

MC Renovatie Bruggen

Memo

Aan Bouw en Woning Toezicht Rotterdam

Van Project Suurhoff

Datum 9-9-2016 (selectie van versie 13/07/2016)

Kopie

Uw referentie

Onze referentie 2309230-11

Revisie: 2.0

Betreft Geschiedenis en uitgangspunten Suurhoffbrug

Samenvatting:

Dit document bevat de omschrijving van de bestaande Suurhoffbrug met de geschiedenis van de brug met betrekking tot schades en herberekeningen. Verder wordt ingegaan op de uitgangspunten van de instandhoudingsberekening die een basis vormt voor de versterkingen die noodzakelijk zijn voor het borgen van de constructieve veiligheid tot en met 2025.

Doelstelling is de huidige brug minimaal tot 2020 en maximaal tot ca. 2025 in stand te houden voor 2 keer 2 rijstroken, afhankelijk van de verkeerintensiteit. De verwachting is dat na 2025 de brug niet meer beschikbaar is voor verkeer met een variatie van ca. +/- 3 jaar. Indien de verkeersintensiteit achter blijft bij de verwachting, kan de periode van instandhouding verlengd worden. Bij een sterkere toename van de intensiteit van vrachtwagens wordt de periode verkort.

Contents

1. Inleiding	4
2. Projectomschrijving	4
1.1 Bovenbouw bestaande Suurhoffbrug	5
1.2 Onderbouw bestaande Suurhoffbrug	8
1.3 Oplegschema verkeersbrug	9
1.4 Doel rapport	10
1.5 Leeswijzer	10
2 Geschiedenis Suurhoffbrug	11
2.1 Nieuwbouw Suurhoffbrug	11
2.2 Schade Suurhoffbrug	11
2.3 Problematiek stalen rijdekken	11
2.4 RISK en PRB Stalenbruggen	11
2.5 PRB Stalenbruggen 2008	12
2.6 MC herberekening Suurhoffbrug 2010-2013	12
2.7 Heroverweging berekening Suurhoffbrug 2014	14
2.8 Afschrijven bestaande brug en nieuwe bovenbouw 2014-2015	16
2.9 Instandhouding	16
3 Bijlage A - Levensduur & Veiligheid	19
4 Bijlage B - Vermoeiingsbelastingen	21
4.1 Achtergrond	21
4.2 Verkeersintensiteit	22

MC Renovatie Bruggen



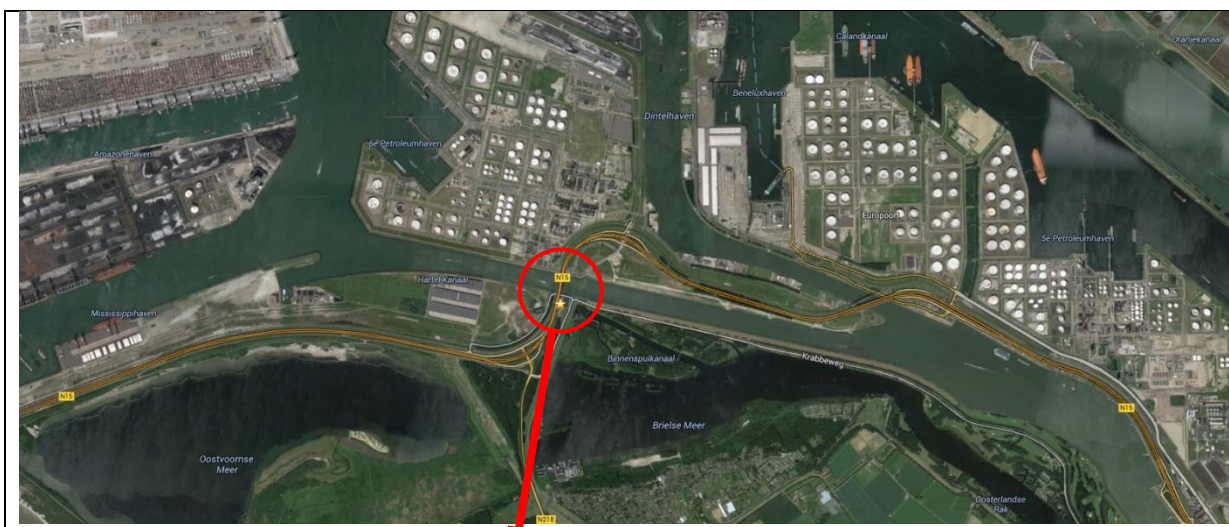
1. Inleiding

De Suurhoffbrug is in gebruik genomen in 1972 voor een ontwerplevensduur van 80 jaar. In verband met de in 1998 aangetroffen schade is RWS gestart met een beschouwing van het veiligheidsniveau van de brug. Doelstelling was maatregelen te treffen om de brug in stand te kunnen houden voor de ontwerplevensduur van 80 jaar. Dit houdt in dat de brug na een eventuele renovatie nog minimaal 30 jaar mee zou moeten gaan. Uit herberekeningen is gebleken dat renovatie voor een periode van 30 jaar niet haalbaar is voor een beschikbaarheid van 2 x 2 rijstroken. De voorbereidingen voor een permanente vervanging zijn inmiddels gestart.

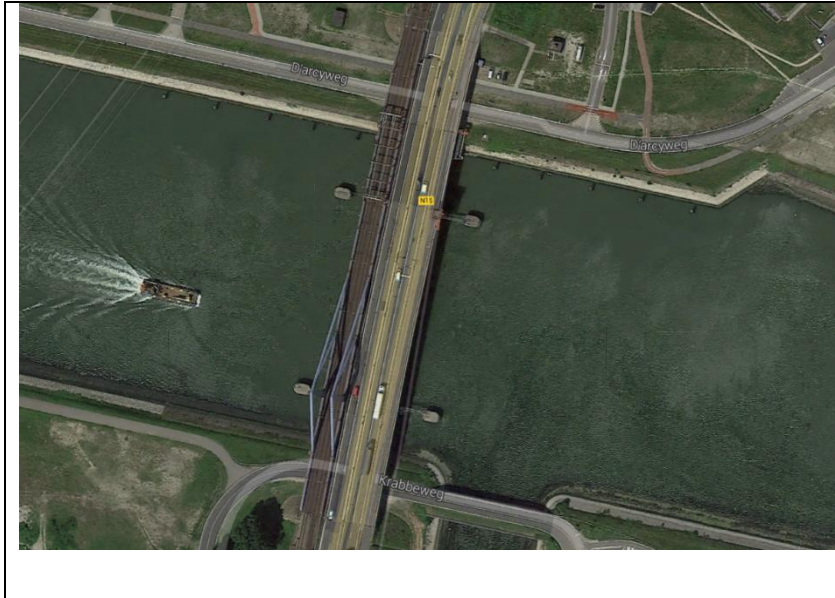
De periode tot aan het moment van definitieve vervanging van de brug wordt overbrugd door een serie maatregelen waarvan de versterkingen in het najaar van 2016 een onderdeel vormen. Door de restlevensduur en de referentieperiode te verkorten en de toepassing van een minimale versterking wordt aangetoond dat de constructieve veiligheid van de Suurhoffbrug tot 2025 is geborgd.

2. Projectomschrijving

De Suurhoffbrug ligt in de A15 over het Hartelkanaal tussen Rozenburg en Oostvoorne.



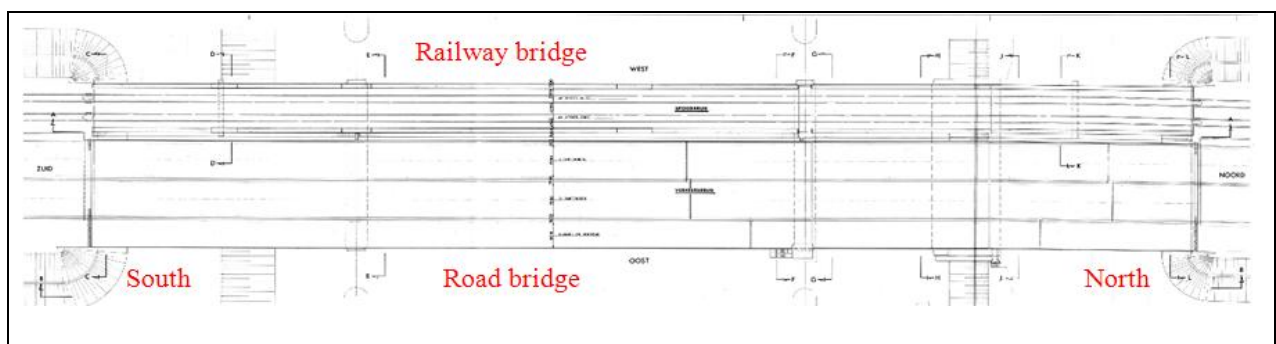
Locatie Suurhoffbrug



1.1 Bovenbouw bestaande Suurhoffbrug

De brug bestaat uit een spoorwegbrug (havenspoorlijn) en een verkeersbrug (A15). De verkeersbrug bestaat uit drie rijbanen namelijk:

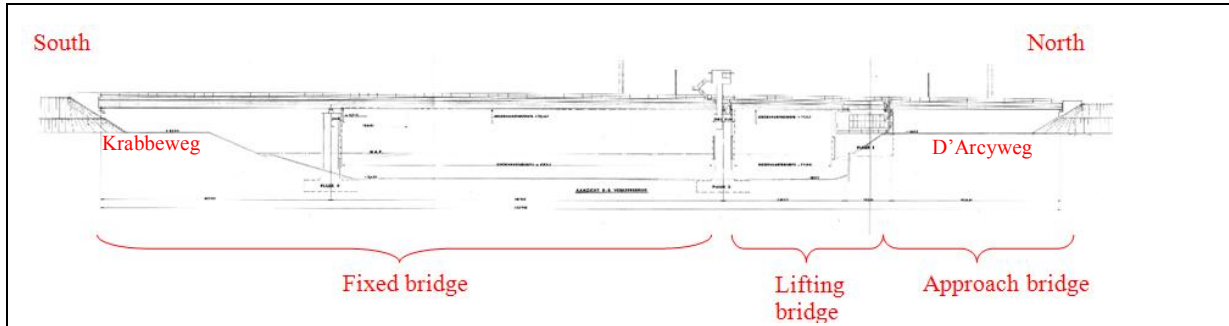
- De oostelijke toegangsweg is een fiets- en voetgangersstrook met een breedte van 5,705 meter.
- De twee andere rijbanen vormen de verkeersweg die bestaat uit 2 x 2 stroken gescheiden door een stalen barrier. De rijbanen zijn beide 7,25 meter breed. De toegestane rijsnelheid is 80 km/uur.



Bovenaanzicht Suurhoffbrug

De brug kruist het Hartelkanaal met een vaargeul voor de scheepvaart van 90m breed en een doorvaarthoogte tot + 11,38 m NAP bij de grootste overspanning.

Aan de zuidzijde kruist de brug de Krabbeweg en aan de noordzijde van het kanaal de D'Arcyweg.



Zijaanzicht Suurhoffbrug

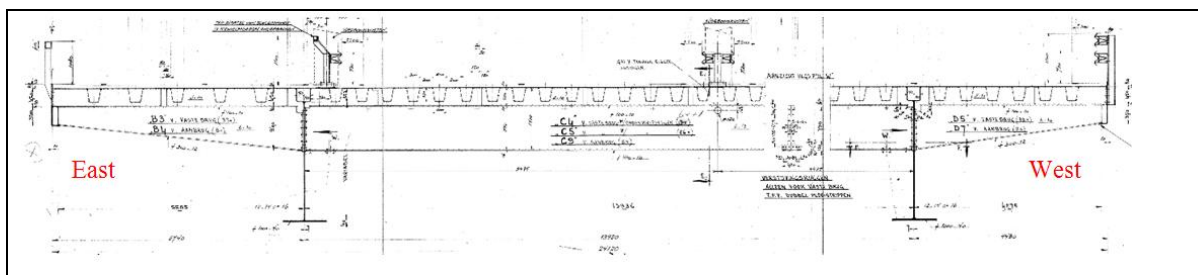
Suurhoffbrug is gebouwd in 1972.

De verkeersbrug bestaat uit drie delen: de zuidelijke vaste brug, een beweegbaar deel (basculebrug) en een noordelijke aanbrug. Het bestaande brugdek van de verkeersbrug heeft volgens de fabricage tekeningen een breedte van totaal 24.12 m. De totale lengte van de brug is 232.75 meter gemeten tussen de landhoofdopleggingen.

Het zuidelijk brugdeel bestaat uit twee overspanningen heeft een totaallengte tussen de opleggingen van 150.8m (55,7 m + 95,1 m).

De aanbrug aan noordelijke zijde heeft een overspanning van 40.85 meter. De basculebrug heeft een overspanning van ca. 29,6 meter. De afstand van hart pijler 3 tot aan de Noordbrug is ca. 40 meter. De afstand van de noordelijke aanbrug tot de oplegging van de vaste aanbrug is 41,1 meter.

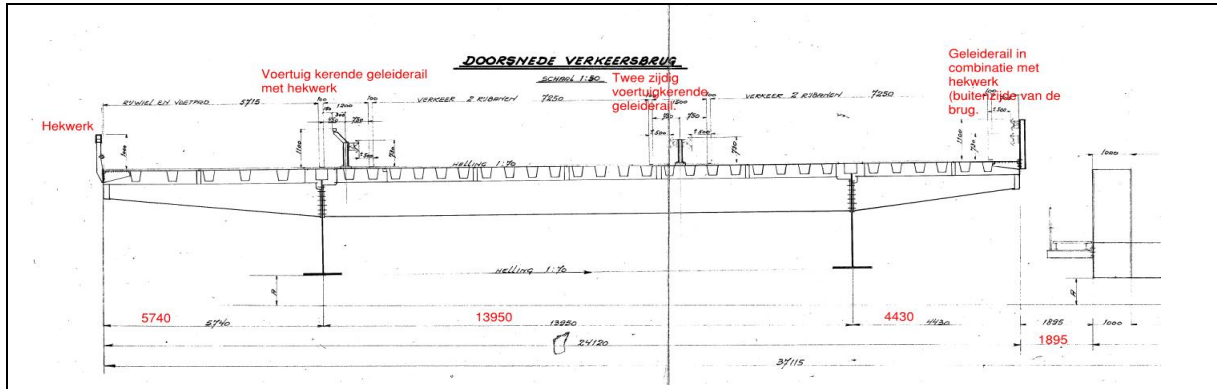
Beide stalen brugdekken hebben een vergelijkbare structuur, elk bestaande uit twee stalen i-vormige hoofdliggers met orthogonale dwarsliggers die het orthotrope dek ondersteunen. Het orthotrope dek bestaat uit een dekplaat ondersteund door troggen.



Dwarsdoorsnede van de verkeersbrug van de Suurhoffbrug

De hart op hart afstand tussen de hoofdlangsliggers is 13,95 m.

Het huidige fiets- en voetganger pad bevindt zich op een uitkragend brugdek van 5,74 meter. De westelijke weghelft (tegen de bestaande spoorbrug) is gedeeltelijk boven een uitkraging van 4,43 meter.



Dwarsdoorsnede van de Suurhoffbrug met oorspronkelijke ontwerp wegingdeling.

Het lijf van de twee hoofdliggers van het brugdeel met twee overspanningen hebben een constante hoogte van 2519mm. De onderflens heeft een dikte van 40 mm en wordt lokaal versterkt tot 60 mm. De dikte van het dek is 10 mm. Hiermee komt de maximale constructie hoogte van de bovenbouw op ca. 2590 mm hoogte.

De bovenstaande schetsen zijn delen van de ontwerptekeningen van de Suurhoffbrug uit 1969.

De weglayout is in de loop van de jaren aangepast. De geleiderail is vervangen door stalen barriers en het hekwerk aan de Westzijde staat nu achter een barrier. De rijstroken zijn niet gewijzigd.



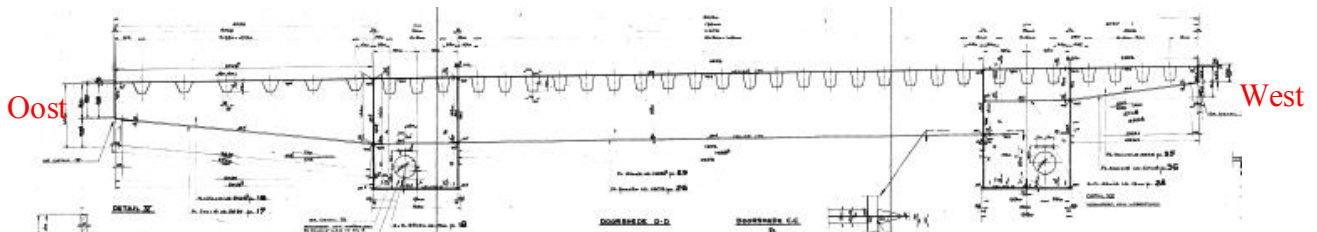
De Suurhoffbrug gezien in noordelijke richting (Bron: Google Earth) met huidige wegingdeling en geleideconstructie.

De westzijde van de brug is voorzien van een halve stepbarrier tegen het hekwerk dat voorheen tevens dienst deed als geleideconstructie.

De snelverkeer scheidende barrier is een hele stepbarrier. Hierin zit geïntegreerd de verlichting van de brug.

Tussen snel- en langzaam verkeer is een hele stepbarrier toegepast voorzien van een spatscherm. De Oostzijde van de brug heeft het originele hekwerk.

De bascule brug wijkt af van de bestaande vaste bruggen. Het stalenrijdek bestaat net als bij de vaste bruggen uit een orthotrope rijdek, echter met een dekplaat van 14 mm. De hoofdliggers zijn bij de bascule brug uitgevoerd als kokerliggers. De overstekken hebben daardoor een gereduceerde lengte.



Doorsnede bascule brug

1.2 Onderbouw bestaande Suurhoffbrug

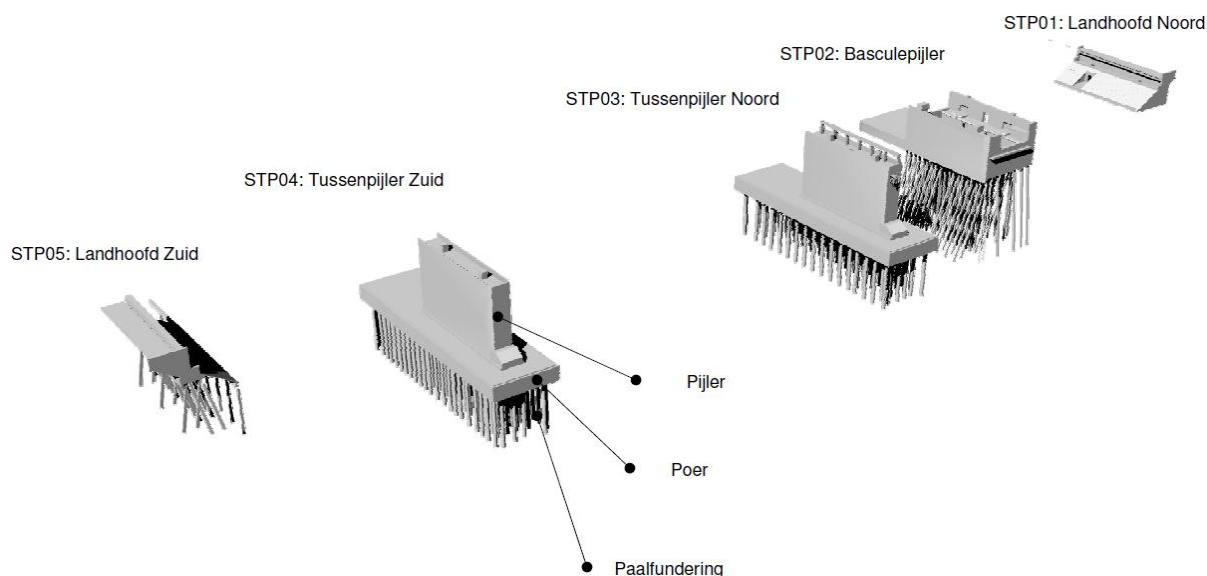
De onderbouw (voor de verkeersbrug) bestaat uit:

- Landhoofd Noord (STP 01)
- Basculekelder (STP 02)
- Tussenpijler Noord (STP 03)
- Tussenpijler Zuid (STP 04)
- Landhoofd Zuid (STP 05)

De steunpunten zijn allen uitgevoerd in het werk gestort beton met uitzondering van de palen. De fundering van de spoorbrug vormt één geheel met de fundering van de verkeersbrug. De constructie boven funderingsniveau is verticaal gedilateerd. De onderbouw spreidt de belasting van de opleggingen naar de fundering op staal/palen.

Steunpunt 1 landhoofd Noord is gefundeerd op staal. Alle overige steunpunten op palen.

- Landhoofd Zuid (STP 05) Prefabpalen vierkant 450mm.
- Bascule kelder (STP 02) Prefabpalen vierkant 420mm.
- Tussenpijlers (STP03 en STP04) Prefabpalen Ø 600



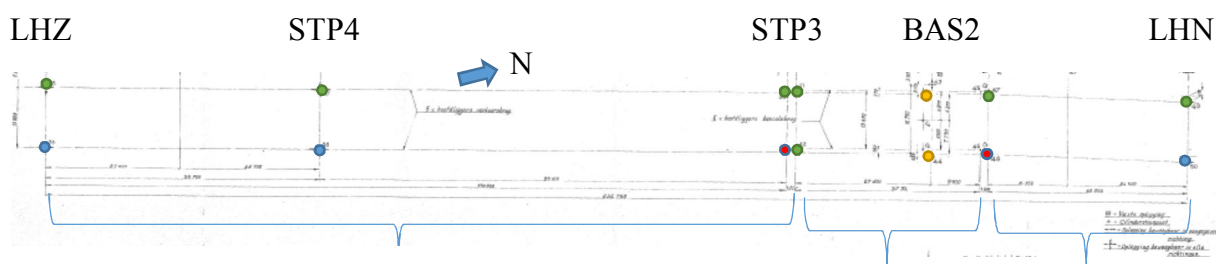
3D overzicht onderbouw Suurhoffbrug.

1.3 Oplegschema verkeersbrug

Op elke deel van de onderbouw ligt de bovenbouw op twee steunpunten/opleggingen.

De opleggingen aan de oostzijde zijn gefixeerd in de richting loodrecht op de brug (y). In de X- richting is de zuidelijke vaste brug gefixeerd op pijler 3 t.p.v. de oostelijke hoofdligger. De basculebrug wordt gefixeerd door de scharnieren op de basculekelder en de noordelijke vaste brug is in x-richting gefixeerd t.p.v. de oostelijke hoofdligger op het noordelijk landhoofd.

In onderstaande figuur wordt het oplegschema weergegeven zoals dat is toegepast bij de bouw van de verkeersbrug van de Suurhoff.



Zuidelijke vaste brug

Basculebrug Noordelijke aanbrug

- Vrij in X en Y
- Vrij alleen X
- Vast
- Vast scharnierend

1.4 Doel rapport

Deze ontwerpbasis heeft als doel het vastleggen van de randvoorwaarden en ontwerpuitsgangspunten, de van toepassing zijnde belastingen en belastingcombinaties, de materialen voor het nieuwe brugdek en voor de bestaande fundering van de Suurhoffbrug. Verder wordt hiermee ook een uniforme aanpak in het ontwerp gewaarborgd. De belastingen en combinaties zijn in overeenstemming met de gestelde eisen zoals vermeld in de RBK, de NEN8700 serie en de geldende Eurocodes. Verder wordt ingegaan op de geschiedenis van de Suurhoffbrug en de stappen die zijn genomen om uiteindelijk te komen tot een ontwerpbasis voor de renovatie licht zoals deze in 2016 zal plaatsvinden.

1.5 Leeswijzer

Deze ontwerpbasis is van toepassing op de bovenbouw Suurhoffbrug. Het document dient te worden toegepast voor het vervaardigen van ontwerpberekeningen en tekeningen voor de herstelwerkzaamheden noodzakelijk voor de instandhouding van de Suurhoffbrug.

2 Geschiedenis Suurhoffbrug

2.1 Nieuwbouw Suurhoffbrug

Zoals aangegeven is de Suurhoffbrug ontworpen in 1969 en in gebruik genomen in 1972. De brug is berekend op verkeersklasse 60 conform VOSB 1963. De rijstrook indeling van het ontwerp is conform de huidige rijstrook indeling. De brug is niet berekend als vrij indeelbaar. De langzaam verkeersstrook is niet geschikt voor vrachtverkeer en is slechts berekend op 5 kN/m². Het eigengewicht van de brug en de permanente belasting is onveranderd.

In 1974 heeft het ontwerp van de brug de staalprijs ontvangen voor het lichtste en daardoor meest economische ontwerp.

2.2 Schade Suurhoffbrug

In 1998 werd bij meerdere bruggen in het hoofdverkeersnet schade aan het brugdek zichtbaar. De schade ontstond door aan de enerzijds toename van de wiellast en aan de andere zijde door vermoeiing van de verbinding trog-dekplaat en de verbinding trog-dwarsdrager.

2.3 Problematiek stalen rijdekken

Op basis van de gevonden schade aan de stalenrijdekken zijn handleidingen ontwikkeld voor visuele inspecties en voor de hieruit volgende reparaties. De documenten zijn:

- Visueel onderzoek orthotrope rijdekken (3480R-6)
- Reparaties orthotrope rijdekken met trogprofielen (3480R-05)

2.4 RISK en PRB Stalenbruggen

Rijkswaterstaat Dienst Infrastructuur (DI) is naar aanleiding van vermoeiingsschades in 2003 gestart met het programma Rijdek Inspecties Stalen Kunstwerken (RISK). Het project RISK heeft tot doel de vermoeiingsproblemen van het stalen rijdek van de bruggen in het hoofdwegennet van Nederland te monitoren door middel van inspecties. Op basis van deze monitoringsinspecties worden indien nodig reparaties aan het rijdek uitgevoerd zodat de verkeersveiligheid is geborgd.

De Suurhoffbrug (37A-300) is onderdeel van beide programma's door de aanwezigheid van vermoeiingsscheuren in het orthotroop stalen brugdek. De RISK inspecties zijn gepland tot aan het moment van renovatie van de brug en overdracht naar de beheerder (voorzien van een overlaging in hoge sterkte beton). Het programma RISK wordt in het geval van de Suurhoffbrug verlengd tot de brug niet meer in gebruik is.

Als onderdeel van het programma RISK worden scheuren in het rijdek vastgelegd per inspectie. De inspecties zijn drie keer per jaar visueel onderdeks en één keer Crack-PEC per jaar van bovenaf. De scheuren en de scheurgroei worden hierbij vastgelegd en dienen ter

programmering van reparaties. Voor elk type scheuren zijn kritische lengtes vastgesteld. Scheuren onder dit criterium hoeven niet te worden gerepareerd. Bij overschrijding van de kritische lengte wordt tot reparatie overgegaan.

Per schadesoort zijn door RWS de volgende kritische lengtes vastgesteld:

- | | | |
|----------------------------|--------|---------|
| • Dekplaatscheuren | DPS: | 300 mm; |
| • Trog-dekplaatscheuren | TRDPL: | 750 mm; |
| • Trog dwarsdragerscheuren | TRDD: | 200 mm; |
| • Trog-passtukscheuren | TRPS: | 200 mm. |

2.5 PRB Stalenbruggen 2008

In 2008 is Rijkswaterstaat gestart met het project “Programma Renovatie Bruggen” (PRB). In dit project worden een 14-tal bruggen gerenoveerd, waaronder de Suurhoffbrug. De vaste bruggen in het programma worden voorzien van een hoge sterkte betonnen overlaging nadat het stalen rijdek grondig geïnspecteerd is en gerepareerd. Mede in verband met de gewichtstoename als gevolg van de hoge sterkte betonnen overlaging en de toegenomen belasting uit de eurocode zijn de bruggen herberekend voor een restlevensduur van 30 jaar. Deze herberekeningen zijn uitgevoerd met en zonder de toepassing van de HSB overlaging. In deze berekeningen is rekening gehouden met de toename van de verkeersintensiteit. Voor de alfa-factoren houdt dat in dat deze in het geval van de Suurhoffbrug zijn gebaseerd op een verkeersintensiteit van meer dan 2,0 miljoen vrachtwagens per rijrichting per jaar.

2.6 MC herberekening Suurhoffbrug 2010-2013

Uitgangspunten voor de Fase 2 (gedetailleerde herberekening van de bestaande constructie inclusief en exclusief HSB overlaging)

Bij de schematisering van de bovenbouw is de huidige verkeersindeling toegepast, de belastingen zijn in rekening gebracht zoals deze overeenkomen met de werkelijke verkeersindeling en vrachtwagen aantallen lager dan 2.0 miljoen per rijrichting per jaar. De parallel rijbaan op de oostelijke uitkraging is aangenomen als een fiets/voetgangers pad, de belastingsmodellen LM1 & LM2 zijn hier niet toegepast. In de gebruikssituatie is er een dienstvoertuig en speciaal voertuig meegenomen in de berekening volgens NEN1991-2, clause 5.3.2.3 en 5.6.3. Het veiligheidsniveau is aangehouden op afkeurniveau volgens de NEN 8700 met een referentieperiode van 30 jaar. De referentieperiode is van invloed op de toe te passen reductiefactoren voor de verkeersbelasting NEN 1991-2 & variabele gelijkmatig verdeelde belastingen.

De resultaten van deze gedetailleerde herberekening zijn getoetst door TNO. Op basis van de resultaten zijn er aanbevelingen gedaan die zijn uitgewerkt in de vervolgfase Fase 3

(versterken van de brug). Verfijning van de rekenmethodiek is uitgevoerd in samenspraak met TNO.

Uitkomst kritische locaties gedetailleerde herberekening exclusief HSB

Onderstaand de algemene bevindingen naar aanleiding van de herberekening Fase 2 van de bestaande constructie (afkeurniveau, referentieperiode 30 jaar, alfa-factoren 1,0) zijn:

1. De westelijke helft van de brug (westelijke hoofdligger (LGW) draagt significant meer belasting, als gevolg van de huidige verkeersindeling.
2. Gebreken zijn over het algemeen groter in de 'zuidelijke vaste brug' met dubbele overspanning dan in de 'noordelijke aanbrug' met enkele overspanning.
3. De parallelrijbaan (langzaam verkeer verbinding) heeft onvoldoende capaciteit voor een 40 tons vrachtwagen aangebracht in de tandemconfiguratie conform Eurocode. Dit volgt uit de lokale capaciteit van de dekplaat onder de as-lasten: troggen hebben een grotere h.o.h. afstand. De capaciteit is beperkt tot een klein calamiteitenvoertuig met een maximum aslast van ca. 10 ton. De parallelrijbaan kent nu al een voertuigbeperking en is alleen toegankelijk voor voetgangers- en fietsverkeer.
4. Hoofdliggers – rekenkundig statisch falen door plooi in de westelijke hoofdligger ter plaatse van het noordelijke steunpunt (STP03) en het middensteunpunt (STP04).
5. Hoofdliggers – rekenkundig statisch falen van de geboute verbindingen in de onderflens voor 3 verbindingen.
6. Hoofdliggers – rekenkundig statisch falen van de geboute verbindingen in het lijf voor 2 verbindingen.
7. Orthotrope dek – rekenkundige spanningoverschrijding in de orthotrope dekplaten voor de vaste brug wanneer de volledige statische Eurocode belasting is aangebracht. Dit effect doet zich voor in het veld van de noordelijke hoofdoverspanning van de zuidelijke vaste brug over een lengte van 56m en ter plaatse van het middensteunpunt over een lengte van 17m.
8. Opleggingen – De oplegverstijver van het middensteunpunt van de zuidelijke vaste brug onder de westelijke hoofdligger is licht overbelast in vergelijking met de ontwerpbelastingen die in 2001 zijn bepaald tijdens de vervanging van de opleggingen. De verstijver is overbelast in de belastingscombinatie waarbij temperatuur leidend is.
9. Vermoeiing in onderflens van de westelijke hoofdligger van de zuidelijke aanbrug.
10. Vermoeiing in de verbinding van de westelijke uitkragende dwarsdrager met de lijfplaat van de hoofdligger.

Voor resultaten van de gedetailleerde herberekening wordt verwezen naar "Phase 2 Technical Assessment Report" Rev.1, d.d. 21 April 2011.

2.7 Heroverweging berekening Suurhoffbrug 2014

Na de herberekening is de MC gestart met de versterkingsontwerp en -berekeningen van de kritische onderdelen van de Suurhoffbrug (fase 3). Tevens zijn op basis van de bevindingen in de herberekening een aantal optimalisaties/verfijningen toegepast op de berekening. Deze worden onderstaand genoemd:

Ad. 1 en 2

De conclusie die hier wordt getrokken worden nader uitgewerkt in punt 4, 5 en 6.

Ad. 3

De oostelijke uitkraging is niet meer toegankelijk voor vracht- en personen verkeer. De parallel rijbaan wordt alleen gebruikt voor fiets- en voetgangersverkeer.

Ad. 4

De bestaande brug voldoet niet aan de gestelde eisen ten aanzien van plooi. De uc's voor plooi worden overschreden nabij steunpunt 3 in de westelijke hoofdligger. De uc voor het eerste en tweede paneel zijn respectievelijk 1.2 en 1.01.

Door de periode waarover de instandhouding moet voldoen te verkorten (trend tot 2020) nemen de uc's af tot respectievelijk 1,03 en <1,0. Dit is een acceptabele overschrijding. Op basis van deze resultaten wordt de westelijke hoofdligger gemonitord. Er zijn geen tekenen van plooi geconstateerd. De lijfplaten worden verstijft bij de komende versterking in het najaar.

Plooi bij steunpunt 4 is opnieuw herberekend d.m.v. een EEM-model. Deze heeft aangetoond dat de ligger op deze locatie genoeg capaciteit heeft.

Ad. 5

Van de onderflensverbinding is een verfijnde herberekening uitgevoerd met een door Arup ontwikkeld verenmodel dat is gevalideerd door TNO. Dit verenmodel is opgenomen in de 'RBK aanvulling staal' voor de herberekening van de flensplaatverbindingen.

Op basis van deze berekening voldoen de genoemde onderflensverbindingen aan de vereiste constructieve veiligheid. Er wordt aangetoond dat er evenwicht is met als uitgangspunt dat de verbinding getoetst wordt op categorie B wat inhoudt dat de verbinding rekenkundig slip kan optreden in ULS. In SLS slijpt de verbinding niet. Er kan daarom gesteld worden dat stuik niet optreedt. De verbinding wordt gemonitord op slip, er is geen slip geconstateerd in de verbinding.

Ad. 6

De lijfplaat verbinding beschreven onder punt 2 hebben onvoldoende capaciteit om dwarskracht en moment in de onderste bouten op te kunnen nemen. Omdat de

onderflensverbinding in de meeste gevallen meer dan voldoende restcapaciteit blijken te hebben, blijken de totale lijfpaat- en onderflensverbindingen, behoudens die van G7-G8, voldoende capaciteit te hebben.

Verbinding G7-G8 biedt onvoldoende reserve capaciteit voor herverdeling van de lijfplaatverbinding naar de schetsplaatverbinding in de onderflens. Op stuijk heeft de verbinding rekenkundig conform Eurocode onvoldoende capaciteit echter in SLS slijpt de verbinding niet en kan er dus geen stuijk optreden. Op basis van deze conclusie wordt de verbinding op slip gemonitord en versterkt zonder verkeersmaatregelen zoals aslast-beperkingen. De versterking bestaat uit een 'bypass' ter plaatse van de onderste bouten van de lijfplaatverbinding.

Ad. 7

Uit het EEM model volgt een staalspanning t.g.v. de wiellast. In herberekening is de spanning van deze wiellast opgeteld bij de spanningen tgv de globale werking van de brug. Lokaal is er een deel van de dekplaat met te hoge spanningen. Rondom deze locatie is de lokale spanning voldoende laag om herverdeling mogelijk te maken.

Indien de lokale spanningen boven de vloeigrens komen herverdeeld de belasting zich zonder verdere nadelige effecten voor het rijdek. In het geval van het steunpuntsmoment is het een oneigenlijke belastingcombinatie. Het maximale steunpuntsmoment treedt alleen op bij een maximale veld belasting. De wiellast van LM1 is dan niet gelijktijdig op het steunpunt aanwezig.

Ad. 8

De verstijvers van de opleggingen zijn berekend met een verplaatsing die correspondeert met de maatgevende combinatie. De verplaatsing die een excentriciteit veroorzaakt heeft zijn eigen veiligheid die correspondeert met overige belastingen. Vanuit de norm voor opleggingen RTD 1012 mag bij een bestaande brug de veiligheid op de verplaatsing gelijk gesteld worden aan 1,0. Hierdoor nemen de rekenkundige excentriciteiten af, waardoor alle opleggingen voldoen.

De opleggingen zijn vervangen in 2001. De nieuw toegepaste opleggingen zijn getoetst aan de hand van de capaciteitsopgaaf volgens leverancier. Al de opleggingen voldoen aan het gestelde gebruiksniveau ($UC = 0.97$).

Ad. 9

De hoofdligger West van de zuidelijke aanbrug wordt gemonitord op vermoeiingsschade. Hier betreft het de lasverbinding tussen lijfplaat en onderflens, de stompe las in de onderflens en de lassen tussen onderflens en plooï/kipverstijvers. Tot op heden (2016) is er geen schade aangetroffen. De onderflens wordt versterkt waardoor deze tot 2025 niet meer leidt onder vermoeiing.

Ad.10

De verbinding tussen de westelijke uitkraging en het lijf van de hoofdligger vertoont op een tweetal locaties scheurvorming. De scheuren zijn ontstaan door aanvaring. Aan de hand van een controle berekening is bepaald wat de netto staaldoorsnede moet zijn om de dwarskracht op te kunnen nemen. Voor deze dwarskracht is ruim voldoende capaciteit aanwezig. De scheuren bevinden zich in de zone die het meest gevoelig is voor vermoeiing. De scheuren zijn een jaar niet gerepareerd en gemonitord. Daarbij is geen scheurgroei opgetreden. Conform de Eurocode is de verbinding vermoeiingsgevoelig. De hoeklassen nemen de volledige wisselende drukkracht op. De onderflens heeft een volledige aansluiting op het lijf waardoor de wisselspanning in de las veel lager is dan aangenomen. De verbinding is schadetolerant omdat deze een tweede draagweg heeft. Schades worden in 2016 allen gerepareerd en gemonitord. Door de continuering van de monitoring met een interval van maximaal 4 maanden wordt deze schade ondervangen. Indien de herstelde schade wederom scheurt zal worden overgegaan tot een versterkingsmaatregel.

2.8 Afschrijven bestaande brug en nieuwe bovenbouw 2014-2015

De bestaande brug is herberekend in fase 2. Gebleken is dat renoveren met een HSB overlaging niet tot de mogelijkheden behoort. De verzwaring van het brugdek door de HSB overlaging zou leiden tot ongewenste vervormingen en versterkingen zeker als de alfactoren worden meegenomen horende bij meer dan 2,0 miljoen vrachtwagens per rijrichting per jaar..

Om de verbinding in stand te kunnen houden is de afweging gemaakt de bestaande Suurhoffbrug te voorzien van een nieuwe bovenbouw. De ontwerplevensduur van een nieuwe bovenbouw zou voor 100 jaar zijn wat grote gevolgen heeft voor de eisen aan de constructie. De eisen die verbonden zijn aan de nieuwe bovenbouw leiden tot meer tussenruimte tussen spoor- en verkeersbrug. Verder dient het dek van een nieuwe brug vrij indeelbaar te zijn om meer flexibiliteit te geven aan het gebruik van de brug. Als gevolg van de resulterende toename van het eigengewicht, de verbreding van de brug en de vrije indeelbaarheid van de brug heeft RWS de ontwikkeling van een nieuwe bovenbouw op de bestaande fundatie stopgezet en wordt ervoor gekozen de bestaande brug in stand te houden tot het moment van permanente vervanging.

2.9 Instandhouding

Uit bovenstaande blijkt dat versterken van de huidige brug met een overlaging van HSB en een restlevensduur van 30 jaar niet haalbaar is binnen de randvoorwaarden van een renovatie met een vastgestelde veiligheid op gebruiksniveau. Dit is een niveau hoger dan het afkeurniveau waarop de herberekening is uitgevoerd. De mogelijkheid om de brug langer

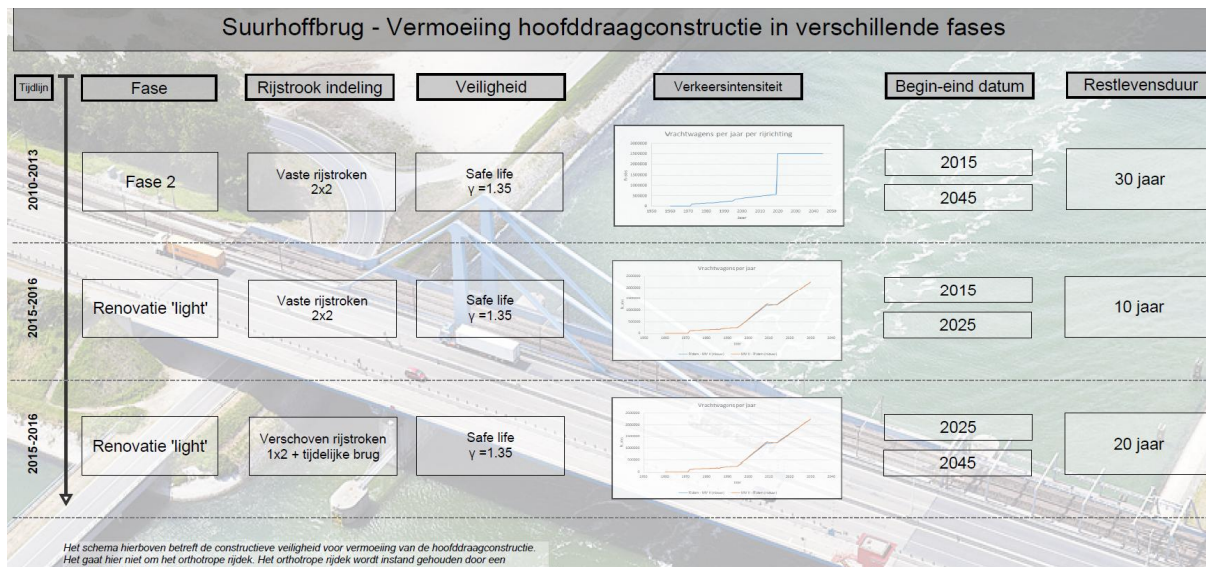
functioneel te houden is de brug te versterken zoals aangegeven in hoofdstuk 2.7. Derhalve wordt momenteel uitgegaan van een instandhouding van de bestaande brug met een rekenkundige referentieperiode en de restlevensduur verkort naar 15 jaar.

In het eerste overzicht op de volgende pagina worden de veiligheidsniveau's weergegeven die zijn gehanteerd in de verschillende fasen. De instandhouding in de komende jaren, met de geplande versterkingen later dit jaar, is te verdelen in twee perioden. De eerste periode waarbij de verkeersintensiteit van vrachtwagens kleiner dan 2 miljoen per rijrichting per jaar (N_{obs}) blijft (minimaal tot 2020) en de periode daarna. Zolang de N_{obs} onder de 2 miljoen blijft is de constructieve veiligheid van de hoofddragconstructie geborgd. De verkeersintensiteit wordt jaarlijks getoetst vanaf 2016.

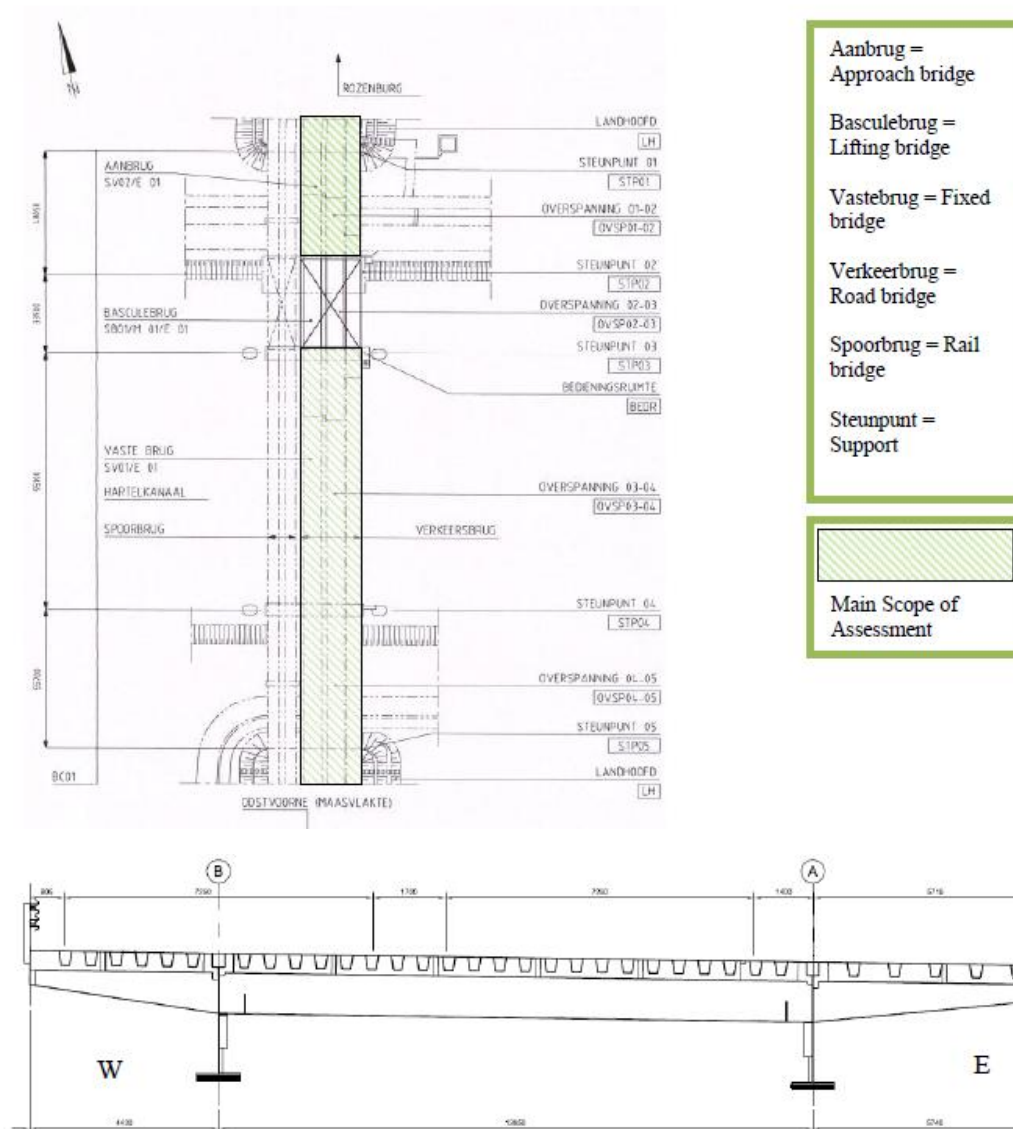
Op het tweede overzicht staat de toename van het huidige vrachtverkeer. In 2025 wordt er op dit moment geprognostiseerd dat N_{obs} boven de 2 miljoen uit komt. Momenteel loopt een studie die de randvoorwaarden van de instandhouding na 2020 vastlegt. Op basis van deze studie wordt een afweging gemaakt tussen verdere instandhouding van de constructie of vervanging in 2020. De besluitvorming daaromtrent wordt aan het eind van dit jaar verwacht. De voorbereidingen van de vervanging zijn reeds gestart om, indien nodig, geen tijd te verliezen met de aanbesteding van de vervanging.

Tijdlijn	Fase	Onderdeel	Veiligheidsniveau	Betrouwbaarheidsindex	Referentie periode	Restlevensduur	Rijstrook indeling
2010-2013	Fase 2	Bovenbouw zonder HSB	Afkeur	$\beta = 3.1$	30 jaar	30 jaar	Als bestaand
		Bovenbouw met HSB	Afkeur	$\beta = 3.1$	30 jaar	30 jaar	Als bestaand
2014-2015	Nieuwe bovenbouw op Bestaande onderbouw	Nieuwe bovenbouw	Nieuwbouw	$\beta = 4.3$	100 jaar	100 jaar	Vrije indeling
		Bestaande onderbouw	Verbouw	$\beta = 3.6$	30 jaar	30 jaar	Vrije indeling
2015-2016	Renovatie 'light'	Bestaande onderdelen	Gebruiksniveau*	$\beta = 3.3$	15 jaar	15 jaar	Als bestaand
		Te versterken onderdelen	Verbouw	$\beta = 3.6$	15 jaar	15 jaar	Als bestaand

* = Rijkswaterstaat kiest, op basis van een interne onderbouwing, op dit moment voor kunstwerken gebouwd vóór 1 april 2012 een areaalafkeurniveau van $\beta = 3.3$ voor zowel CC2 als CC3. In het geval van CC3 dient dit nog nader gevalideerd te worden, daar deze waarde tussen het incident-afkeurniveau van $\beta = 3.1$ en het verbouwniveau van $\beta = 3.6$ ligt (zie tabel 5). Bij afkeur en disproportionele kosten om aan het verbouwniveau te voldoen kiest Rijkswaterstaat er verder voor constructies te versterken tot het verbouwniveau. (Bron: Cement-2012-4-Veiligheidsfilosofie-bestaande-bouw)



3 Bijlage A - Levensduur & Veiligheid



Dit hoofdstuk geeft een toelichting over de gekozen restlevensduur & de veiligheidsfilosofie van de brug.

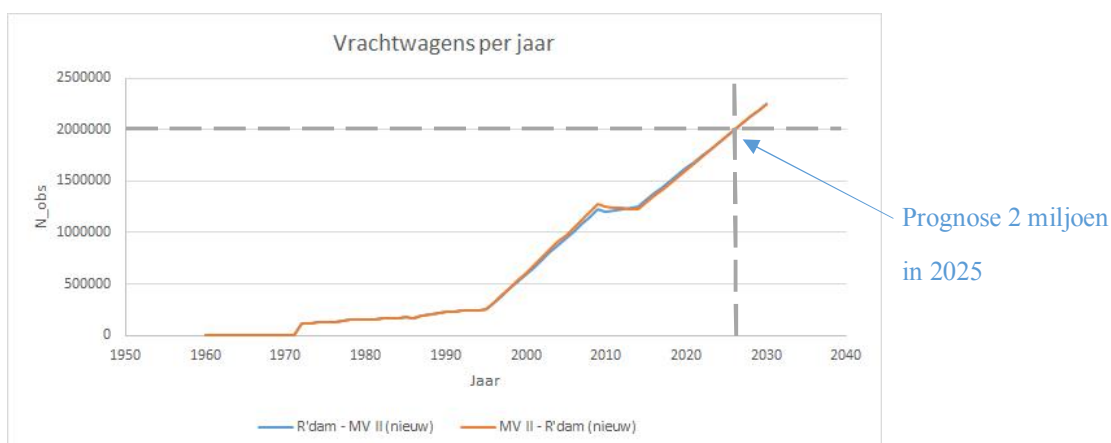
De constructieve veiligheid, vermoeiing van de hoofd draagconstructie en het orthotrope stalen rijdek voldoen niet voor afkeurniveau [NEN8700] voor een restlevensduur van 30 jaar. Omdat renovatie voor 30 jaar met de toepassing van een overlaging van Hoge Sterkte Beton niet haalbaar is, is de restlevensduur van de Suurhoffbrug beperkt. De restlevensduur wordt in grote mate bepaald door de vermoeiingsproblematiek in het stalen orthotrope dek. Het gaat hierbij om de zwaarst belaste rijstroken (rechter rijstrook van zowel de linker als de rechter hoofdrijbaan).

In de tijd van het opstellen van het instandhoudingsdocument was er de intentie om de brug maximaal in 2025 te vervangen, wat neerkomt op een restlevensduur van 10 jaar. **De huidige functionaliteit moet worden gewaarborgd, dit is ook het uitgangspunt van de huidige instandhouding.** Dit

houdt in dat er een 2x2 rijstroken verkeerssysteem op de brug is voor volledig verkeer (geen aslastbeperking of rijstrookbeperking). De Eurocode schrijft voor dat de minimum aan te houden referentieperiode m.b.t. constructieve veiligheid voor een constructie 15 jaar is. De 15 jaar is de technische restlevensduur voor de statische constructieve veiligheid op basis van de gehanteerde uitgangspunten in dit instandhoudingsdocument. De uitgangspunten vermelden dat de alpha-factoren, een extra toeslag in de vorm van factoren op de verkeersbelasting, niet van kracht zijn. De toeslag is alleen van toepassing indien het aantal vrachtwagens per rijrichting per jaar (N_{obs}) niet boven de 2 miljoen ligt (verkeerstellingen van het HbR geven in 2010 en 2014 ongeveer 1,2 miljoen vrachtwagens per rijrichting per jaar)). Wanneer N_{obs} boven de 2 miljoen uitkomen is de brug om constructief niet meer veilig. De verkeerstellingen worden jaarlijks gehouden en moeten een tijdige signalering geven wanneer de 2,0 miljoen wordt overschreden.

Daarnaast kent de Suurhoffbrug vermoeiingsproblemen in de hoofddraagconstructie. Wanneer er op basis van vermoeiing scheuren in de hoofddraagconstructie optreden is de constructieve veiligheid niet meer te garanderen. De vermoeiingsberekeningen zijn gebaseerd op verkeersaantallen, welke op zijn beurt gebruik maken van prognoses. De versterkingen in het instandhoudingsdocument voor de westelijke hoofdligger op vermoeiing is hiermee veilig tot en met 2025. Als uitgangspunt voor de berekening is wel de prognose van de verkeersintensiteit. Jaarlijks zal getoetst worden of de werkelijke cumulatieve verkeersaantallen lager blijft dan de commutatieve verkeersaantallen die geprognostiseerd zijn en tevens zijn aangehouden voor de vermoeiingsberekening. De vermoeiing is niet voor 15 jaar genomen, omdat de prognoses aanduiden dat de brug in 2025 gebruikt wordt door meer dan 2 miljoen vrachtwagens per rij richting, dit veroorzaakt dat de uitgangspunten van de statische berekeningen niet overeenkomen met de aangenomen situatie. Wanneer de 2 miljoen behoren er alpha-factoren voor verkeersbelastingsmodel LM1 in rekening te worden gebracht. Dit is een extra toeslag op de toe te passen belastingen. De brug voldoet dan niet meer op constructieve veiligheid.

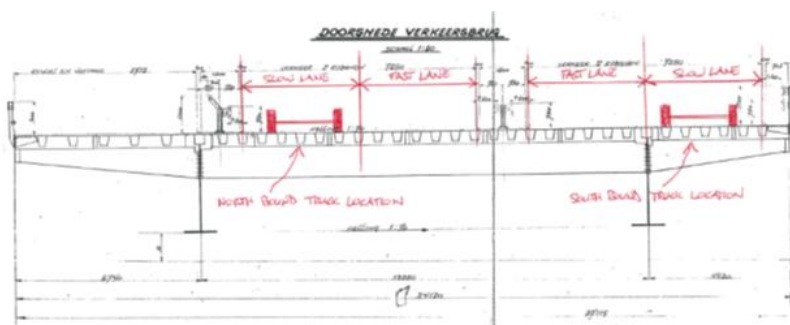
Het rijdek wordt in standgehouden door middel van een inspectie & reparatie regime. Scheuren in de lassen van de dekplaat, tussen trog & dekplaat, en trog & dwarsdrager worden gesignaleerd tijdens inspecties en gerepareerd indien noodzakelijk. De scheurgroei en de reparaties worden bijgehouden. De herstelde scheuren hebben een grote kans op het opnieuw scheuren van de las. Voor de Suurhoffbrug wordt drie keer herstellen per las geaccepteerd. Daarna volgt er een versterking. Indien er zicht is op het einde van de instandhouding kan er overwogen worden tot maximaal 5 keer repareren.



4 Bijlage B - Vermoeiingsbelastingen

De NEN8701 [18] beschrijft vermoeiings belastingsmodellen (FLM) 4a of 5 (Nationale bijlage EN 1991-2 [10], of het model gegeven in Bijlage A van NEN8701 [18]). Het beschreven vermoeiingsmodel van RWS is vermoeiingsmodel 5 volgens EN 1991-2 [1]. Het effect van inhalende vrachtwagens en vrachtwagens die in convoy rijden zijn aangehouden volgens het RWS voorgeschreven vermoeiingsmodel, i.p.v. de specificatie in de nationale bijlage van EN1991 – 2 [10]. Het vermoeiingsmodel (type en aantal voertuigen) zijn beschreven in de specificatie *Vermoeiingsspectrum stalen bruggen MC-contract (v3)* geschreven door Frank van Dooren.

De linker rijstrook krijgt 20% van het totale verkeer voor zijn rekening. Convoy van vrachtwagens op de langzame rijstrook treedt op voor 20%. Deze aannames zijn meegenomen in de berekening.



4.1 Achtergrond

Door Arup is een instandhoudingsdocument opgesteld waarin de benodigde maatregelen zijn benoemd om de Suurhoffbrug in stand te houden. Hierin is onder andere naar voren gekomen dat de hoofdligger versterkt dient te worden, omdat de hoofddraagconstructie onvoldoende restlevensduur heeft met betrekking tot vermoeiing in de instandhoudingsperiode. Derhalve is geadviseerd om flensversterking uit te werken.

Het bovenstaande is naar voren gekomen door vermoeiingsberekeningen uit een eerdere fase (2011). De uitgangspunten zijn echter gewijzigd, namelijk voor de instandhouding voor een periode van 2015-2020 (uitgangspunt 2016: de huidige brug wordt dan vervangen door een nieuwe brug op dezelfde locatie, dit proces duurt ca. 4 jaar) of een periode van 2015-2025 (uitgangspunt 2016: de huidige brug wordt dan vervangen door een nieuwe brug op een nieuwe locatie, dit proces duurt ca. 8 jaar) i.p.v. renovatie voor 30 jaar.

Om de te versterken locaties en de dimensies van de versterking te beperken is de berekening uit 2011 aangepast op de hier boven genoemde referentie periode. Derhalve is door nieuwe verkeersstellingen (2014) de verkeersintensiteit onderschat uit de huidige renovatie opdracht (2009). Om de constructieve veiligheid te waarborgen zijn de kritieke locaties met betrekking tot vermoeiing van de hoofddraagconstructie opnieuw doorgerekend. Dit document moet samen worden gelezen met Bijlage H1 van het instandhoudingsdocument.

De vermoeiing is niet voor 15 jaar genomen, omdat de prognoses aanduiden dat de brug in 2025 gebruikt wordt door meer dan 2 miljoen vrachtwagens per rij richting, dit veroorzaakt dat de uitgangspunten van de statische berekeningen niet overeenkomen met de aangenomen situatie. Wanneer de 2 miljoen behoren er alpha-factoren voor verkeersbelastingsmodel LM1 in rekening te

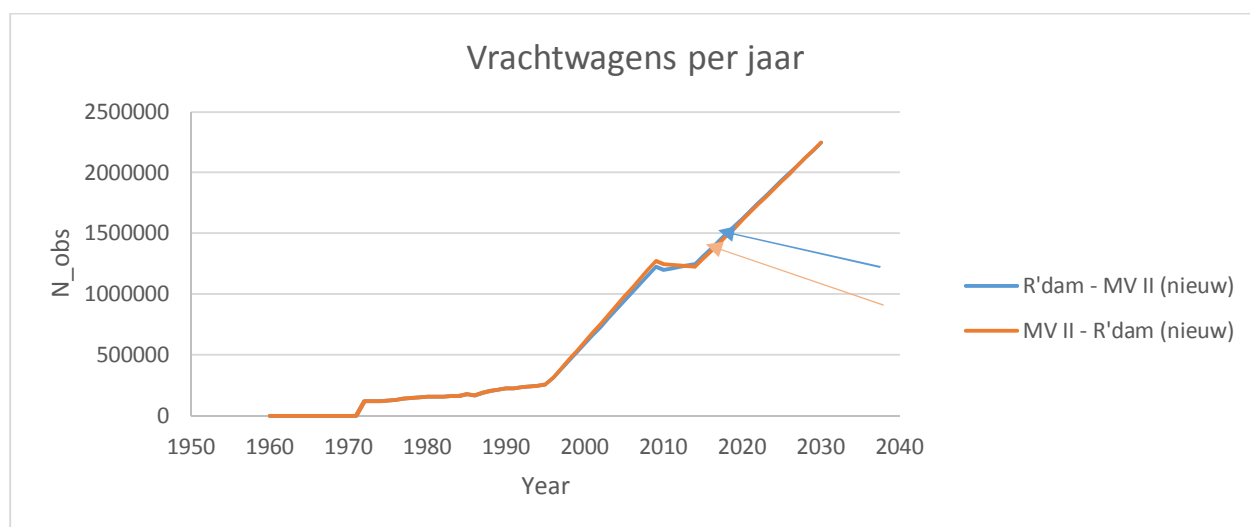
worden gebracht. Dit is een extra toeslag op de toe te passen belastingen. De brug voldoet dan niet meer op constructieve veiligheid.

Het onderhavige document licht de uitgangspunten van de herberekening toe en geeft de resultaten.

4.2 Verkeersintensiteit

De intensiteit van het zware verkeer is aangehouden volgens opgaaf RWS, deze laat een sterke sprong zien in 2020 naar 2,5 miljoen vrachtwagens per jaar per rijrichting. Dit is theoretisch het maximale aantal dat op een rijbaan plaatsvindt. De zeer abrupte sprong heeft te maken met het openstellen van de 2^e Maasvlakte. De verkeersintensiteit is volgens opgaaf RWS daterend uit 2010. Nieuwe metingen van 2010 en 2014, en de nieuwe prognose voor 2030 laten zien dat de verkeersintensiteit voor tot nu toe is toegenomen en dat de sprong in 2020 geleidelijk verloopt.

De vermoeiingsberekeningen voor de huidige instandhouding zijn noodzakelijk tot en met 2025. Op basis van de nieuwe gegevens is opnieuw de verkeersintensiteit bepaald. Hierbij is de prognose van 2030 aangehouden als eindpunt. De dagelijkse verkeersintensiteit die is bepaald voor 2010 en 2014 is omgerekend naar een jaarintensiteit door de aantallen te vermenigvuldigen met $250 / 0.9 = 271$ dagen. Uitgangspunt is hier van dat in de weekenden het vrachtverkeer ca. 10% is van het vrachtverkeer doordeweeks. In 2030 eindigt de nieuwe verkeersintensiteit rond de 2.5 miljoen die werd aangehouden in de vorige scope.



Figuur 1 Aantal vrachtwagens per jaar per rijrichting.

Op basis van lineaire interpolatie met de nieuwe metingen en prognoses is vanaf 1996 (hier is een kleine sprong in verkeerstoename zichtbaar) een nieuwe curve aangehouden. De geringe afname tussen 2010 en 2014 is een resultaat van de economische recessie.

De invloed van de nieuwe curve wordt duidelijk wanneer de totale opsomming van vrachtwagens is uiteengezet. Vermoeiing is afhankelijk van het aantal cycli, dus het totaal aantal vrachtwagens over het aantal jaar.