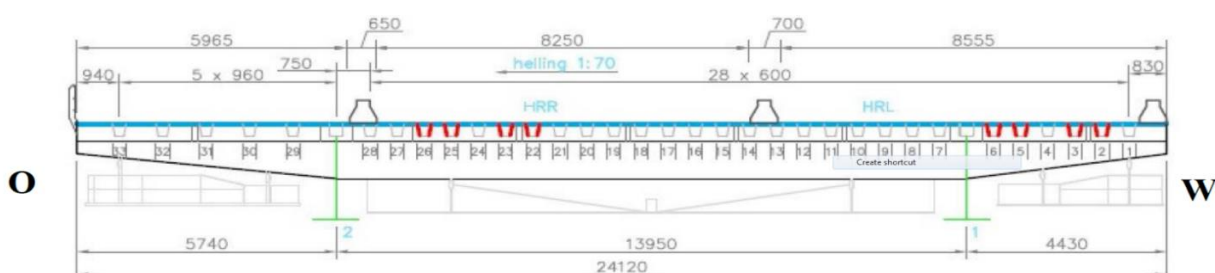


To	Wijnand van Benten (RWS), Jos Vorstenbosch-Krabbe (RWS), Frank van Dooren (RWS), Arjan Schaareman (RWS), Johan Maljaars (TNO), Dimitri Tuinstra (Arup), Frank van Berge Henegouwen (Arup), Felix de Meijier (Arup)	Date 26 August 2016
Copies	Roy van Reijssen (RWS)	Reference number 239230-11
From	Felix de Meijier	File reference
Subject	Suurhoffbrug - Brainstorm vermoeiing dek	

1 Probleemstelling

Het probleem van de Suurhoffbrug is toegelicht aan de hand van een presentatie. Het totale verkeerscomplex bestaat uit 3 bruggen. Door het lichte ontwerp, toename van de verkeersbelastingen & verkeersintensiteit, en doordat de vrachtwagen banden van dubbel naar enkel lucht zijn gegaan kent het orthotrope rijdek vermoeiingsproblematiek. Met name de zuidelijke vaste brug en de noordelijke aanbrug kennen veel vermoeiingsschade. De bascule brug kende in de voorgaande jaren minder problematiek, de stalen dekplaat is hier 14mm i.p.v. 10mm bij de andere bruggen. Echter begint het schadebeeld nu aanzienlijk toe te nemen.

Het RISK programma is gestart in 2003, waarbij de zwaarst belaste troggen (onder de wielsporen van de vrachtwagens) vier maal per jaar geïnspecteerd worden. Drie maal visueel en één maal door middel van Crack-PEC. Doordat momenteel ook schades zijn gevonden in naastgelegen troggen is de scope van RISK uitgebreid.



Figuur 1 - RISK scope origineel

Voor het herstellen van scheuren is de RWS richtlijn “Eisen Rijdekreparaties” aangehouden. Vermoeiingsscheuren die langer zijn dan de kritische scheurlengte komen in aanmerking voor reparatie. De meest voorkomende reparatie is het gutsen & lassen van de scheur. Als een las met deze methode is hersteld wordt deze gevoeliger voor vermoeiing, met een grotere kans dat deze las opnieuw scheurt. Na drie keer herstel wordt de reparatiemethode niet meer als effectief gezien. Een inzetstuk wordt dan toegepast. Echter is dit geen duurzame oplossing omdat de nieuwe las op zijn beurt weer vermoeiingsscheuren kan krijgen en het probleem zich herhaalt.

Memorandum

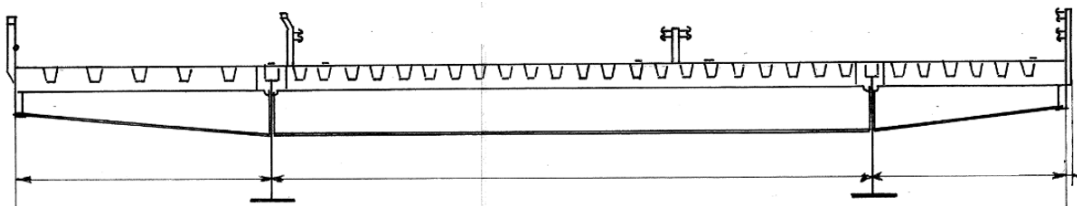
Type scheur	Kritieke scheurlengte
DPS	300 mm
TRDPL	750 mm
TRDD	200 mm
TRPS	200 mm

Tabel A - Kritische scheurlengtes dek

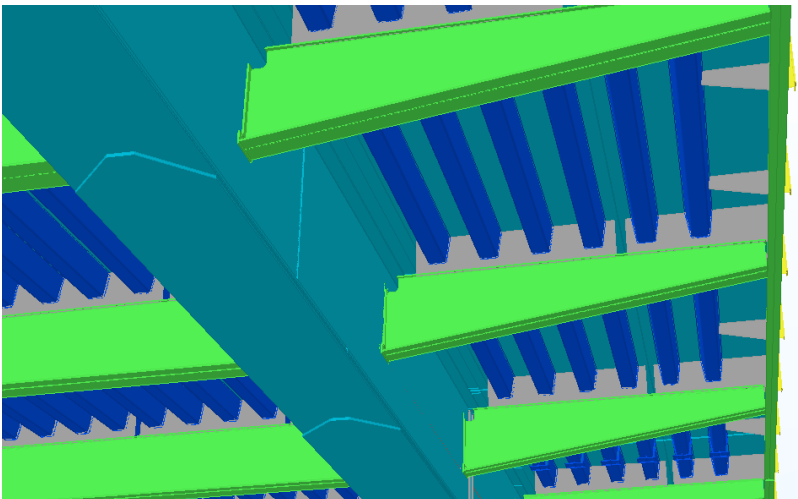
Wanneer de brug definitief wordt vervangen is onbekend. Het dek vormt de grootste bedreiging voor de functionaliteit van de brug. Dit kan leiden tot vermindering van belasting of het aantal beschikbare rijstroken. Hierdoor neemt de functionaliteit af. Door de vereiste restlevensduur van minimaal 4 jaar en maximaal 15 jaar is het gewenst om een duurzamere oplossing voor de vermoeiingsproblematiek te genereren. De inspanningen voor het uitvoeren van reparaties en (mogelijk) inspecties kunnen hiermee afnemen wat kosten en hinder kan beperken.

2 Informatie

De Suurhoffbrug is een plaatligger brug bestaande uit twee hoofdliggers. Tussen de hoofdligger bevinden zich dwarsdraggers met aan de zijkanten uitkravingsconsoles. Het orthotrope rijdek bestaat uit een dekplaat van 10mm en troggen van 5mm dik. De troggen zijn tussengelast aan een kamplaat. Er zijn geen doorlopende troggen aanwezig. Een typische dwarsdoorsnede is gegeven in figuur 2.



Figuur 2 - Dwarsdoorsnede



Figuur 3 - 3D aanzicht westelijke uitkravingsconsole

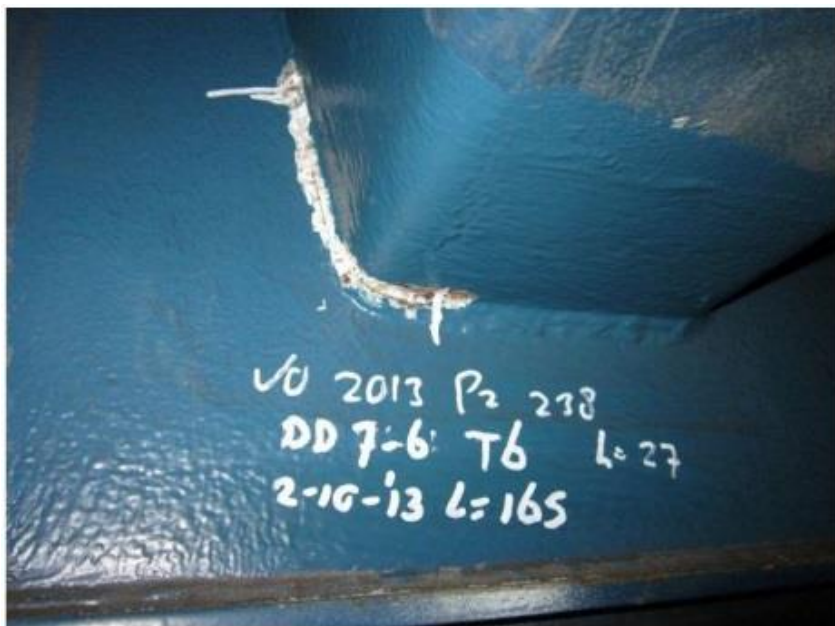
De RISK inspecties geven informatie over het aantal gevonden en type schade indicaties er in de loop der jaren zijn opgetreden. Het overzicht laat zien dat het aantal schades de laatste jaren flink

Memorandum

toeneemt (Tabel B). **Het gaat met name om de Trog-Dwarsdrager scheuren.** In Bijlage A is een overzicht gegeven voor de RISK troggen van de schade locaties en een indicatie hoe vaak schades zijn terugkomen. Met name op een afstand van 2 dwarsdragers van de voegovergang zijn veel TRDD schades geconstateerd. Globaal gezien heeft HRR (rijrichting naar Rotterdam) meer schade dan HRL en hebben de troggen onder het rechter wiel meer vermoeiingsschades dan die onder het linker wiel. Dit laatste kan een relatie hebben met de afschot van de brug richting het oosten en de bocht in de weg net voor de zuidelijke aanbrug.

Jaar	n-schade indicaties	TRDD	TRDPL	TRPS
2012	20	6	12	1
2013	23	15	7	1
2014	17	11	4	2
2015	61	48	7	6
2016 (onvoltooid)	43	32	10	1

Tabel B - Schade indicatie overzicht



Figuur 4 - TRDD scheur

Opvallend is dat wanneer een TRDD schade aan één zijde van de dwarsdrager herstel is, de las aan de andere zijde sneller scheurt. Dit kan een gevolg zijn van de extra spanning die wordt ingebracht door de las herstelwerkzaamheden. De optredende TRDD scheur is een scheur in de wortel van de las of aan de teen in de trog. DDTR scheuren (in de teen van de las met de dwarsdrager) zijn nagenoeg niet aangetroffen. De scheuren met een lengte kleiner dan de kritische scheurlengte die geen groei in tijd vertonen worden niet gerepareerd.

Memorandum

3 Maatregel – belasting

Om vermoeiingsproblematiek van het rijdek tegen te gaan kan ervoor worden gekozen om de troggen die reeds schade hebben minder te belasting. Er zijn meerdere manieren waarop dit gerealiseerd kan worden. In het verleden zijn dergelijke oplossingen ook aangedragen. Dit levert de randvoorwaarde op dat het weven van verkeer (vrachtverkeer met personenverkeer) niet wenselijk is. Uit de sessie zijn twee opties gekomen:

- i) Buiten de spits een 2x1 rijstrookindeling toepassen.
- ii) De LVV oostelijke uitkragingsconsole versterken en de rijstrookindeling opschuiven.

3.1 Rijstrook vermindering buiten spits

Een voorstel is om buiten de spits het aantal rijstroken terug te brengen naar twee stroken. De bestaande rechter rijstrook wordt dan alleen belast gedurende de spits. Dit is ongeveer 3 uur per dag. De overige uren wordt al het verkeer over de linker rijstroken geleid. Het orthotrope rijdek onder deze strook is nog 'vers' omdat deze nog amper is aangetast door vermoeiing. De verse troggen bieden de mogelijkheid om de brug voor een x-aantal jaar in stand te houden. Wanneer er vermoeiingsschade onder het verse rijdek is geconstateerd kan het RISK programma worden ingezet.

De verkeerstellingen laten zien dat personenauto's voornamelijk de spits veroorzaken. Het vrachtverkeer is overdag vrij constant. Met deze beheersmaatregel zal het grootste percentage vrachtverkeer over de linker rijstrook, het verse dek, rijden. Met betrekking tot vermoeiing is dit gunstig voor het rijdek ter plaatse van de rechter rijstrook.

De verkeerscentrale regelt zelf de afsluiting van de rijstroken en de stroming van het verkeer. Zij monitoren het verkeer en bepalen wanneer de rechter rijstroken open gesteld of gesloten moeten zijn. Dit kan door middel van een rood kruis op de matrixborden boven de weg.

Nog uit te zoeken:

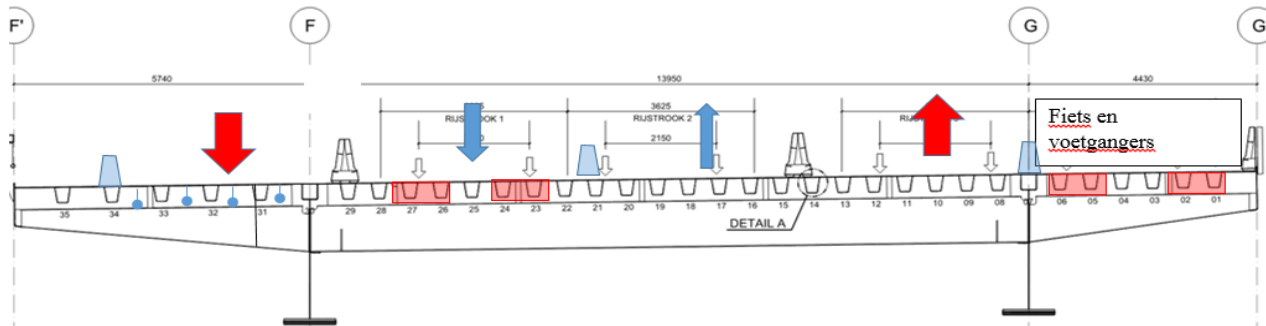
- Voor en na de brug zijn in- en uitvoeg stroken. Wanneer enkel de linker rijstrook in gebruik is zal het invoegen van het verkeer moeten worden aangepast. Ook is er de mogelijkheid om het invoeg verkeer rechts op de brug te laten rijden (beperkt aantal).
- Naar aanleiding van de nieuwe verkeerstellingen is het mogelijk een inschatting te maken van de te verwachte congesties op de brug tijdens een 2x1 rijstrookindeling. Op basis van ervaring van vermoeiingsschade op de rechterrijstrook kan ook een globale inschatting worden gemaakt wanneer vermoeiingsschade op de linker rijstrook wordt verwacht.

3.2 Rijstroken opschuiven

Door het doorschuiven van de rijstrook indeling is het mogelijk om het zware verkeer op een vers rijdek te positioneren. De LVV wordt dan gebruikt als rechter rijstrook (zwaar verkeer). De troggen t.p.v. de oostelijke uitkraging hebben een grotere h.o.h. afstand. Het huidige dek kan maximaal een voertuig van 10 ton dragen. Om een rijstrook te dragen conform LM1 & LM2 is het versterken van het orthotrope dek noodzakelijk.

Memorandum

Een voorbeeld van een versterkingsmaatregel is tussen de bestaand troggen nieuwe aanbrengen. Deze versterking moet nog nader uitgewerkt worden.



Figuur 5 - Alternatieve rijstrookindeling op LVV

Het is niet wenselijk dat het zware verkeer boven de hoofdligger rijdt. De indeling van de rijstroken zal vrijwel identiek, gespiegeld aan de huidige indeling zijn. De oostelijke uitkraging is +/- 5.50m waarmee nog genoeg ruimte zou moeten overblijven voor een fiets- en voetgangersverbinding.

Nog uit te zoeken:

- De versterking van het orthotrope rijdek onder de LVV. Deze moet een LM1 & LM2 belasting kunnen dragen. De oostelijke uitkragingsconsoles zijn nagenoeg identiek aan de westelijke. Deze zullen hoogstwaarschijnlijk niet aangepast hoeven te worden.
- De verbinding tussen dwarsdrager en lijfhoofdligger Oost is gevoelig voor vermoeiing. Het versterking of het uitvoeren van een scheurgroei berekening van deze verbinding kan gedurende de restlevensduur van de brug noodzakelijk zijn.
- Is er genoeg ruimte om een LVV te behouden of is een alternatief noodzakelijk? Kan deze verplaatsen naar de westelijke uitkraging.

4 Maatregel – versterken

Naast het ontwijken van het probleem door het verkeer te verschuiven of weg te halen kan het dek ook versterkt worden. Het versterken zal zich concentreren op de TRDD aansluiting, deze kent de meeste vermoeiingsproblematiek. Een zestal versterkingsideeën zijn aangedragen. (zie Bijlage B). Tevens is er één versterkingsoptie uitgewerkt, deze wordt als prototype eenmalig aangebracht op de brug tijdens de versterkingswerkzaamheden in september 2016. Een aantal oplossingsvarianten worden hieronder nader toegelicht.

- i) De trog ondersteunen door middel van een opvangbak.
- ii) Het versterken van de trog door middel van popnagels.
- iii) Troggen doorlopend maken door de dwarsdrager, inclusief clowns mouth.
- iv) Toepassen van een backingstrip bij reparatie met een inzetstuk.
- v) De 'kano'plaat.

Memorandum

4.1 Opvangbak

De trog wordt opgevangen door een passende bak. Deze bak heeft de uitwendige vorm van de trog. Om volledige krachtsoverdracht van de lijven te kunnen garanderen moet de passing nauwkeurig zijn. De opvangbak is met een kraag bevestigd aan een kopplaat. Deze is op zijn beurt met bouten bevestigd aan de bestaande kamplaat en de spiegel symmetrische versterking aan de andere zijde. Om volledige samenwerking te garanderen kan de ruimte tussen de trog en de opvangbak gelijkmd worden, bijvoorbeeld met vacuüm injectie.

Het uitgangspunt is bij juiste uitvoering dat er volledige samenwerking is. De opvangbak neemt zowel dwarskracht als moment op. Mocht de versterking niet correct zijn uitgevoerd of aan schade worden ondervonden, is de verbinding nog altijd functioneel voor dwarskracht. Het rijdek blijft hiermee functioneel en is niet schade kritisch. Wanneer meerdere dwarsdragers achter elkaar een gelijkvormige versterking krijgen en deze enkel functioneel zijn voor dwarskracht heeft dit invloed op de globale werking. De meewerkende breedte van de hoofdliggers wordt hierdoor nadelig beïnvloed.

Doordat de kopplaat met voorspanbouten op de kamplaat wordt verbonden is het economisch om de versterking symmetrisch aan beide zijden van de trog uit te voeren.

4.2 Popnagel verbinding

Deze versterking kent vele gelijkenissen met de opvangbak. De lijmverbinding wordt vervangen door een popnagel verbinding. Om een dichte verbinding te garanderen worden gasdichte popnagels toegepast. De popnagels moeten de schuifkracht over kunnen brengen. In Duitsland is hier recent onderzoek aan verricht.

De versterkingsplaten zijn verbonden aan een kopplaat. De kopplaat is met voorspanbouten verbonden aan de kamplaat. Deze wordt symmetrisch uitgevoerd.

4.3 Doorlopende troggen

De huidige problematiek van vermoeiing in het rijdek van de Suurhoffbrug bevindt zich in de Trog-Dwarsdrager aansluitingen. Door de troggen door te laten lopen en een clowns mouth toe te passen is dit detail niet meer aanwezig. Er ontstaat zo een nieuw beter vermoeiingsdetail voor de verbinding tussen de kamplaat en de trog. De trog flensen kunnen eventueel verbonden worden met een doorlopende strip. Of het probleem verschuift naar andere constructie onderdelen moet nader onderzocht worden. Het kan bijvoorbeeld aanleiding geven tot meer TRDPL of DPS vermoeiingsschade.

Door aanpassing van de kamplaat (uitsparingen voor de troggen) zullen de dwarsdragers zich minder stijf gedragen waardoor de belastingafdracht in de constructie veranderd. De consequenties hiervan moeten nader onderzocht worden, eveneens voor effecten tussen locaties met doorgestoken troggen naast tussengelaste troggen.

Ook hier zal de volledige verbinding worden verzwakt, waardoor de trogaansluiting met de dwarsdrager niet volledig is ingeklemd. Deze versterkingsmethode kan niet op alle troggen achter elkaar worden toegepast. Het is noodzakelijk om uit te zoeken wat de invloed van het verzwakken van de verbinding op de globale werking heeft. Dit kan inzicht geven in hoeveel trog-dwarsdrager

Memorandum

aansluitingen achter elkaar kunnen worden aangepast voordat de constructieve veiligheid in het geding komt.

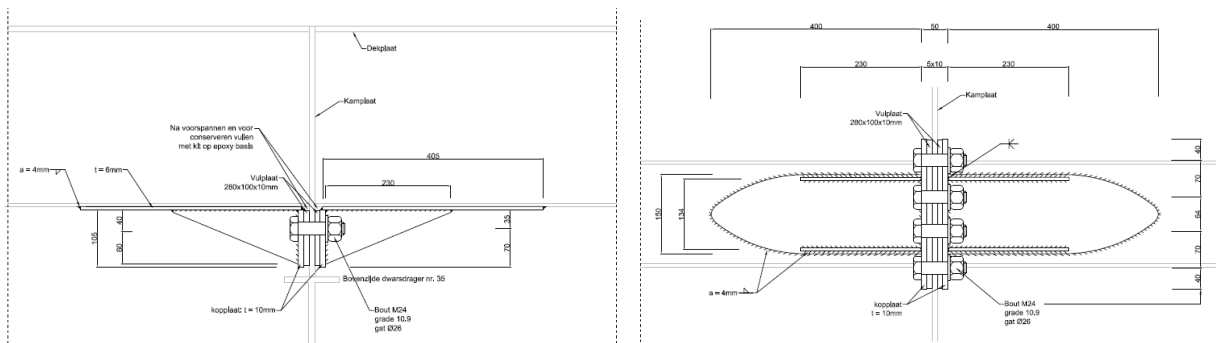
4.4 Backing-strip inzetstuk

Voor de huidige reparatie O4 wordt er gebruik gemaakt van een troginzetstuk. Het huidige advies is dat wanneer een scheur voor de derde keer scheurt er een troginzetstuk wordt toegepast. Het toepassen van een backing-strip bij een inzetstuk leidt tot een hoger vermoeiingsdetail (van 36 naar 71). De las zal hierdoor minder snel scheuren. De backing-strip kan aangebracht worden met een kleine hechtlas. De verdere uitvoering van de las is vergelijkbaar met die van een passtuk waarbij dan één zijde niet is voorbereid.

4.5 Kanoplaat

De kanoplaat is voorgesteld om eenmalig op de Suurhoffbrug toe te passen. Een eerste ontwerp van een dergelijke versterkingsmethode is voorgesteld in Fase 3c. Enkele locaties zijn nu al voor de derde keer hersteld waardoor een duurzame oplossing gewenst is. Door het aanbrengen van de versterking zal de spanning in de bestaande TRDD aansluiting reduceren en hiermee de vermoeiingsschade.

Mocht de las toch scheuren dan is het ontwerp zo gekozen dat de TRDD verbinding constructief veilig blijft. Door verstijvers aan de kanoplaat toe te voegen zal de trog-dwarsdragerverbinding zich stijver gedragen. Dit kan ertoe leiden dat deze verbinding meer kracht naar zich toetrekt.



Figuur 6 - Kanoplaat versterking

Het gegeven dat de krachtstoename niet nader onderzocht is in combinatie met de eventuele kans op vermoeiingsschade in de lussen van de kanoplaat zelf heeft ertoe geleid dat deze versterking vooralsnog eenmalig op de brug wordt toegepast. De versterking zal mee worden genomen in het inspectie regime. Uit de jaarlijkse controles moet blijken hoe de versterking zich gedraagt t.a.v. vermoeiing.

Opmerkingen:

Aandachtspunt bij deze oplossing is dat de punt van de kanoplaat zich in het momenten nulpunt bevindt. De spanningswisselingen zijn daar beperkt en hebben een gunstig effect op vermoeiing.

Memorandum

5 Dekplaatscheuren

Dekplaatscheuren (DPS) komen niet veel voor bij de Suurhoffbrug. Echter met het oog op vervangen van het asfalt en het herstellen van aanwezige DPS is dit onderwerp besproken.

Er is op heden één dekplaatscheur geconstateerd in HRR die hersteld moet worden tijdens de versterkingswerkzaamheden. De voorkeur voor het herstellen van een DPS gaat uit naar een inzetstuk. Gutsen & lassen is niet gewenst doordat scheurvorming zich snel weer na reparatie kan ontwikkelen. In 2014 is HRL voorzien van een nieuwe asfaltlaag. Er zijn toen vier DPS scheuren gesignaleerd (ToFD). Een scheur was door en door en is hersteld d.m.v. een inzetstuk. De drie andere zijn hersteld met gutsen & lassen.

Gezien de beschikbare tijd voor reparaties tijdens het asfalteringsweekend begin oktober 2016 is beperkt. Alle schades kunnen door gutsen, slijpen en lassen hersteld worden, mits de totaal lengte van de scheur kleiner is dan 500mm. Omdat de dekplaat scheuren sporadisch zijn bij de Suurhoffbrug kan de scheurontwikkeling in herstellende scheuren waarschijnlijk minder snel optreden dan bij een brug met doorgaande troggen.

Waar vochtuittrekking of roestvorming aan de onderzijde van een trog geconstateerd is, is dit een aanleiding voor een mogelijke DPS. DPS bevinden zich voornamelijk in het midden van de overspanningen (in het midden tussen de dwarsdragers). Dit in tegenstelling van doorgestoken troggen, waar de dekplaatscheuren zich boven de dwarsdrager concentreren. ToFD zal in het herstel weekend alleen op gebieden worden toegepast die scheur gevoelig zijn. Dit is nabij voegovergangen en waar onderdekse schade zich concentreert.

Om de grootte van inzetstukken te bepalen is de lengte van de DPS noodzakelijk. De reeds bekende DPS in HRR kan in de WBU van 10 september na lokaal verwijdering van het asfalt worden ingemeten. Ook is er de mogelijkheid dit uit te voeren met Crack-PEC (met de hand zonder verwijdering van het asfalt) of met UT vanaf de onderzijde.

6 Overige punten

Akoestische monitoringstechnieken die op de tweede van Brienenoordbrug worden toegepast hebben voor de Suurhoffbrug geen zin. Het aantal werkende scheuren is te groot om deze uit de monitoring te kunnen filteren.

UIT (Ultrasonic impact treatment) op trog dwarsdrager en trog dekplaat lassen geen zin heeft omdat de scheur meestal in de wortel begint.

7 Vervolg

Met de uitkomst van het overleg zijn de volgende vervolgacties opgesteld:

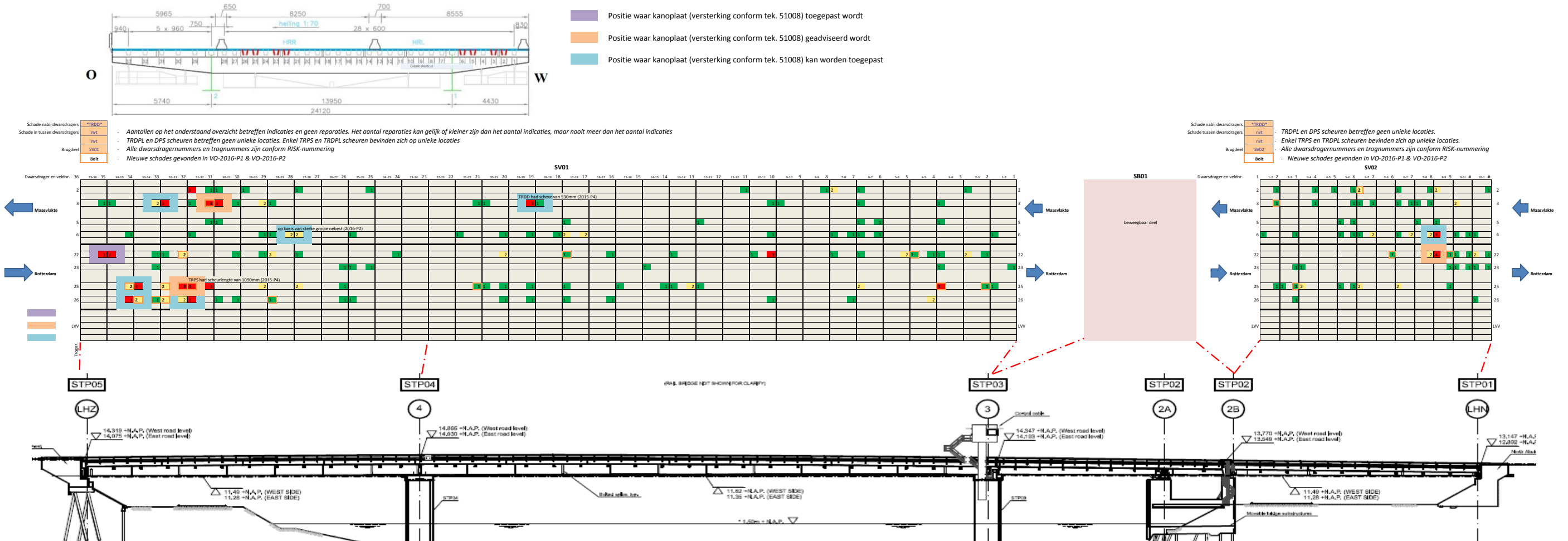
- i) Uitzoeken of een 2x1 rijstrookindeling buiten de spits mogelijk is m.b.t. filevorming, het weven van verkeer en het in- en uitvoegen vlak voor en na de brug.
- ii) Is een rijdek versterking onder de LVV uitkraging mogelijk om een LM1 & LM2 belastingstelsel af te dragen? En kan de oostelijke uitkravingsconsole deze belasting aan? Hoe staat het met de levensverwachting t.a.v. vermoeiing.

Memorandum

- iii) Een Trade of Matrix met de voorgestelde TRDD versterking. De variant die het gunstigs uitkomt qua prijs, uitvoering en efficiëntie kan worden doorontwikkeld om als versterkingsmaatregel toe te passen.
- iv) Terugkoppelen van de inspectieresultaten van de kanoplaat.

Bijlage A – TRDD indicaties

Lijst tot en met "VO-2016-P2"



Memorandum

Bijlage B – Versterkingsopties

Mogelijke oplossingen – troggen versterking

