
V3/4		0-3	0,06	2,75

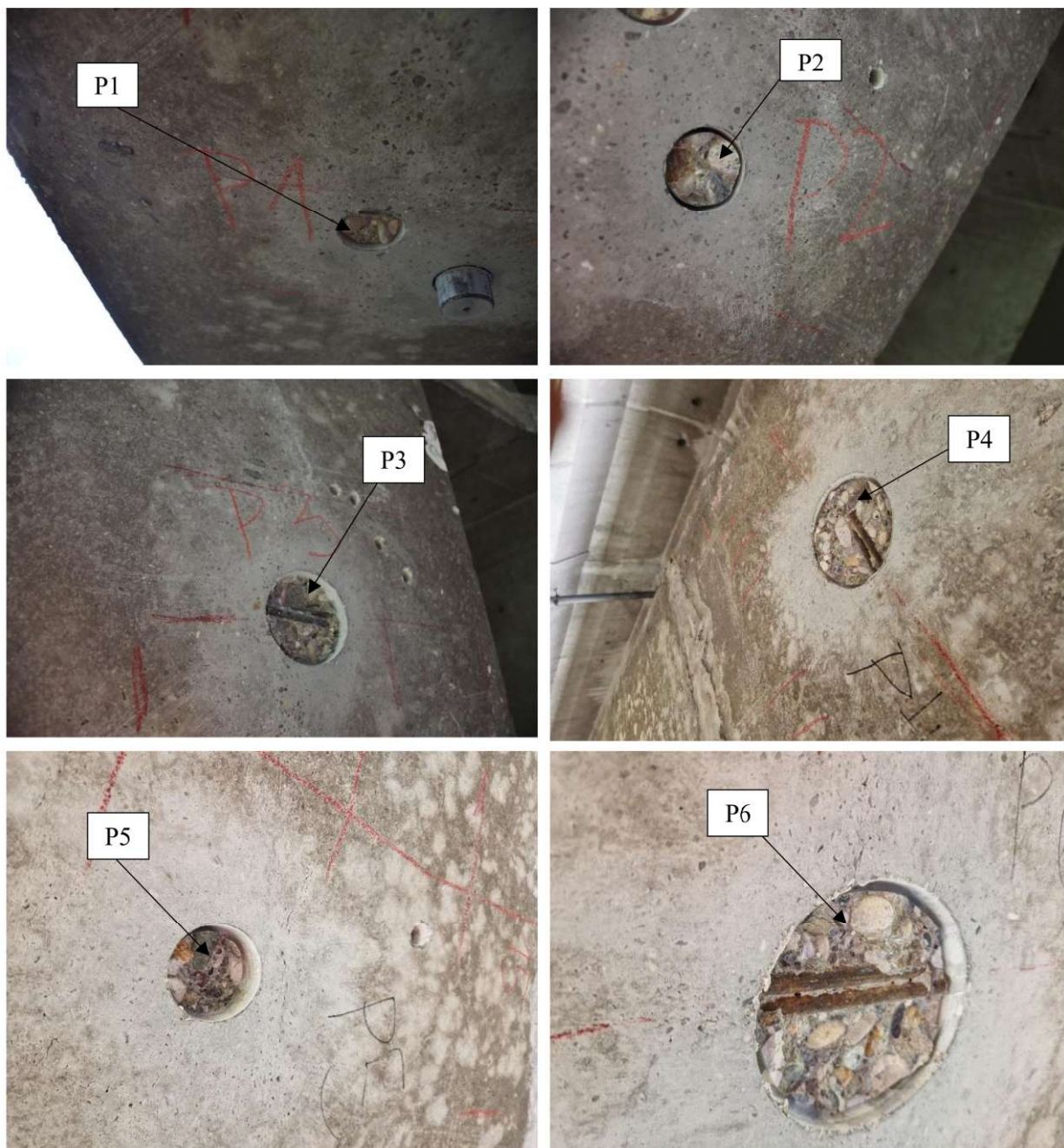
Na valjih smo izvedli fenol-ftalin test za določitev karbonatizacije betona. Kot je razvidno s spodnjih slik je beton na vseh valjih karbonatiziran do globine 2 - 3cm, kar je globlje od povprečne debeline zaščitnega sloja betona.

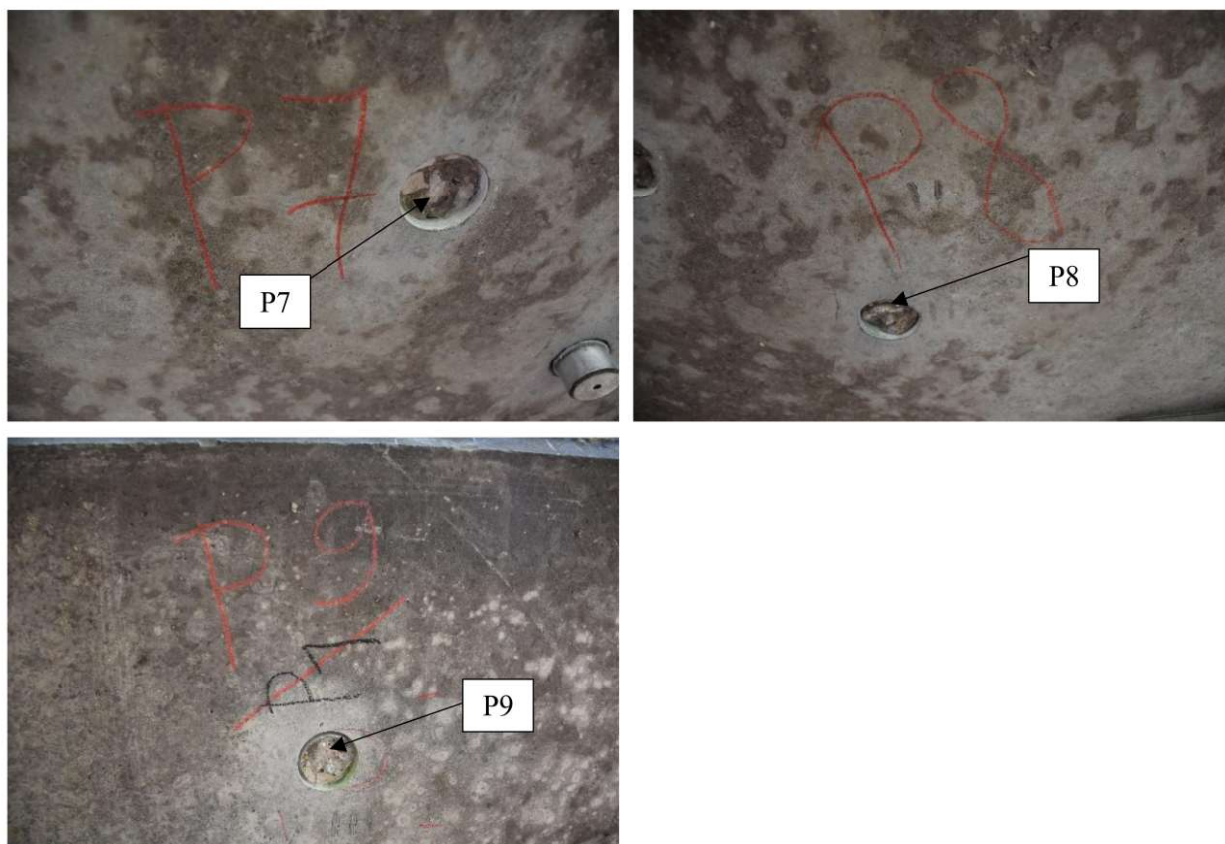


Slika 4-37 Globina karbonatizacije betona na odvzetih valjih

4.5 Održna trdnost betona

Slika 4-5 prikazuje lokacije in oznake lokacij posameznih preiskav održne trdnosti betona na vzdolžnih nosilcih in prekladni plošči mostu, Preglednica 4-8 pa rezultate izvedenih preiskav održne trdnosti betona. Razvidno je da znaša povprečna vrednost održne trdnosti betona 3,8 MPa, z največjo vrednostjo 7,0 MPa in najmanjšo vrednostjo 1,1 MPa.





Slika 4-38 Lokacije in oznake lokacij preiskav odtržne trdnosti betona

Preglednica 4-8 Rezultati preiskave odtržne trdnosti betona

Oznaka lokacije	Opis lokacije	Globina vrtanja [mm]	Globina porušitve [mm]	Premer valja [mm]	Održna trdnost (MPa)	Porušitev
P1	Nosilec N5, polje 7 – desni viadukt	13	5-8	50	3,6	A = 100 %
P2	Nosilec N5, polje 7 – desni viadukt	20	12	50	2,7	A = 100 %
P3	Nosilec N5, polje 7 – desni viadukt	16	6-10	100	4,0	A = 100 %
P4	Nosilec N1, polje 7	18	2-10	100	3,8	A = 100 %
P5	Nosilec N1, polje 7	25	20	50	3,4	A = 100 %
P6	Nosilec N1, polje 7	16	6-12	100	4,3	A = 100 %
P7	Nosilec N1, polje 6 – desni viadukt	14	9	50	1,1	A = 100 %
P8	Nosilec N1, polje 6 – desni viadukt	15	5-8	50	4,0	A = 100 %
P9	Nosilec N5, polje 9	12	3-6	50	7,0	A = 100 %

A....porušitev v betonu

4.6 Ocena velikosti napenjalnih sil v prednapetih kablilih

Izvedli smo dve meritvi velikosti napenjalnih sil v prednapetih kablilih, in sicer 1. meritev na pramenu, ki ni imel nobenih korozijskih poškodb ter 2. meritev na pramenu, ki je imel v bližini meritve močne korozijske poškodbe do 50,0%. Obe meritvi sta se izvedli na nosilcu N1 v 7. polju. 1. meritev na 5. (notranjem) kablju in 2. meritev na 1. (zunanjem) kablju. Kabel je na mestu meritev sestavljen iz 36 pramen $\phi 7$.

Naknadno smo izvedli še dve dodatni meritvi napenjalnih sil na dveh notranjih intaktnih nosilcih, in sicer na nosilcu N4 v 6. polju (1. kabel) ter na nosilcu N2 v 2. polju (1. kabel).

Na zadnji lokaciji, je bilo na dostopnem mestu kabla opaziti površinsko in jamičasto korozijo jeklenih pramen, ki je posledica vgradnje pramen z manjšimi korozijskimi poškodbami ob gradnji mostu.

Iz obstoječe arhivske dokumentacije je razvidno, da je znašala sila prednapetja 1731 kN, s čimer se je v kabel vnesla sila 1627 kN. Pri preračunu smo upoštevali elastični modul podan v arhivski dokumentaciji $E=210$ GPa.

Rezultati meritev so podani v preglednici 4-9 in preglednici 4-10.

Napenjalna sila v prednapetih kablilih je bila ocenjena na osnovi meritev specifičnih deformacij ob sprostitvi ene od žic na opazovanem kablju in podatka za elastični modul jekla. Ocenjena napenjalna sila v prednapetem kablju pri 1. meritvi znaša 1224,25 kN, pri 2. meritvi znaša 1112,58 kN, pri 3. meritvi znaša 1447,87 kN in pri 4. meritvi 1164,63 kN.

Ocenjena napenjalna sila je nižja od vnesene računske sile kar je glede na starost objekta in leto izgradnje pričakovano. V prednapetih kablilih se lahko pojavijo dolgoročne časovno odvisne izgube sile zaradi relaksacije jekla (pri jeklih uporabljenih pred 1990 med 8-12%), lezenja betona, krčenje betona ter v manjši meri tudi temperaturni vplivi. Na dolgotrajne izgube vpliva tudi korozija kablov ali sidrišč, lokalno tudi do 10%, kar je jasno razvidno iz rezultatov izvedenih meritev, kjer je na močno korodiranem pramenu izmerjena napenjalna sila nižja za 9,0 % kot na nekorodiranem pramenu. Predlagamo, da se za korodirane kable zmanjša upoštevana sila prednapetja za 10,0%.

Poleg tega moramo malo z rezervo jemati računsko vneseno silo, saj se zaradi stanja tehnike prednapenjanja v času izvedbe del ne pozna točen nivo prednapetja (sistem klinjenja – zdrs v glavi, postopek prednapenjanja, trenje...). Nenazadnje moramo pri interpretaciji rezultatov upoštevati tudi realen modul elastičnosti pramen, pri izračunu je bil namreč prevzet po projektu zapisan $E=210$ GPa, dejanske vrednosti med posameznimi šaržami pramen pa nihajo med 190-210 GPa.



Slika 4-39 Lokaciji meritev, 1. meritev - 5. (notranji) kabel (slika levo) in 2. meritev - 1. (zunanji) kabel (slika desno) na nosilcu N1 v polju 7



Slika 4-40 Lokaciji meritev, 3. meritev - 1. kabel (slika levo) na nosilcu N4 v polju 6 in 4. meritev - 1. kabel (slika desno) na nosilcu N2 v polju 4

Preglednica 4-9 Prikaz rezultatov meritev velikosti napenjalnih sil v prednapetem kablu

	1. Meritev (5. notranji) kabel - nosilec N1, polje 7	2. Meritev (1. zunanji) kabel - nosilec N1, polje 7
Izmerjene spec. deformacije	4210 $\mu\text{m/m}$	3826 $\mu\text{m/m}$
Izračunane napetosti	884,1 MPa	803,46 MPa
Izračunane napenjalne sile	1224,25 kN	1112,58 kN

Preglednica 4-10 Prikaz rezultatov meritev velikosti napenjalnih sil v prednapetem kablu na intaktnih nosilcih

	3. Meritev 1. kabel - nosilec N4, polje 6	4. Meritev 1. kabel - nosilec N2, polje 4
Izmerjene spec. deformacije	4979 $\mu\text{m/m}$	4005 $\mu\text{m/m}$
Izračunane napetosti	1045,59 MPa	841,1 MPa
Izračunane napenjalne sile	1447,87 kN	1164,63 kN

4.7 Natezna trdnost jekla pramen prednapetih kablov

S standardnim nateznim preizkusom natezne trdnosti, ki se je izvedel po standardu SIST EN ISO 6892-1:2020, se je preizkusilo odvzete vzorce močno korodiranih jeklenih pramen.

Vzorci so bili odvzeti na štirih lokacijah, in sicer:

- nosilec N5, 3. polje – 3 vzorci
- nosilec N5, 9. polje – 1 vzorec
- nosilec N1, 7. polje – 1 vzorec
- nosilec N5, 7. polje – 4 vzorci

Pri interpretaciji rezultatov moramo biti pozorni na dejstvo, da so preizkusi izvedli na močno korodiranih jeklenih pramenih, katerim je težko določiti površino prereza preizkušanca. Za potrebe preizkusa smo izračunali povprečno vrednost površine prereza iz teže in dolžine vzorca. Na mestu pretrga, ki se zgodi na lokalno najšibkejšem mestu pa je zagotovo površina prereza manjša. Iz dobljenih rezultatov lahko sklepamo, da je ta površina v določenih preizkusih manjša tudi do 35 %.

S preiskavami je bilo ugotovljeno da je elongacija ob pretrgu v nekaj primerih premajhna glede na lastnosti jekel za prednapetje. Interpretacija rezultatov natezne trdnosti in trdnosti na meji tečenja ni mogoča zaradi težav pri določevanju dejanske površine prereza vzorca na mestu porušitve.

Rezultati standardnega nateznega preizkusa so podani v Prilogi 2.



Slika 4-41 Vzorci jeklenih pramen po izvedenem nateznem preizkusu

5.0 ZAKLJUČEK

V nadaljevanju podajamo pomembnejše zaključke in ugotovitve stanja konstrukcije in stanja ter kvalitete vgrajenih osnovnih materialov na premostitvenih objektih »viadukt VA0045 Dolgi Most, čez Tržaško cesto na avtocesti AC A1, odsek 0616, stacionaža KM 0+295 in viadukt VA0046 Dolgi Most, čez Tržaško cesto na avtocesti AC A1, odsek 0016, stacionaža KM 0+280«. Na podlagi rezultatov detajlnega pregleda objekta ter izvedenih terenskih in laboratorijskih preiskav ocenjujemo, da je trenutno stanje viaduktov slabo.

Izpostavljamo predvsem naslednje poškodbe:

- Na prekladni konstrukciji se pojavlja luščenje in/ali delaminacija zaščitnega sloja betona, pri čemer je na številnih mestih že vidna korodirana armatura ter, lokalno, tudi kabli prednapetja, ki so poškodovani zaradi korozije. Na krajnih nosilcih, zlasti na delih, kjer prihaja do zadrževanja vlage, so prisotne razpoke, ki kažejo na začetno fazo delaminacije betona. Zamakanje in poškodbe betona so prisotne tudi na zgornjih pasnicah in stojinah robnih nosilcev na zunanji strani.
- Na vmesnih podporah so ugotovljene poškodbe zaščitnega sloja betona v takšnem obsegu, da je vidna korodirana armatura. Poškodbe se pojavljajo na stranskih ploskvah stebrov ter na spodnjih in stranskih ploskvah prečnih gred. Na stranskih robnih ploskvah so bile v preteklosti izvedle sanacije, pri katerih so bile glave kablov prednapetja ustrezno zaščitene.
- Na vmesni podpori VP6 je vidna izrazitejša vertikalna razpoka v stebru podpore.

Na podlagi ugotovljenih rezultatov ter na podlagi rezultatov laboratorijske preiskave tlačne trdnosti predlagamo, da se za trdnosti razred betona krajnih opornikov upošteva trdnostni razred C30/37, vzdolžnih

V nadaljevanju navajamo pomembnejše rezultate izvedenih terenskih in laboratorijskih preiskav materialno tehničnega stanja vgrajenih osnovnih materialov:

- Povprečna tlačna trdnost betona preizkušancev iz znaša 64,3 MPa, z najmanjšo in največjo vrednostjo 54,0 MPa in 71,3 MPa. Povprečna prostorninska masa vseh preizkušancev znaša 2394 kg/m³.
- Na podlagi ugotovljenih rezultatov sklerometrične preiskave tlačne trdnosti ter na podlagi rezultatov laboratorijske preiskave tlačne trdnosti predlagamo, da se za trdnosti razred betona vzdolžnih nosilcev upošteva trdnostni razred C45/55, betona vmesnih podpor pa trdnostni razred C35/45.
- Na najbolj izpostavljenih mesta na spodnji in stranski ploskvi prečne grede, ter na stranski ploskvi stebra je na več lokacijah poškodovan zaščitni sloj betona. Ocenjujemo, da znaša na teh območjih stopnja korozije mehke armature 20 % do 30 %.
- Stanje prednapetih kablov je najslabše v 7. polju, na nosilcu N5 na desnem viaduktu - VA0046, kjer ima zunanji kabel št. 5 pretrganih 23 pramen, ostalih 13 pa je močno korodiranih do 50 %.

- Zelo slabo stanje prednapetih kablov je tudi v 3. polju, na nosilcu N5, na levem viaduktu - VA0045, kjer ima notranji kabel št. 1 pretrgan 1 pramen, 9 pramen močno korodiranih do 50 % in 6 pramen korodiranih do 20 %, zunanji kabel št. 5 ima pretrganih 6 pramen, 12 pramen močno korodiranih do 50% in 6 pramen korodiranih do 20 %.
- Podobno stanje prednapetih kablov je tudi v 7. polju, na nosilcu N1, na levem viaduktu - VA0045, kjer so korozijsko poškodovani 4 kabli, in sicer zunanji kabel št. 1 ima 5 pramen pretrganih, 10 pramen močno korodiranih do 50% in 15 pramen korodiranih do 20 %. Kabel št. 2 ima 5 pramen močno korodiranih do 50 %. Kabel št 4 ima 2 pramena pretrgana, 3 pramena močno korodirana do 50 %. Notranji kabel št. 5 ima 3 pramena močno korodirana do 50% in 5 pramen korodiranih do 20 %.
- Priporočamo, da se zaradi korozijskih poškodb kablov in pramen upošteva 10,0 % poškodovanost vse ostalih kablov, ki v pregledu niso bili zajeti.
- Vsebnosti kloridov so povečane na skoraj vseh lokacijah odvzetih iz spodnje pasnice zunanjih nosilcev, na zamočenih in nezamočenih mestih. Na preiskanih mestih na vmesnih podporah so vsebnosti kloridov v mejah normale. Vsebnost kloridov je v betonu stojin vzdolžnih nosilcev v vseh odvzetih vzorcih v mejah normale
- Vsebnosti sulfatov v betonu so v vseh odvzetih vzorcih v mejah normale.
- Beton je na vseh odvzetih valjih karbonatiziran do globine 2 - 3cm, kar je globlje od povprečne debeline zaščitnega sloja betona.
- Povprečna vrednost odtržne trdnosti betona znaša 3,8 MPa, z največjo vrednostjo 7,0 MPa in najmanjšo vrednostjo 1,1 MPa.
- Ocenjena napenjalna sila v prednapetem kablju pri 1. meritvi (meritev na pramenu, ki ni imel nobenih korozijskih poškodb) znaša 1224,25 kN, pri 2. meritvi (meritev na pramenu, ki je imel v bližini meritve močne korozijske poškodbe do 50,0 %) znaša 1112,58 kN, pri 3. meritvi (meritve na intaktnem pramenu) znaša 1447,87 kN in pri 4. meritvi (meritev na pramenu, ki je imel površinsko in jamičasto korozijo) znaša 1164,63 kN.
- Ocenjena napenjalna sila je nižja od vnesene računske sile 1627 kN, kar je glede na starost objekta in leto izgradnje pričakovano. V prednapetih kablji se lahko pojavijo dolgoročne časovno odvisne izgube sile zaradi relaksacije jekla (pri jeklih uporabljenih pred 1990 med 8-12%), lezenja betona, krčenje betona ter v manjši meri tudi temperaturni vplivi. Na dolgotrajne izgube vpliva tudi korozija kablov ali sidrišč, lokalno tudi do 10%, kar je jasno razvidno iz rezultatov izvedenih meritev, kjer je na močno korodiranem pramenu izmerjena napenjalna sila nižja za 9,0 % kot na nekorodiranem pramenu. Predlagamo, da se za korodirane kable zmanjša upoštevana sila prednapetja za 10,0%.

- S preiskavami natezne trdnosti jeklenih pramen je bilo ugotovljeno da je elongacija ob pretrgu v nekaj primerih premajhna glede na lastnosti jekel za prednapetje. Interpretacija rezultatov natezne trdnosti in trdnosti na meji tečenja ni mogoča zaradi močno korodiranih preizkušancev ter posledično težav pri določevanju dejanske površine prereza vzorca na mestu porušitve.

Poročilo vsebuje 55 strani in 2 strani prilog

Prilogi: Poročilo o preiskavi jekla 956-VZK-25

Kataster ključnih poškodb

Podatki:

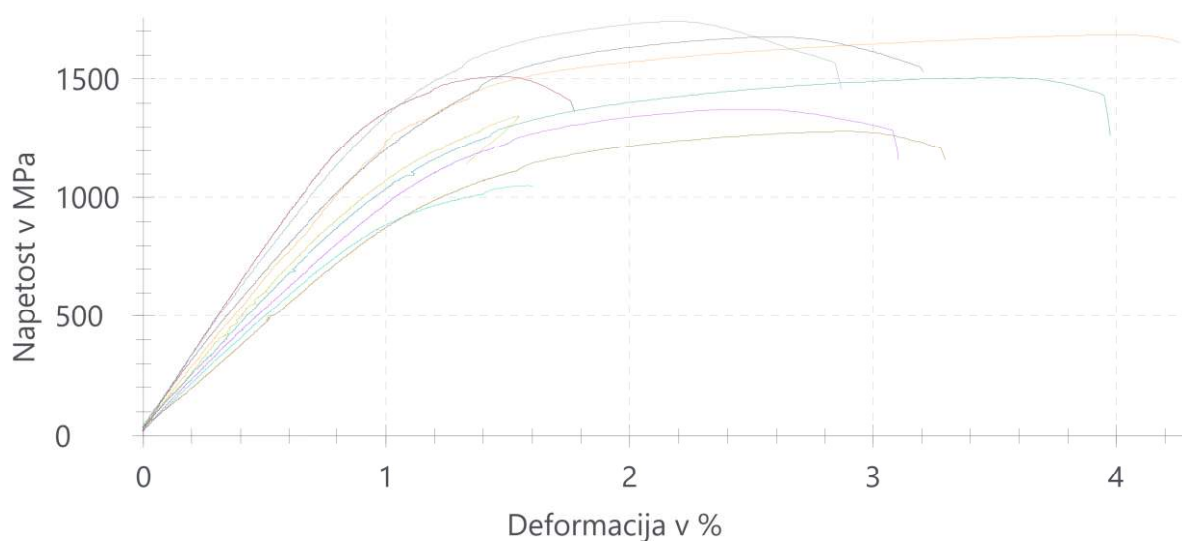
Delovni nalog : 956-VZK-25
Material : Kabli
Metoda : SIST EN ISO 6892-1 A224

Crosshead travel monitor WN:151777
Force sensor ID:1 WN:151778 400 kN
Optični ekstenziometer: WN1001762

Rezultati:

No.	Vzorec	R _{p0.2} MPa	R _m MPa	R _m /R _e	A _{gt} %	A _{11,3} %	F _i mm	S ₀ mm ²	DMasa kg/m
1	3.Polje v1	1417	1686	1,19	4,01	2,9	6,40	32,14	0,252
2	3.Polje v2	1001	1051	1,05	1,62	0,4	6,18	30,03	0,236
3	3.Polje v3	1419	1513	1,07	1,49	0,9	6,53	33,52	0,263
4	7.Polje N1	1248	1345	1,08	1,58	0,3	6,37	31,89	0,250
5	9.Polje v1	1203	1376	1,14	2,51	1,9	6,13	29,48	0,231
6	7.Polje N5 v1	1092	1282	1,17	2,92	2,0	4,57	16,40	0,129
7	7.Polje N5 v2	1513	1742	1,15	2,22	1,9	4,78	17,94	0,141
8	7.Polje N5 v3	1230	1507	1,23	3,56	2,8	4,60	16,63	0,131
9	7.Polje N5 v4	1403	1677	1,19	2,63	2,0	4,86	18,54	0,146

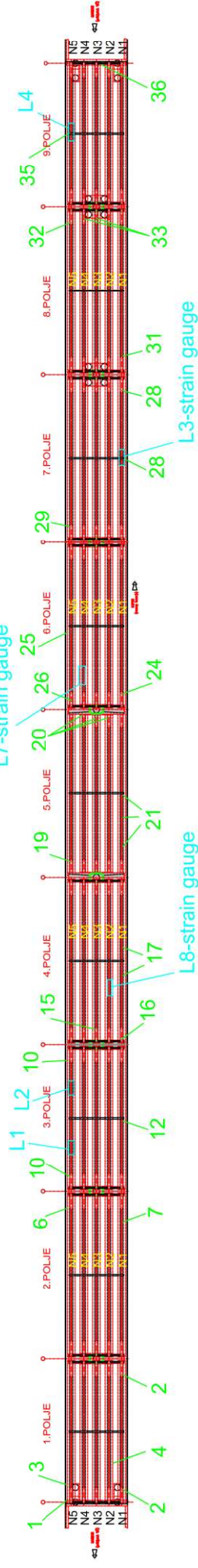
Graf:



Priloga 2 - Kataster ključnih poškodb

LEVI VIADUKT VA0045

L7-strain gauge



L8-strain gauge

L3-strain gauge

DESNI VIADUKT VA0046

L5

L6

