



Toepassing in de praktijk komt snel naderbij

De weg naar een circulair viaduct

Een betonnen brugdek, dat je op één locatie opbouwt, kunt verbreden en vervolgens kunt demonteren en elders kunt herbouwen. Een illusie of realiteit? De voortekenen wijzen op dat laatste: de bouw van het allereerste circulaire lijkt niet lang op zich te laten wachten.

De infrasector is een grootverbruiker van primaire grondstoffen. Deze grondstoffen zijn schaars en worden veelal lineair verwerkt: delven, gebruiken als product en uiteindelijk als afval

lozen. Natuurlijke grondstoffenbronnen worden hierdoor uitgeput en de afvalberg groeit maar door. Opdrachtgevers en opdrachtnemers zijn zich er inmiddels van bewust dat dit zo niet langer kan en begrijpen de urgentie van circulair werken, waarin materialen en grondstoffen worden hergebruikt.

Eén van de grootste opdrachtgevers van Nederland, Rijkswaterstaat, heeft de ambitie om in 2030 volledig circulair te werken en 50% minder primaire grondstoffen te gebruiken. Deze enorme opgave kan niet worden gerealiseerd zonder dat opdrachtnemers meewerken. Van Hattum en Blankevoort heeft als opdrachtnemer eveneens ambitieuze doelen. Het bedrijf

streeft ernaar in 2025 de meest duurzame civiele bouwer van Nederland te zijn en nam het initiatief een viaduct circulair te ontwerpen met als doel dit zo snel mogelijk te bouwen.

Consortium

Van Hattum en Blankevoort heeft ketenpartners gevraagd mee te denken zodat ervaring en expertise konden worden gebundeld. In oktober 2016 is een consortium ontstaan: een samenwerking tussen van Hattum en Blankevoort/Volker InfraDesign, Spanbeton/VBI, SBRCURnet, SGS Intron en Rijkswaterstaat. Met deze partijen is een ontwerpteam samengesteld, met als ambitie om circulaire infrastructuur te ontwerpen en te bouwen. Gestart is met het ontwerpen van een circulair viaduct.

Circulair viaduct

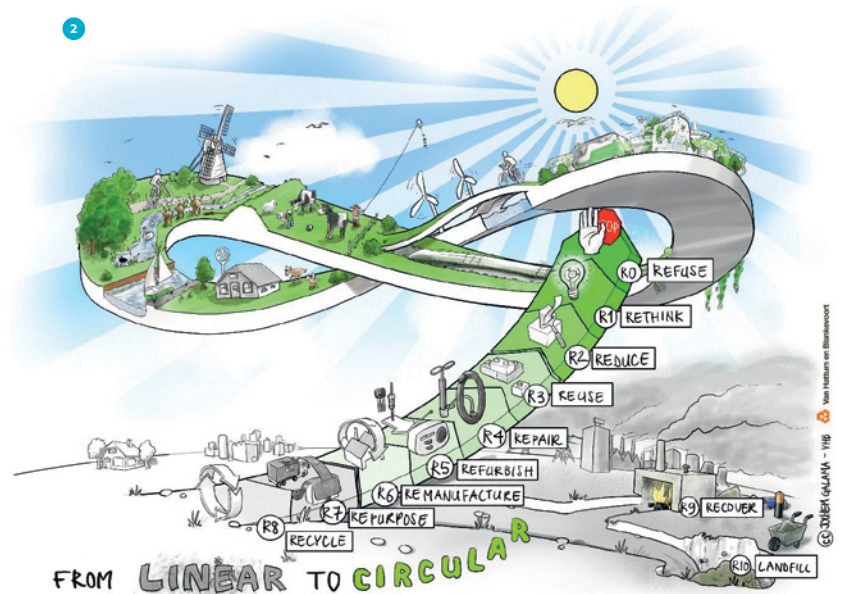
Van Hattum en Blankevoort heeft ketenpartners gevraagd mee te denken zodat ervaring en expertise konden worden gebundeld. In oktober 2016 is een consortium ontstaan: het Consortium Circulair Ontwerp Viaduct, een samenwerking tussen van Hattum en Blankevoort/Volker InfraDesign, Spanbeton/VBI, SBRCURnet, SGS Intron en Rijkswaterstaat. Met deze partijen is een ontwerpteam samengesteld, met als ambitie om circulaire infrastructuur te ontwerpen en te bouwen. Gestart is met het ontwerpen van een circulair viaduct.

Voor het ontwerp van het viaduct is een aantal uitgangspunten geformuleerd om houvast te hebben voor het ontwerp (fig. 2).

- Denk vanuit nu (anno 2017): hoe kun je nu een circulair viaduct ontwerpen.
- Circulariteit toetsen aan RE-loop, maak keuze aan de hand van de volgende vier RE-principes:
 - RE-use: hergebruik (gehele viaduct) waar mogelijk;
 - RE-pair: pleeg onderhoud om levensduur te verlengen;
 - RE-furbish: hergebruik van verschillende onderdelen;
 - RE-cycle: hergebruik van de grondstoffen.
- Niet kijken naar tijd, geld en MKI-waarde (Milieu Kosten Indicator); circulariteit staat bovenaan.
- Geen afval als 'landfill' of naar de verbrandingsoven; dit is vernietiging van grondstoffen.
- Maak het viaduct demontabel.

RE-use

Met als uitgangspunt RE-use is de gedachte ontstaan het brugdek modulair op te bouwen uit meerdere losse elementen, zowel in breedte als in langsrichting (fig. 3). Deze elementen zijn demontabel en hebben hanteerbare afmetingen zodat deze afzonderlijk eenvoudig transporteerbaar zijn. De losse elemen-



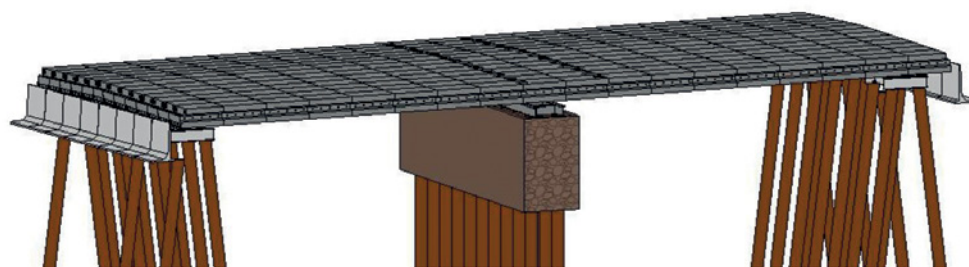
ten zijn eveneens geschikt in het kader van de RE-furbish-gedachte. Met de losse elementen kunnen viaducten worden verbreed. Het dek van het viaduct is daarmee toekomstvast.

Het dek van een viaduct wordt in de huidige praktijk veelal opgebouwd uit prefab betonnen liggers met een druklaag of het wordt in-situ gestort. Voor in situ gestorte dekken geldt dat deze (nagenoeg) onmogelijk kunnen worden hergebruikt op een andere locatie. Ook geprefabriceerde betonnen liggers kunnen (bijna) nooit worden ingezet bij andere overspanningen. Ze worden specifiek gemaakt voor een bepaalde locatie, aangepast aan overspanning, kruisingshoek en belasting. Daarnaast bestaat het dek vaak ook uit een monolieten deklaag, of het (dwars)voorspannsysteem is uitgevoerd met voorspanning met aanhechting.

Modulair systeem

De constructieve samenhang wordt verkregen door het aanbrengen van langs- en dwarsvoorspanning. De druklaag moet achterwege blijven om het demonteren van de elementen mogelijk te maken. De voorspanning in het dek moet te bestaan uit voorspanning zonder aanhechting.

Aangezien het dek in zowel langs- als in dwarsrichting opgebouwd is uit elementen, kan het in zowel langs- als dwarsrichting worden verlengd of verbreed. Dit betekent dat met de basis elementen verschillende dekbreedten en deklengten kunnen worden gerealiseerd. Uiteraard is het zo dat met een bepaalde elementdikte (=dekdikte) geen oneindig lange



3

- 3 Opbouw dek
- 4 Bestaand ontwerp KW6 N18
- 5 3D geprint prototype opbouw dek

dekken kunnen worden gerealiseerd. Derhalve is een bepaalde elementdikte geschikt voor een range aan overspanningen en dekbreedtes .

Case-studie

Om de haalbaarheid van het circulaire viaduct te toetsen is een case-studie gedaan voor KW6 van het project N18. Dit kunstwerk bestaat uit twee overspanningen van circa 21 m en heeft een dekbreedte van circa 16 m. Het betreffende kunstwerk was reeds uitgewerkt door Spanbeton, waarbij het dek was uitgevoerd als SJPflex-dek (fig. 4) . De krachten in het dek waren derhalve reeds bekend, zodat op basis van deze krachten ook een beschouwing kon worden gedaan voor het circulaire dek met dezelfde krachten.

Voor de case-studie is uitgegaan van een dekdikte van 1,0 m. Met deze dekdikte kan een overspanningsrange van 20 m +/- 5 m worden bereikt.

Voor de modulaire elementen van het dek is destijds uitgegaan van elementen van 1,0 m dik, 2,5 m lang en 1,25 m breed. De lengte van het dek moet daardoor altijd een veelvoud van 2,5 m hebben. Voor de breedte is een veelvoud van 1,25 m het gevolg. De elementen zijn momenteel vol in ontwikkeling, waarbij nog niet te veel details prijsgegeven kunnen worden.

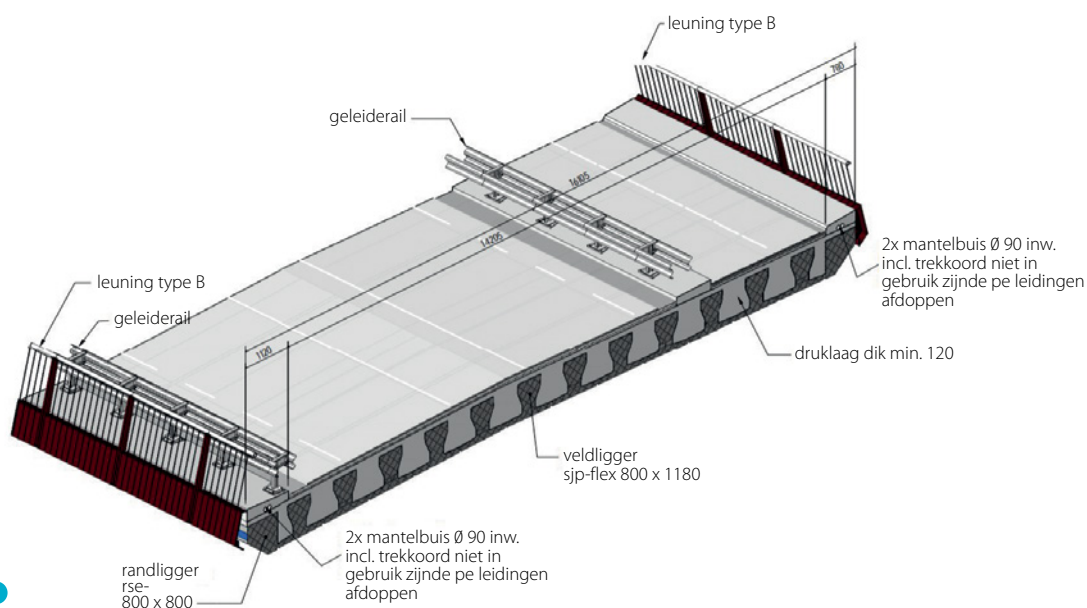
Het circulaire viaduct wordt niet voorzien van randelementen. De randelementen hebben immers niet een directe functie voor de dragende functie van het kunstwerk.

Aangezien de krachtwerking in de diverse elementen in, met name, de langsrichting verschillend is, moet in de lengterichting verschillende typen elementen worden toegepast. Bij een statisch bepaald dek worden de elementen nabij de opleggingen hoofdzakelijk belast op afschuiving en de elementen in het veld hoofdzakelijk op buiging. Derhalve worden ook twee typen elementen bepaald.

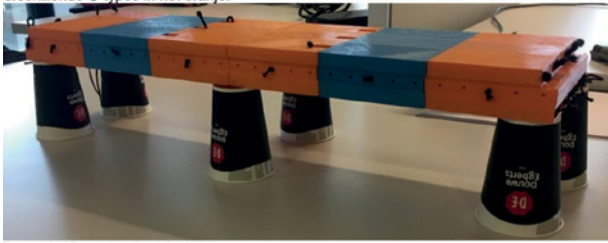
1. Type A: elementen t.p.v. oplegging
2. Type B: veldelementen.

Element type A

Element type A betreft het element ter plaatse van de opleggingen. Dit element dient tevens voor de oplegging van de overgangsplaten (stootplaten), die worden geplaatst in een inkassing in het brugdek. Hiertoe is besloten het landhoofd, dat normaliter in situ wordt gestort, weg te laten: er zal geen in situ betonnen landhoofden worden toegepast. Deze in-situ landhoofden zijn immers niet herbruikbaar. In plaats daarvan worden de dekken ondersteund door een staalconstructie. Element type A wordt uitgevoerd als massief beton. Dit element bevat immers ook de verankering van de langsoverspanning.



4



Element type B

Element type B betreffen de elementen in het veld van de overspanning. Deze elementen worden deels hol uitgevoerd om daarmee het gewicht te beperken. De elementen worden in lengterichting voorzien van een dwarskrachtvoorziening ten behoeve van de overdracht van de dwarskracht tussen de elementen onderling. Deze dwarskrachtvoorzieningen tussen de elementen worden momenteel nader uitgewerkt.

Het optredende moment in het dek wordt overgedragen met behulp van de voorspanning tussen de elementen. De voorspanning zorgt ervoor dat er zowel in lengte als in dwarsrichting geen trekspanningen kunnen ontstaan tussen de elementen onderling. Volgens Eurocode geldt immers dat optredende normaalspanning in de buigtrekzone voor voegen loodrecht op de hoofddraagrichting minimaal 1 MPa moet bedragen. Voor voegen evenwijdig aan de hoofddraagrichting geldt een minimale drukspanning van 0 MPa.

Regelgeving

Voor de berekening van het brugdek is uitgegaan van de belastingen en rekenregels uit de Eurocodes. Dit geldt eveneens voor de detailleringregels. Voor het ontwerp is ook de ROK aangehouden. Om tot een circulair ontwerp te komen van het viaduct is de ROK echter niet als bindend aangehouden. De reken- en detailleringregels in de ROK zouden kunnen leiden tot een niet-circulair ontwerp.

Voorspanning

Voor de voorspanning wordt voorspanning zonder aanhechting gebruikt (VZA). Het moet immers na het gebruik van het dek wederom kunnen worden verwijderd, zodat de elementen uit elkaar kunnen worden gehaald. Dit is met voorspanning met aanhechting niet mogelijk.

Hierbij moet onmiddellijk worden opgemerkt dat dit conform de ROK niet is toegestaan. De ROK zegt immers dat het in rekening brengen van voorspanning zonder aanhechting in de eindsituatie niet is toegestaan.

Aangezien Rijkswaterstaat een van de participanten is in het consortium, is afgesproken om voor de betreffende testcase de aanvullende regels vanuit ROK terzijde te schuiven. Circulariteit is dus maatgevend ten opzichte van de geldende (aanvullende) regelgeving van Rijkswaterstaat.

Transport

Omdat de circulariteit van het dek als uitgangspunt te houden, zijn de elementen afzonderlijk relatief klein. Op deze manier hoeft voor het transport naar de project locaties niets bijzonder te worden geregeld.

Grondstoffenpaspoort

Viaducten zijn onderhevig aan belastingen en andere invloeden van buiten. Om onderdelen of grondstoffen circulair te verwerken, moeten de gebruikte materialen en de huidige staat ervan bekend zijn. Zo wordt aan de materialen een identiteit gegeven. Daarom is voor het circulair viaduct een grondstoffenpaspoort essentieel. Hierin worden onder andere kwaliteit, afmetingen en locatie van de gebruikte materialen geregistreerd.

Het circulair viaduct wordt ook voorzien van sensoren die het mogelijk maken een continue monitoring uit te voeren.

Hiermee kan worden ingeschat of het viaduct nog aan de eisen voldoet en hoe materialen opnieuw kunnen worden gebruikt.

Status

Het voorontwerp van het circulaire viaduct is gereed en de circulaire ontwerpprincipes zijn bepaald. Dit is echter niet het eindstation van het project. Momenteel zijn er vergevorderde plannen om het dek van het circulair viaduct te gaan bouwen binnen project Reevesluis. Het circulaire dek zal op de projectlocatie worden geplaatst in de werkweg. Zodoende wordt het dek gebruikt voor het transport van alle materiaal en materieel naar de projectlocatie en kan het als een pilot project fungeren. Doel van deze exercitie is om de bouwwijze van het viaduct in de praktijk te kunnen brengen en om goed te kunnen monitoren hoe het viaduct functioneert in de praktijk. Na gebruik zal het worden gedemonteerd en kan het worden gebruikt op een andere locatie.

Inmiddels is het definitief ontwerp van het dek van het circulaire viaduct lopende en wordt het voorontwerp verder geoptimaliseerd. Zo zijn de afmetingen en vorm van de elementen geoptimaliseerd zodat het gewicht verder kan worden beperkt en daarmee tevens de voorspanhoeveelheden. Ook is de vorm aangepast zodat geen verloren bekisting (die veelal wordt uitgevoerd in milieubelastend EPS) hoeft te worden toegepast in de holle elementen. Daarnaast is het voorspanstelsel verder uitgewerkt.

Het consortium blijft zichzelf uitdagen dit prototype verder te verbeteren, maar wil ook de markt (opdrachtgevers, opdrachtnemers) uitdagen om met betere versies te komen. ☒