

## Notitie

Bescherming persoonlijke levenssfeer

Aan

[Redacted]

Datum  
17 februari 2025

Onderwerp

Review RWS advies voor bruggen met staal gevoelig voor waterstofverbrossing

Bijlage(n)

Bescherming persoonlijke

### 1. Inleiding

In opdracht van Rijkswaterstaat GPO, afdeling Bruggen en Viaducten, wordt door Adviesbureau Hageman, TNO en TU Delft gezamenlijk een review uitgevoerd van het door Rijkswaterstaat opgestelde advies voor bruggen met voorspanstaal gevoelig voor waterstofverbrossing RWS-Memo “Advies over betonnen bruggen met staal gevoelig voor waterstofverbrossing” [1]. Dit RWS-Memo is opgesteld naar aanleiding van de eerste bevindingen na het bezwijken van de de Carolabrücke in Dresden. In de onderhavige notitie wordt verslag gedaan van de review van de door Rijkswaterstaat opgestelde memo. Hierbij is ook de informatie meegenomen zoals verstrekt tijdens de bespreking met Rijkswaterstaat op 7 februari 2025.

Vooraf aan het overleg op 7 februari 2025 is de volgende informatie door Rijkswaterstaat verstrekt:

- [1] Advies over betonnen bruggen met staal gevoelig voor waterstofverbrossing, Rijkswaterstaat memo, RWS=2-24/40864, d.d. 10 december 2024
- [2] Evaluatie van een pilot-onderzoek naar mogelijke waterstofverbrossing van een voorgespannen betonnen viaduct, TNO-rapport 2000-BT-R00063/01, d.d. 1 maart 2000
- [3] Onderzoek naar mogelijke waterstofverbrossing van voorspanstaal in viaduct Oosterhout, TNO-rapport 2000-BT-MK-R0061/02, d.d. 10 april 2000
- [4] Onderzoek naar mogelijke waterstofverbrossing van voorspanstaal in viaduct Breda, TNO-rapport 2000-BT-MK-R0334/02, d.d. 13 april 2001
- [5] Onderzoek naar mogelijke waterstofverbrossing van voorspanstaal in viaduct Geldrop, TNO-rapport 2000-BT-MK-R0335/02, d.d. 13 april 2001
- [6] Onderzoek naar mogelijke waterstofverbrossing van voorspanstaal in viaduct Steenenhoek, TNO-rapport 2001-CI-R1033, d.d. 14 maart 2002
- [7] Vorläufige Erkenntnisse zur Ursache und Hergang des Teileinsturzes der Carolabrücke, Marx Krontal Partner, Dresden, niet gedateerd

Daarnaast is bij de review gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- [8] Handlungsanweisung zur Überprüfung und Beurteilung von älteren Brückenbauwerken, die mit vergütetem, spannungsrissskorrosionsgefährdetem Spannstahl erstellt wurden (Handlungsanweisung Spannungsrissskorrosion), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, d.d. 06/2011
- [9] Integration der Hangslunsanweisungen Spannungsrissskorrosion und Koppelfugen in die Nachrechnungsrichtlinie, BAST, Heft B 186, d.d. januari 2023

In hoofdstuk 2 van deze notitie worden de door Rijkswaterstaat voorgelegde vragen weergegeven, daarna wordt in hoofdstuk 3 een aantal opmerkingen bij het Rijkswaterstaat memo [1] gemaakt, waarna in hoofdstuk 4 ingegaan wordt op de door Rijkswaterstaat voorgelegd vragen en het antwoord hierop door ondergetekenden.

Zoals tijdens het overleg op 7 februari aangegeven, is er op korte termijn een overleg gepland tussen o.a. Rijkswaterstaat, TNO en Bescherming persoonlijke levenssfeer welke betrokken was bij het onderzoek naar de instorting van de Carolabrücke. Tijdens dit overleg zal onder andere gesproken worden over de nieuwste inzichten in Duitsland betreffende de omgang met bruggen met veredeld voorspanstaal. Welke wijzigingen er in Duitsland momenteel overwogen worden van de bestaande beoordelingsmethodiek [8] + [9] was bij het opstellen van deze review nog niet duidelijk. Mogelijk is er na het overleg met Bescherming persoonlijke levenssfeer een beter beeld van de voorgestelde wijzigingen in de beoordelingsmethodiek en de achterliggende gedachten hierbij. Het valt niet uit te sluiten dat op basis van het overleg en de vernieuwde inzichten in Duitsland het in dit memo geformuleerde advies heroverwogen zal moeten worden.

## 2. Door Rijkswaterstaat voorgelegd vragen

Door Rijkswaterstaat zijn aangaande het in [1] geformuleerde advies de volgende vragen gesteld (email Bescherming persoonlijke levenssfeer).

*Zien jullie aanleiding om de urgentie hoger of lager in te schatten dan wij hebben geadviseerd?  
Zo ja, welke aanleiding(en)?*

*Wat is er nodig om de constructieve veiligheid te borgen tot het moment van vervangen?  
En, indien nodig, welke aanvullende maatregelen zouden jullie daarvoor adviseren?  
(maatregelen die in het algemeen overwogen worden, zijn: rekenen, inspecties, monitoring,  
ondersteunen, verkeer beperken of niets doen.)*

*Eventuele verdiepende vragen:*

*Indien één van de maatregelen inspectie van de voorspanning zou zijn:*

- *Welke NDT technieken zien jullie op dit moment als meest kansrijk voor dit probleem?*
- *Hoe nauwkeurig zijn deze?*

*Indien één van de maatregelen monitoring is:*

- *Welke technieken zijn het meest kansrijk voor deze viaducten/dit probleem? AE, scheurvorming,  
...*
- *Hoeveel zekerheid geven deze (al dan niet in combinatie met de inspectie)?*

*Wat is het te verwachten tijdsplan om met behulp van dit soort informatie (inspecties/monitoring) de constructieve veiligheid te kunnen borgen?*

## 3. Opmerkingen op RWS memo

Pag. 1 – aantal kunstwerken

Mogelijk dient het aantal kunstwerken aangepast te worden. Zie verder het commentaar op bijlage 1 van [1].

Pag. 2 – Toelichting waterstofverbrossing

Er wordt gesteld dat het materiaal zelf de belangrijkste parameter is voor het ontstaan van waterstofverbrossing. Dat is op hoofdlijnen correct maar de mate van gevoeligheid voor waterstofverbrossing kan van geval tot geval variëren. Het productieproces van het voorspanstaal was dusdanig dat er spreiding kon optreden in de per charge gerealiseerd materiaaleigenschappen. Met

name charges van het staal welke resulteerden in hogere breukkracht dan vereist (orde grootte 1700 MPa of hoger, waar 1570-1600 MPa was beoogd) zijn extra gevoelig voor waterstofverbrossing.

Er wordt aangegeven dat er geen wezenlijk verschil is tussen toepassing als nagerekt voorspanstaal met aanhechting of voorgerekt voorspanstaal. Dit is niet het beeld dat is af te leiden uit Duitse literatuur op dit gebied, o.a. in [8] wordt aangegeven dat de kans op optreden van spanningscorrosie door waterstofverbrossing klein geacht wordt in liggers met voorgerekt voorspanstaal. Daarbij heeft mogelijk meegewogen dat optreden van draadbreek tijdens het spannen onderkend zal worden (draden worden voor het storten van beton gespannen waarbij breek zodoende direct opvalt) en opgetreden schade tijdens bouw dus reeds zichtbaar is en het aannemelijk is dat daarna de betreffende draden vervangen zullen zijn. Daarnaast is de in literatuur vermelde schade aan kunstwerken vaak te koppelen aan lange tijd onbeschermd blijven van het voorspanstaal of (lokaal) slechte injectie van de spankanalen. Voor liggers met voorgerekt staal zal voor het halen van een optimale productie de tijdsduur tussen aanbrengen voorspandraden, spannen en storten beton zo kort mogelijk geweest zijn en zijn de draden direct ingebetoneerd. Bovenstaande punten maken dat de in [8] veronderstelde lage kans op optreden van spanningscorrosie door waterstofverbrossing bij liggers met voorgerekt voorspanstaal zeer reëel lijkt en het daarom onduidelijk is waarom er n.a.v. het Carolabrücke incident nu vanaf geweken zou moeten worden.

#### Pag. 2. Bestaande methodiek(en) beoordeling constructieve veiligheid

Het in de periode 1999-2003 geformuleerde advies om voor de onderhavige bruggen geen verandering in de belastingssituatie toe te staan is mede gebaseerd op de destijds uit Duitsland ingeschakelde specialisten bij Bundesanstalt für Materialforschung (BAM). Hierbij speelde ook mee dat bij de 4 onderzochte kunstwerken op de onderzochte lokaties geen aanwijzingen werden gevonden voor opgetreden schade door waterstofverbrossing.

Pag. 2. Bestaande methodiek(en) beoordeling constructieve veiligheid - toepassing Duitse handleiding  
De in [8] en [9] gegeven beoordelingsprocedure is opgesteld uitgaande van de Duitse norm en regelgeving. Voor de aansluiting met de in Nederland toegepaste normen en richtlijnen, betekent dit dat voor een correcte toepassing in Nederland aanpassingen van de methodiek nodig is. Bij de beoordeling van het kunstwerk Steenenhoek is dit gebeurd, in hoeverre dit ook voor het kunstwerk Kennedyweg geldt is ons niet duidelijk.

#### Pag. 3 Bovenste alinea, aanpassing beoordelingsprocedure Duitsland

Op dit moment is het niet duidelijk of de voorgestelde wijziging in de beoordelingsprocedure voor alle oude veredelde staalsoorten, voorspansystemen en brugtypen geldt of dat hierin onderscheid gemaakt moet of kan worden. Vraag hierbij is met name welke parameters ertoe leiden dat een brug als risicovol wordt aangeduid. Geadviseerd wordt om de ontwikkelingen in Duitsland nauwgezet te volgen en na te gaan wat dit betekent voor de Nederlandse kunstwerken met veredeld voorspanstaal.

Zoals in [8] aangegeven, lijkt het staal van type Henningsdorfer dat in het voormalige Oost-Duitsland werd vervaardigd, nog gevoeliger is voor de condities voor en tijdens de bouw. De Carolabrücke was uitgerust met Henningsdorfer staal; de bruggen in Nederland zijn dat met nagenoeg 100% zekerheid niet, daar voorspanstaal uit voormalig Oost Duitsland niet in Nederland geleverd werd.

#### Pag. 3 Beheermaatregelen - versterking

Er wordt bij versterken hier alleen gekeken naar een volledige vervanging van de volledige voorspanning. Dit is inderdaad vrijwel niet mogelijk. Echter, het aanbrengen van additionele voorspanning of wapening om gecombineerd met monitoring na het breken van enkele draden een fatale kabelbreek te vermijden, is mogelijk wel een optie. Daar bij monitoring in de beginsituatie (nul-situatie) niet duidelijk zal zijn in welke mate er reeds draadbreek aanwezig is en zodoende ook niet

duidelijk is wanneer het aantal kritische draadbreuken is bereikt, kan men door additionele wapening aan te brengen ruimte en tijd creëren voor waarschuwend vermogen.

#### Pag. 3 Constructies vervangen

Ook bij een volledige vervanging van het kunstwerk zal er een kans op bezwijken aanwezig zijn. Deze is bij een correct ontwerp en uitvoering echter weer voldoende klein waarmee aan het wettelijk vereiste veiligheidsniveau wordt voldaan.

#### Pag. 3 Monitoring

Zoals hiervoor aangegeven kan de onzekerheid over de nul-situatie mogelijk ondervangen worden door het aanbrengen van additionele wapening. Daarmee wordt marge gecreëerd om enkele draadbreuken op te kunnen nemen zonder dat dit direct kan leiden tot bezwijken. Zodoende ontstaat tijd om na het tijdens monitoring constateren van draadbreek passende maatregelen te nemen.

#### Pag. 4 1<sup>e</sup> aandachtspunt – representativiteit van het uitgevoerde onderzoek

Er wordt de indruk gewekt dat met 0,013% van het totaal aantal meter voorspanstaal in het viaduct een dergelijk onderzoek weinig tot geen zin heeft in het kader van te nemen beheersmaatregelen. Hierbij wordt eraan voorbij gegaan dat een belangrijke indicator voor de risico-inschatting de daadwerkelijk gerealiseerde eigenschappen van het toegepast staal is. Zoals hiervoor aangegeven kan door het gevolgde productieproces een enkele charge een hogere breukkracht hebben (1700 MPa of hoger), daarmee wordt het staal nog gevoeliger voor waterstofverbrossing. Dit effect is meetbaar per charge waarmee met een enkel monster een uitspraak te geven is voor minimaal 7 ton [8] en maximaal 19 ton [6] ton voorspanstaal. Het aantal monsternamen-plaatsen bij de oude onderzoeken in Nederland was er onder andere op gericht om een zo goed mogelijk beeld te krijgen van het wel of niet toegepast zijn van charges met extra verhoogde gevoeligheid voor waterstofverbrossing.

#### Pag. 4 2<sup>e</sup> aandachtspunt – benodigde zekerheid of nul-situatie voor waarschuwend vermogen

Terecht wordt gesteld dat bij toepassen van welke vorm van monitoring dan ook er ruimte moet zijn voor voldoende waarschuwend vermogen. Hierbij lijkt een goede kennis over de exacte status van het toegepast voorspanstaal van belang. Zoals hiervoor aangegeven kan men echter door middel van beperkte versterkingsmaatregelen, extra waarschuwend vermogen toevoegen hetgeen in combinatie met bijvoorbeeld akoestische emissie weer voor voldoende waarschuwend vermogen kan zorgen.

#### Pag. 4 3<sup>e</sup> aandachtspunt – monitoring als beheersmaatregel

Dit aandachtspunt gaat alleen in op monitoring als permanente beheersmaatregel en stelt dat dit niet als permanente beheersmaatregel wordt geadviseerd. Gegeven de resterende onzekerheden over beschikbaarheid van een kunstwerk gedurende de restlevensduur heeft toepassen van monitoring als permanente beheersmaatregel inderdaad niet de voorkeur. Dit neemt niet weg dat monitoring wel als tijdelijke beheersmaatregel aandacht verdient. Tot aan het tijdstip van vervanging van het kunstwerk moet men een veilig gebruik kunnen waarborgen. Al naar gelang de risico-inschatting per kunstwerk zal monitoring hierin een onderdeel kunnen/moeten zijn.

#### Pag. 4 4<sup>e</sup> aandachtspunt – vervolgstappen monitoring

Terecht wordt gesteld dat bij monitoring men ook de eventuele vervolgstappen moet organiseren. Ter info wordt vermeld dat bij kunstwerk Cadettenkamp bij het uitwerken van het monitoringsplan ook een ondersteuningsconstructie is ontworpen welke op basis van standaard materieel (steiger materiaal en Stelcon platen) op afroep geplaatst kon worden. Dit behoeft geen reden te zijn om niet tot monitoring over te gaan.

#### Pag. 5, Advies, 3<sup>e</sup> alinea

“Dit advies betekent niet dat al deze bruggen en viaducten op dit moment constructief onveilig zijn.”

Zonder de onder 4 van dit memo gegeven stappen is geen uitspraak te doen over het wel of niet voldoende veilig zijn van de kunstwerken.

Daarnaast is het de vraag wat de definitie is van constructief veilig en wat van constructief onveilig. Constructief veilig wil in de regel zeggen dat een constructie voldoet aan het beoogde constructieve veiligheidsniveau, wat betekent dat de kans op falen kleiner is dan een vastgestelde waarde. Als dat niet aangetoond kan worden zou men kunnen spreken van constructief onvoldoende veilig of onveilig, maar daarmee wordt een kwalitatieve uitspraak gedaan zonder een duidelijk beeld over de mate waarin de kans op falen dan is toegenomen.

Pag. 5, 3<sup>e</sup> aandachtspunt in opsomming

Het wel of niet treffen van tijdelijke beheersmaatregelen tot aan vervanging staat los van de tijdsduur tot vervanging. Dit dient gekoppeld te worden aan een nadere beoordeling van de kunstwerken zoals voorgesteld onder punt 4 van dit memo.

#### Bijlage 1:

Voorspanstaal met een staalkwaliteit QP 140 of QP 150 (St. 125/140 of 135/150) is in het verleden in RBK 1.1 tabel B3-1 benoemd als mogelijke verdachte voorspanstaalkwaliteit aangaande waterstofverbrossing. Dit was gebaseerd op het kennisniveau op dat moment en deels ingegeven door de gedachte dat men beter een melding teveel dan te weinig kon ontvangen. Zoals in [8] vermeld, is volgens de huidige inzichten echter alleen veredelde voorspanstaal met staalkwaliteit QP 160 (St 145/160 of St140/160) verhoogd gevoelig voor waterstofverbrossing.

Bij een deel van de 13 kunstwerken in de lijst is mogelijk wel veredeld voorspanstaal toegepast maar was de gehanteerde staalsoort niet QP 160 waardoor deze kunstwerken niet als verhoogd gevoelig voor waterstofverbrossing geclassificeerd mogen worden.

In 40B-108-01/02 is vermoedelijk QP150 toegepast (Freysinet 12 Ø 7 mm draden) daar Ø 7 draden niet in QP 160 geleverd werden.

Voor de Algerabrug is nooit met 100% zekerheid vastgesteld dat QP160 op een of andere wijze hierin is verwerkt.



Voor het complex Kleinpolderplein lijkt het verkeerde kunstwerkdeel vernoemd te zijn. De kunstwerken met KA-systeem betreffen de plaatviaducten over de A20. In een oude RWS rapportage<sup>1</sup> is aangegeven dat vermoedelijk Sigma-staal is toegepast (zie foto van bouw, toont ovale draden met duidelijke ronde hoeken hetgeen kenmerkend was voor Sigma t.o.v. Neptun (hoekiger)). Daarmee is gegeven het bouwjaar vrijwel zeker Sigma-staal “neuerer Typ” (zie ook [8] Pag. 5) toegepast welke als “gefährdet” en niet als “stark gefährdet” ingedeeld is (zie ook [8] Anlage 2.1). Hiermee is waterstofverbrossing niet uitgesloten maar is de kans hierop wel kleiner, in [8] levert dit een lagere score op bij de daar gegeven voorstellen voor prioritering (anlage 2.1 van [8]).

De kunstwerken met topcode 40B-107-01 en 02 zijn qua vorm vergelijkbaar met 44D-106 maar vermoedelijk is het toegepaste voorspanstelsysteem anders. Om dit na te gaan wordt geadviseerd om te

<sup>1</sup> Oud Bouwdienst Rijkswaterstaat document door Bescherming persoonlijke levenssfeer beschikbaar gesteld

kijken of de overeenkomst voor de bouw beschikbaar is en hierin is aangegeven welk voorspanstaal door de opdrachtgever ter beschikking is gesteld.

## 4. Beantwoording door RWS voorgelegd vragen

Hier wordt allereerst ingegaan op de door RWS gestelde specifieke vragen, aansluitend worden nog enkele aanvullende adviezen gegeven.

*Zien jullie aanleiding om de urgentie hoger of lager in te schatten dan wij hebben geadviseerd? Zo ja, welke aanleiding(en)?*

Op basis van [1] wordt aangenomen dat met een hogere of lagere urgentie o.a. bedoeld wordt het eerder of later vervangen dan na 5 jaar. De noodzaak voor vervanging binnen 5 jaar is in [1] niet duidelijk onderbouwd. Een vervanging eerder dan na 5 jaar, wordt, gegeven de benodigde voorbereidingen hiervoor echter niet reëel geacht. Onder voorwaarde dat in de tussenliggende periode de juiste beheersmaatregelen worden genomen, lijkt, gegeven het huidige kennisniveau van de problematiek, het eerder overgaan tot vervanging ook niet nodig. De mogelijke beheersmaatregelen worden verderop besproken.

Als reden voor de herziene Rijkswaterstaat strategie voor bruggen met veredeld voorspanstaal wordt de instorting van de Carolabrücke benoemd en het in Duitsland afstappen van de strategie waarbij vertrouwd wordt op waarschuwend vermogen (na aantonen volgens een gegeven procedure). Het is ons niet geheel duidelijk of de gewijzigde aanpak in Duitsland gebaseerd is op ervaring met alle drie de staalsoorten (Neptun, Sigma en Henningsdorfer) en geldt voor alle brugtypen, voorspansystemen etc. of dat dit met name te koppelen is aan één specifieke voorspanstaalsoort of brugtype etc.. Uit de oude onderzoeksrapporten is gebleken dat in Nederland vermoedelijk alleen Sigma of Neptun staal is toegepast ([3], [4], [5] en [6] allen Sigma-alt). Nadere informatie uit Duitsland moet duidelijk maken of op basis van de nieuwe kennis er redenen zijn om alle kunstwerken met veredeld voorspanstaal in Nederland als kritiek te beschouwen.

*Wat is er nodig om de constructieve veiligheid te borgen tot het moment van vervangen? En, indien nodig, welke aanvullende maatregelen zouden jullie daarvoor adviseren? (maatregelen die in het algemeen overwogen worden, zijn: rekenen, inspecties, monitoring, ondersteunen, verkeer beperken of niets doen.)*

Om de constructieve veiligheid te borgen tot het moment van vervangen worden de volgende stappen geadviseerd:

1. Inspectie van alle kunstwerken

Door middel van een inspectie moet minimaal per kunstwerk nagegaan worden of onder huidig gebruik er schade zichtbaar is die duidt op het eventueel opgetreden zijn van draadbreek door waterstofverbrossing. Een zichtbare schade kan scheurvorming zijn maar ook andere schade welke een aanwijzing kan zijn voor een verhoogde kans op optreden van draadbreken). Bij het aantreffen van scheurvorming zal de oorzaak voor de scheurvorming vastgesteld moeten worden.

2. Vaststellen toegepast voorspanstelsysteem en type voorspanstaal

Van die kunstwerken die in het verleden nog niet in detail onderzocht zijn, moet alsnog nagegaan worden welke type voorspanstaal is toegepast. Indien dit niet eenduidig op basis van

archiefonderzoek vastgesteld kan worden, zal men door middel van (beperkt) onderzoek aan de constructie dit moeten bepalen.

3. Rekenkundig beoordelen/risico analyse volgens Handlungsanweisung procedure  
Om te kunnen beoordelen hoe kritisch een kunstwerk is (tot het moment van vervangen) zal men rekenkundig moeten vaststellen wat het effect van draadbreek is op de constructieve veiligheid. Dit betekent op dit moment het volgen van het Duitse protocol (aangepast naar de Nederlandse normen en richtlijnen) en het aan de hand daarvan vaststellen van wel of niet aanwezig zijn van voldoende waarschuwend vermogen.
4. Aanbrengen additionele wapening  
Wanneer op basis van 3 ingeschat wordt dat de kans op bezwijken zonder waarschuwen relatief groot is moet de mogelijkheid voor plaatsing van additionele wapening nagegaan worden. Door aanbrengen additionele wapening is een extra reserve in te bouwen waardoor in combinatie met o.a. monitoring (AE) enige vorm van schade acceptabel is.  
De kans op bezwijken zonder waarschuwen is relatief groot als het aantal resterende draden bij zichtbaar worden van scheurvorming niet veel hoger is dan het aantal benodigde draden om nog te voldoen aan de minimale eis voor restcapaciteit na scheurvorming ( $\gamma_{p \geq 1.1}$  in [8]). Als het aantal benodigde draden om te voldoen aan  $\gamma_{p \geq 1.1}$  hoger is dan het aantal voor zichtbaar worden van scheurvorming kan additionele wapening ook overwogen worden maar zal er dus nog meer additionele wapening nodig zijn.
5. Monitoring van de kunstwerken  
Tot het tijdstip van vervanging moeten alle kunstwerken minimaal door middel van een inspectie elk half jaar gemonitord worden op scheurvorming, optreden van (toegenomen) vervormingen en eventuele andere tekenen van schade.  
Al naar gelang de uitkomsten van de risico-analyse kan het wenselijk zijn om de gehele constructie of delen van de constructie te voorzien van akoestische emissie sensoren. Deze moeten zo aangebracht en ingesteld zijn dat realtime het optreden van draadbreuken in de kritische zones waargenomen kan worden. Ook moet overwogen worden de doorbuiging continu te monitoren. Hierbij wordt opgemerkt dat de doorbuiging ook afhankelijk is van tijdsafhankelijke effecten zoals temperatuursveranderingen. Niet-continue, periodieke metingen zijn daardoor mogelijk lastig te koppelen aan veranderend gedrag van het kunstwerk door draadbreek.

Bovenstaande stappen moeten waar mogelijk parallel, naast elkaar, uitgevoerd worden om zo snel mogelijk een goed beeld te krijgen van de huidige situatie.

Het wordt opgemerkt dat al naar gelang de uitkomsten van bovenstaande stappen, de noodzaak tot daadwerkelijke vervanging van individuele kunstwerken mogelijk heroverwogen moet worden.

Bij bovenstaande stappen kan waar mogelijk gebruik worden gemaakt van het feit dat een deel van de kunstwerken gebaseerd is op eenzelfde ontwerp. De benodigde inspanning voor een rekenkundige beoordeling kan hiermee sterk beperkt worden.

*Eventuele verdiepende vragen:*

*Indien één van de maatregelen inspectie van de voorspanning zou zijn:*

- *Welke NDT technieken zien jullie op dit moment als meest kansrijk voor dit probleem?*
- *Hoe nauwkeurig zijn deze?*

Om de conditie van de voorspanning te bepalen zijn er, voor zover wij dit kunnen beoordelen, geen geschikte NDT methoden beschikbaar. Hiertoe zal men draden in de constructie vrij moeten maken.

*Indien één van de maatregelen monitoring is:*

- *Welke technieken zijn het meest kansrijk voor deze viaducten/dit probleem? AE, scheurvorming, ...*
- *Hoeveel zekerheid geven deze (al dan niet in combinatie met de inspectie)?*

Zoals hiervoor aangegeven, wordt bij monitoring geadviseerd minimaal de scheurvorming in de constructie en de optredende doorbuiging te volgen. Al naar gelang de uitkomsten van de risicoanalyse, kan dit gecombineerd worden met akoestische emissie metingen. Aangaande akoestische emissie zijn er ten opzichte van de pilot op brug Cadettenkamp veel nieuwe ontwikkelingen waardoor naar verwachting het aantal sensoren verder geoptimaliseerd kan worden en de bedrijfszekerheid van de systemen ook toegenomen is. In Duitsland is op meerdere kunstwerken met veredeld voorspanstaal een akoestisch emissie systeem geïnstalleerd. Geadviseerd wordt om de daar opgedane ervaringen in kaart te brengen.

*Wat is het te verwachten tijdsfad om met behulp van dit soort informatie (inspecties/monitoring) de constructieve veiligheid te kunnen borgen?*

Om de constructieve veiligheid te kunnen waarborgen moeten alle vijf hiervoor vermeldde stappen zo snel mogelijk in gang gezet worden.

#### Omgang met bijzondere transporten en 4-0 systemen

Er wordt op gewezen dat met de Duitse beoordelingsmethodiek uitgegaan wordt van een lagere rekenkundige verkeersbelasting dan hetgeen normaliter wordt aangehouden in het ontwerp of een normale herbeoordeling van een kunstwerk. Dit maakt dat de wijze waarop het wel of niet toelaatbaar zijn van bijzondere transporten / jaarontheffingen anders ingericht zal moeten worden. Dit geldt ook voor het wel of niet toestaan van 4-0 systemen.

Delft, 17 Februari 2025

# Bescherming persoonlijke levenssfeer