

STAATSBOSBEHEER

NADER ONDERZOEK DRIE OBJECTEN



Versie	Datum	Documentnr.	Status	Opgesteld door: Mohamed Bagdadi
1	12-10-22	Sdm.164-012	Definitief	Gecontroleerd door: Mark Groot

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	3
1.1 AANLEIDING VAN DE OPDRACHT	3
1.2 DOEL VAN DE OPDRACHT	3
1.3 WERKWIJZE UITVOERING	3
1.4 LEESWIJZER	3
2. WERKWIJZE	4
2.1 OBJECT RM2BV007	4
2.1.1 <i>Probleemstelling</i>	5
2.1.2 <i>Oplossing</i>	5
2.2 OBJECT RM2BA003	6
2.2.1 <i>Carbonatatie/dekkingsmetingen</i>	9
2.2.2 <i>Chloridemetingen</i>	9
2.2.3 <i>Carbonatatie-/dekkingsmetingen</i>	10
2.2.4 <i>Probleemstelling</i>	11
2.2.5 <i>Oplossing</i>	12
2.3 OBJECT RM4BF040	13
2.3.1 <i>Probleemstelling</i>	15
2.3.2 <i>Oplossing</i>	15

1. INLEIDING

Staatsbosbeheer heeft op 23 maart 2022 aan ingenieursbureau Westenberg opdracht verstrekt voor het uitvoeren van een onderzoek naar drie bruggen en zijn als volgt:

- Object RM2Ba003 verkeerbrug;
- Object RM2Bv007 voetgangersbrug;
- Object RM4Bf040 fiets- en voetgangersbrug.

1.1 Aanleiding van de opdracht

De aanleiding van de opdracht is dat bij de bruggen schades en gebreken zijn geconstateerd waardoor zorgen en/of twijfels zijn ontstaan over de duurzaamheid en de functionele comfort van het object. Hieronder per object de constatering:

- Object RM2Ba003 natrillen van het brugdek;
- Object RM2Bv007 kapot gedrukte beton met blootliggende wapening en corrosie;
- Object RM4Bf040 scheurvorming en kapot gedrukte beton nabij de steunpunten.

1.2 Doel van de opdracht

Het doel van de opdracht is per object als volgt:

- bij het object RM2Ba003 zullen op twee dieptes maximaal tien locaties, waar betonschade aanwezig is, boorstofmonsters genomen te worden. Het eerste stofmonster wordt genomen tot de wapening en de tweede tot twee centimeter na de wapening. In een laboratorium wordt de hoeveelheid chloride vastgesteld per boorstofmonster. De resultaten hiervan worden geanalyseerd en gerapporteerd.
- het object RM2Bv007 is heel licht ontworpen waardoor de brug onvoldoende stijf is voor een lange levensduur. Vastgesteld zal worden welke oplossingsrichtingen er bestaan om de brug aan te passen zodat deze voldoende stijf wordt en zijn sterkte behoud. Een volledig advies zal binnen deze opdracht niet aangeboden kunnen worden.
- bij object RM4Bf040 zal middels een veldonderzoek de scheurvorming in dwarsrichting beoordeeld worden door een constructeur op ernst en mogelijke vervolgstappen. Bij de lekkende voegen van de liggers zal de ernst en omvang beoordeeld worden die nu zichtbaar is. Op basis daarvan volgt een advies voor herstel.

1.3 Werkwijze uitvoering

Op 28 juni 2022 en 1 augustus 2022 zijn de drie objecten door een senior constructeur en een inspecteur zowel aan de bovenzijde als aan de onderzijde geïnspecteerd en proefmonsters opgenomen. De inspectie had met name de nadruk op de eerder geconstateerde schades/gebreken aan de constructies.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de geometrie van de Heulbrug, die tijdens de inspectie is vastgesteld, opgenomen. De resultaten van het onderzoek naar de staat van de wapening met behulp van een radarscan is opgenomen in hoofdstuk 3. In de hoofdstukken 4 en 5 worden respectievelijk de schadebeelden van de brug en de woningen behandeld. De conclusies en aanbevelingen zijn opgenomen in hoofdstuk 6.

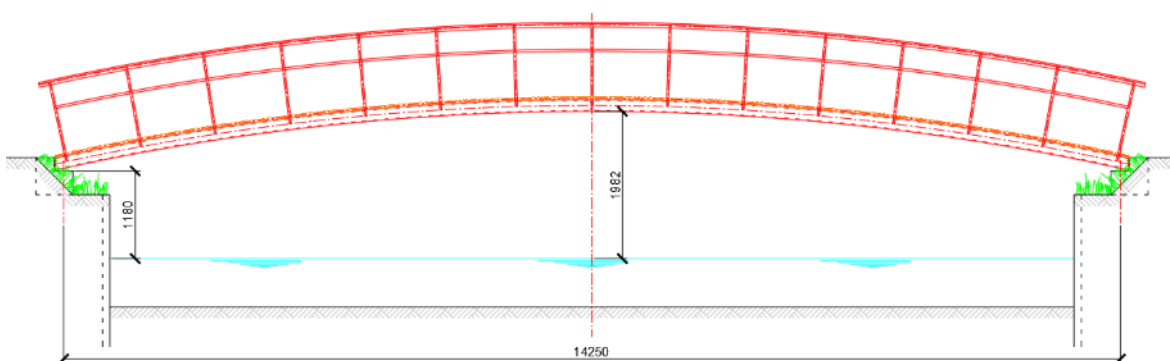
2. WERKWIJZE

2.1 Object RM2Bv007

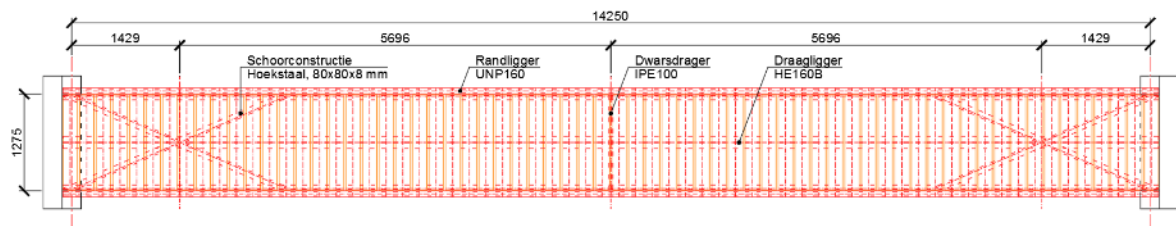
Het object betreft een stalen voetgangersbrug met een enkele overspanning. hij heeft een lengte van 14,25 m en een breedte van circa 1,30 m. In onderstaande figuren zijn de meetresultaten weergegeven.



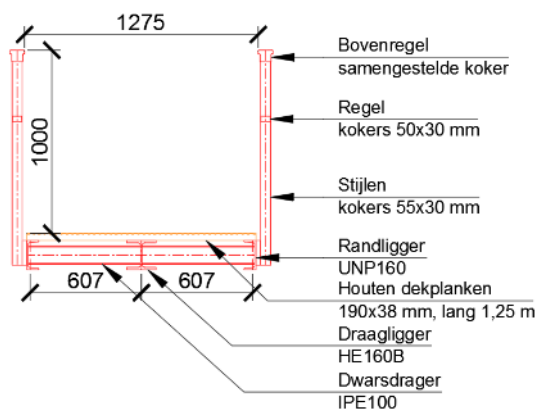
Figuur 1: Luchtfoto van de voetgangersbrug nabij De Rotte meren te Bleijswijk.



Figuur 2: Zijaanzicht van de brug.



Figuur 3: Bovenaanzicht van de brug.



Figuur 4: Dwarsdoorsnede van de brug.

2.1.1 Probleemstelling

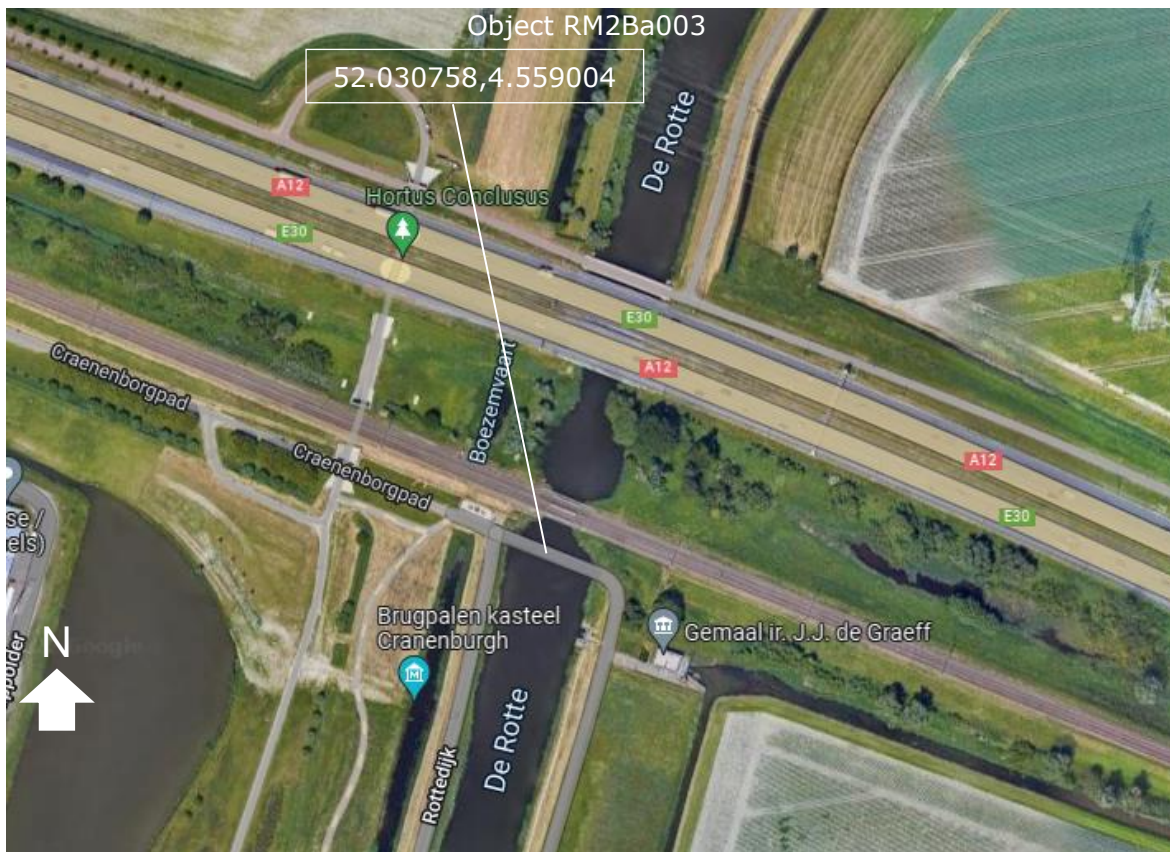
De brug is erg gevoelig voor natrillen in de dwarsrichting, (uit het vlak).

2.1.2 Oplossing

Het ontwerp van de brug is erg slank en licht, waardoor de brug onvoldoende stijfheid bezit. De schoorconstructie bestaande uit hoekstalen 80x80x8 mm is niet op de gehele overspanning toegepast, deze dient doorgezet te worden over de volledige overspanning zodat het dek meer stijfheid verkrijgt en stabiel wordt.

2.2 Object RM2Ba003

Het object betreft een betonnen voorgespannen fiets- en voetgangersbrug met drie overspanningen met een totale lengte van 48,30 m en een breedte van circa 4,10 m. Tijdens de inspectie zijn diverse metingen gedaan. De uitgevoerde metingen en geconstateerde schadebeelden zijn vastgelegd, waarbij schadebeelden zijn gefotografeerd. Zie onderstaande beelden.



Figuur 5: Luchtfoto van de fiets- voetgangersbrug in de Craenenborgpad te Bleiswijk.



Figuur 6: Foto van de zijaanzicht van de brug.



Figuur 7: Foto van de vooraanzicht van de brug.



Figuur 8: Foto van de dilatatievoeg t.p.v. het middensteunpunt.



Figuur 9: Foto van de dilatatievoeg t.p.v. het middensteunpunt.



Figuur 10: Foto van de onderkant brugdek (voorgespannen draagliggers).



Figuur 11: Foto van de palen bij het middensteunpunt (betonschade en wapeningscorrosie).



Figuur 12: Foto van de dwarsdrager van het middensteunpunt (Oxidatiesporen).



Figuur 13: Foto van het middensteunpunt (Oxidatiesporen).

2.2.1 Carbonatatie/dekkingsmetingen

De betondekking op de wapening bepalen we met behulp van een dekkingsmeter. Die meet de afstand in mm tussen de dichtst aan het betonoppervlak gelegen wapeningsstaaf en het betonoppervlak. Per locatie van ongeveer 1 m² verkrijgen we zo negen keer een indicatie van de betondekking op de wapening.

Op dezelfde locaties meten wij de carbonatatie-indringing in het betonoppervlak met behulp van een boormachine. De carbonatatie-indringing meten wij door kleurloze fenolftaleïne in het boorgat te spuiten. De fenolftaleïne kleurt paars als de pH-waarde groter dan 8 is. De carbonatatediepte is de diepte in mm die je op het moment van paarskleuring met een schuifmaat in het boorgat meet.



'Vers' beton heeft een pH-waarde van 14. Door de indringing van koolzuur (CO₂) uit de lucht vindt in het beton de zogenaamde carbonatatie plaats. Hierdoor daalt de pH-waarde in het beton. Wanneer de pH-waarde tot onder de 8 daalt kan de wapening gaan corroderen en ontstaat uiteindelijk betonschade. De snelheid waarmee indringing van koolzuur in het beton plaatsvindt is afhankelijk van onder andere de water-cementfactor, de betonkwaliteit en de situatie van het beton (vochtig, droog, wisseling droog – vochtig) enz. Onder water is de indringing van koolzuur minimaal.

De resultaten van de carbonatatie-dieptemetingen en de dekkingsmetingen verwerken wij op statistische wijze. Omdat wapeningscorrosie bij dekkingen >15 mm volgens de laatste inzichten¹ bij goed verdicht beton onwaarschijnlijk is, bepalen we het percentage wapening met een dekking <15 mm. Dit beschouwen we als het maximale percentage wapening waarbij wapeningscorrosie als gevolg van carbonatatie van het beton optreedt.

2.2.2 Chloridemetingen

Met chloridemetingen bepalen we het chloridgehalte ten opzichte van het cementgehalte. Op minimaal twee locaties boren we stofmonsters op twee verschillende dieptes. De eerste diepte tot de wapening, de tweede diepte in het gebied waarin de wapening zich bevindt. In een laboratorium voeren we met het opgevangen boorstof het chloriden en bindmiddelonderzoek uit.²

Bij chloriden geïnitieerde wapeningscorrosie kan plaatselijk een sterke afname van de staafdiameter optreden, en kunnen diepe corrosieputten in het wapeningsstaal ontstaan. Dit wordt veroorzaakt

¹ CUR-rapport 90-3 Carbonatatie, corrosie en vocht

² Richtlijn van de Bouwdienst RWS, rapport BSW 96-01

doordat chloride-ionen de plaats van hydroxide-ionen in de passiveringslaag innemen. IJzerchloride is goed oplosbaar in water. Bij aanwezigheid van (voldoende) water kan een chloride-ion een ijzer-ion vanuit het staaloppervlak in de vloeistof trekken en op kleine afstand van het staaloppervlak als ijzeroxide neerslaan. Tijdens deze reactie komt het chloride-ion weer vrij, waarna het opnieuw een ijzer-ion kan opnemen. Zo ontstaat een continue-cyclus. Bij deze schadevorm treedt vaak uitbloei en roestvlekvorming tot aan het betonoppervlak op. Dit in tegenstelling tot roestvorming geïnitieerd door carbonatatie alleen. Die formeert direct aan het staaloppervlak en vertoont geen uitbloei in het beton er omheen. Over de toelaatbare chlorideconcentraties zijn de meningen verdeeld. Ingenieursbureau Westenberg B.V. hanteert voor goed uitgevoerd beton met 'zachtstaalwapening' het volgende:

Chloridegehalte ten opzichte van cementgehalte (massa procenten):	Kans op wapeningscorrosie:
Cl < 0,3%	Onwaarschijnlijk
0,3% < Cl < 0,6%	Mogelijk in gecarbonateerd beton
0,6% < Cl < 1,0%	Mogelijk in niet gecarbonateerd beton
Cl > 1,0%	Zeer waarschijnlijk

Tussen de 0,3% en 1,0% speelt de betondekking een belangrijke rol. Als door de aanwezigheid van voldoende dekking en/of een waterwerende coating de 'dagelijkse' vochtfluctuaties buiten de wapeningszone blijven, vertraagt de corrosie aanmerkelijk.

In de tabellen hieronder zijn de resultaten van de uitgevoerde metingen weergegeven.

2.2.3 Carbonatatie-/dekkingsmetingen

In de onderstaande tabel zijn de gemeten betondekkingen weergegeven zoals bepaald tijdens de inspectie.

Tabel 1: Carbonatatie-/dekkingsmetingen.

Mp. nr.	Onderdeel	Dekking (mm)		Carbonatatie (mm)		Perc. Wap. In gecarbon. Zone	Perc. Dekking <15 mm
		Gem.	Stand. Afw.	Gem.	Stand. Afw.		
MP01	Steunpunt 2, middenpaal	43	11,0	3,0	0,8	0,1 %	0,0 %
MP02	Steunpunt 2, buitenpaal	34	6,2	3,0	0,8	0,1 %	0,0 %
MP03	Steunpunt 2, kesp	41	3,0	4,0	1,9	0,1 %	0,0 %
MP04	Steunpunt 2, dwarsdrager	31	7,6	42,5	23,8	100 %	0,0 %

MP05	Steunpunt 3, middenpaal	43	11,0	9,0	4,6	0,1 %	0,0 %
MP06	Steunpunt 3, buitenpaal	34	6,2	4,0	0,8	0,1 %	0,0 %
MP07	Steunpunt 3, kesp	41	3,0	4,0	1,0	0,1 %	0,0 %
MP08	Steunpunt 3, dwarsdrager	31	7,6	28,5	5,9	83,2 %	0,0 %

MP09	Steunpunt 4, kesp	41	3,0	22,0	4,1	0,8 %	0,0 %
MP10	Steunpunt 4, dwarsdrager	31	7,6	47,0	6,0	100 %	0,1 %



Figuur 14: Foto middensteunpunt met benaming bouwdeelen

Tabel 2: Chloriden onderzoek.

Meetpunt	Diepte van de meting	Chloridegehalte (t.o.v. cementmassa)
1.1	0 - 20 mm	0,689 % m/m
1.2	20 - 40 mm	0,319 % m/m
2.1	0 - 20 mm	0,598 % m/m
2.2	20 - 40 mm	0,632 % m/m
3.1	0 - 20 mm	0,771 % m/m
3.2	20 - 40 mm	0,656 % m/m
4.1	0 - 20 mm	0,944 % m/m
4.2	20 - 40 mm	1,513 % m/m
5.1	0 - 20 mm	1,603 % m/m
5.2	20 - 40 mm	1,535 % m/m
6.1	0 - 20 mm	0,288 % m/m
6.2	20 - 40 mm	0,234 % m/m
7.1	0 - 20 mm	0,214 % m/m
7.2	20 - 40 mm	0,140 % m/m
8.1	0 - 20 mm	0,000 % m/m
8.2	20 - 40 mm	1,469 % m/m
9.1	0 - 20 mm	0,469 % m/m
9.2	20 - 40 mm	0,478 % m/m
10.1	0 - 20 mm	0,225 % m/m
10.2	20 - 40 mm	0,425 % m/m

2.2.4 Probleemstelling

Betonschade in de funderingspalen blootliggende wapening en corrosie. Verkleuring van het betonoppervlak door oxidatiesporen op diverse plekken in de dwarsdrager, kespen en palen. Op twee dieptes en op maximaal tien locaties boorstofmonsters genomen en deze GEOS Laboratories verstuurd voor onderzoek naar chloriden in het beton. Voor de volledige resultaten van het onderzoek, zie bijlage I.

Uit de resultaten van chloriden onderzoek blijkt dat er een hoge percentage chloriden in het beton aanwezig is dan de toelaatbare waarde volgens de norm (0,6% m/m). Het onderzoek naar de carbonatatie laat zien dat alleen de dwarsdragers gecarbonateerd zijn. Tijdens de inspectie was goed te zien dat de dwarsdragers een aparte stort is en met een afwijkende betonsamenstelling dan de rest van de betonconstructie.

2.2.5 Oplossing

De dilatatievoegen (bitumineus) t.p.v. de midden steunpunten en de eindsteunpunten moeten worden hersteld en waterdicht worden gemaakt. De betonschades aan de palen moet opnieuw worden uitgevoerd aangezien deze niet goed hersteld zijn. Voor het aanbrengen van de betonreparatie dient eerst de corrosie uit de wapening te worden verwijderd, dit is bij de eerste herstelling niet gebeurd of onvoldoende.

Vanwege het hoge gehalte aan chloride indringing is de kans aanwezig dat betonschade ten gevolge wapeningscorrosie weer gaat optreden. De aanwezig indringing kun je niet verwijderen, dit is op zich ook niet ernstig maar dit moet wel in de gaten gehouden worden. Bij elke inspectie van de brug dient daarom goed naar de staat van onderhoud van de dilatatievoegen en de palen gekeken te worden.

2.3 Object RM4Bf040

Het object betreft een prefab betonnen verkeersbrug (niet voorgespannen) met een enkele overspanning met een totale lengte van circa 12 m en een breedte van circa 4,30 m. Tijdens de inspectie zijn geen metingen verricht. De schadebeelden zijn gefotografeerd, zie onderstaande beelden.



Figuur 15: Luchtfoto van de verkeersbrug in de Runderenpad te Bergschenhoek.



Figuur 16: Foto van de zij aanzicht van de brug.



Figuur 17: Foto van de vooraanzicht van de brug.



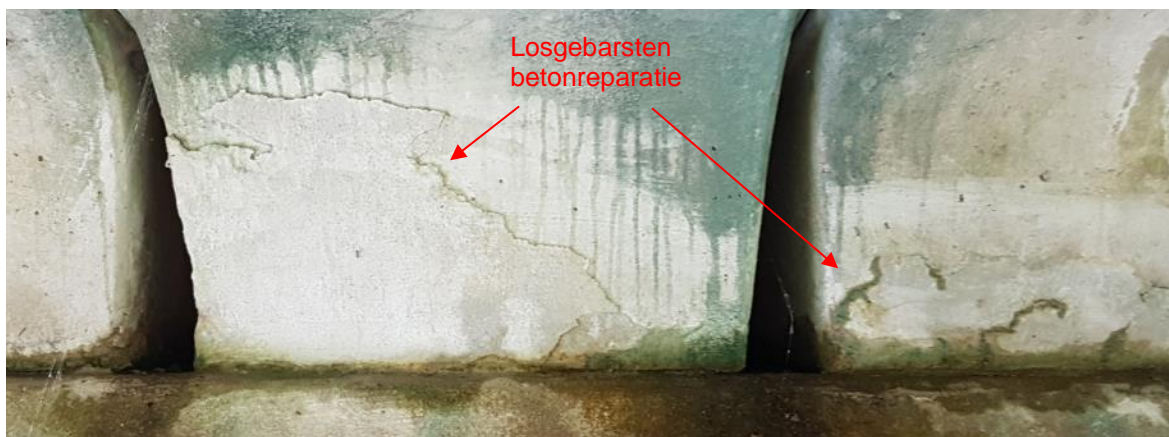
Figuur 18: Foto van de dilatatievoeg t.p.v. het middensteunpunt.



Figuur 19: Foto van de dilatatievoeg t.p.v. het middensteunpunt.



Figuur 20: Foto van de onderkant het brugdek (t.p.v. het steunpunt).



Figuur 21: Foto van de liggers bij het steunpunt (betonschade).



Figuur 22: Foto van de ligger bij het steunpunt (betonschade en wapeningscorrosie).

2.3.1 Probleemstelling

De betonschade in de liggers bij de steunpunten is het gevolg van losgebroken betonreparaties nadat het gecorrodeerde wapening is gaan uitzetten. De schade lokaal en beperkt.

2.3.2 Oplossing

De dilatatievoegen (stalen plaat) moeten worden hersteld en waterdicht worden gemaakt. De betonschades aan de liggers moet opnieuw worden uitgevoerd aangezien dit vermoedelijk niet op de juiste wijze is gedaan. Voor het aanbrengen van de betonreparatie dient de wapening eerst gereinigd en ontdaan te worden van corrosie.