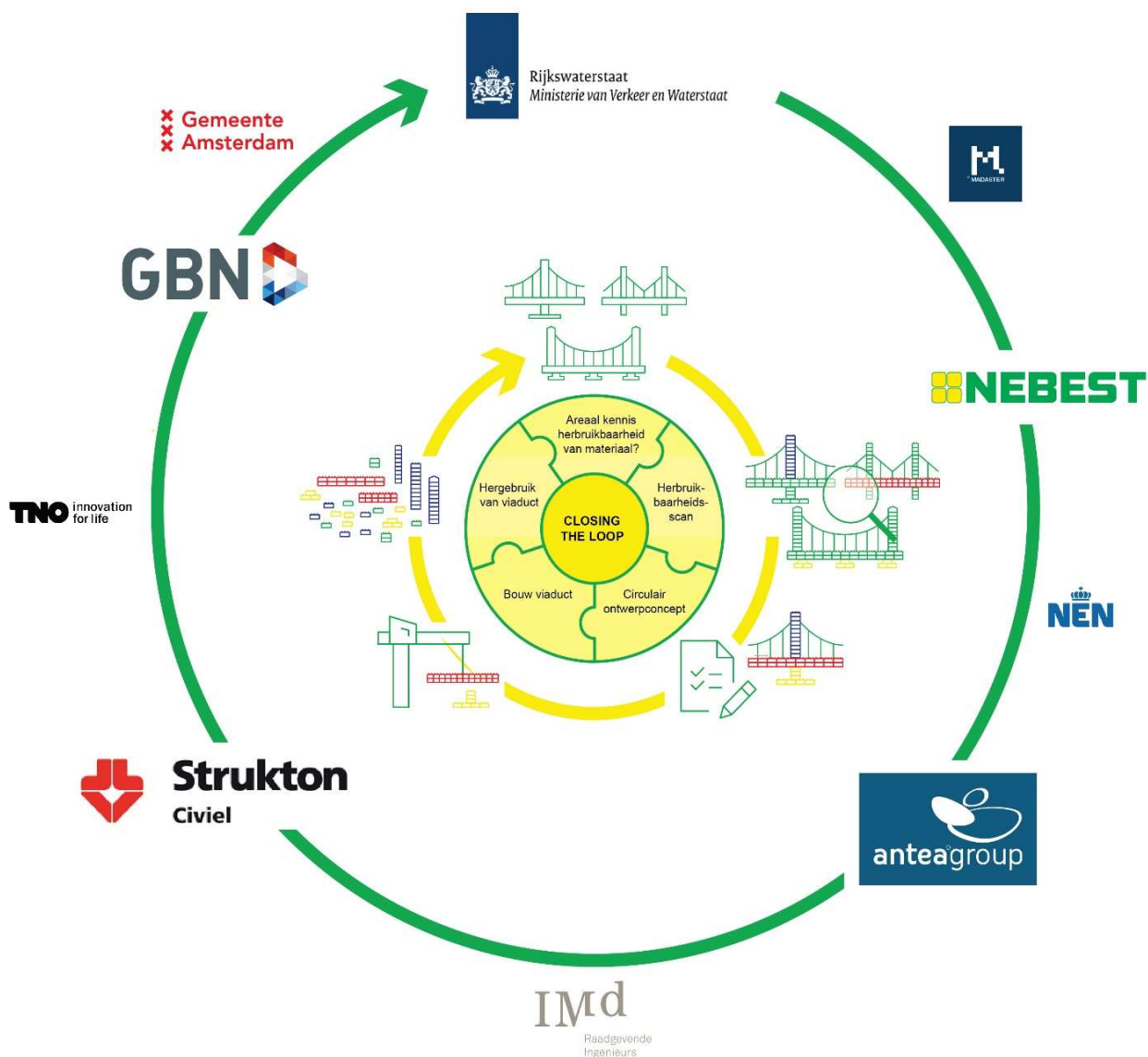


Creating impact today

We are: 'Closing the Loop'



Het eerste hergebruikte viaduct in Nederland!

SBIR - Circulaire viaducten

Opdrachtgever CROW Infradagen 2022

Project SBIR Circulaire Viaducten

Status Definitief

Datum 2 november 2022

Auteur Wouter van den Berg

Maar liefst 70% van bestaande kunstwerken wordt niet duurzaam gesloopt voor het einde van de technische levensduur. Enorm zonde volgens consortium Closing the Loop, gezien de toenemende mondiale schaarste van primaire grondstoffen. Naar verwachting neemt die schaarste de komende jaren alleen nog maar verder toe. De gevolgen van klimaatverandering, de groeiende wereldbevolking en de huidige consumptiecultuur worden steeds zichtbaarder. Het is nu dan ooit belangrijker om gebruik van grondstoffen terug te dringen en materialen zoveel mogelijk te hergebruiken. Consortium Closing the Loop, bestaande uit Nebest, Antea Group, GBN Groep en Strukton Civiel, zet zich daarom in voor hoogwaardig hergebruik van bestaande kunstwerken. Het consortium is intrinsiek gemotiveerd om waardevernietiging van bestaande kunstwerkonderdelen tegen te gaan en zet hiermee een eerste stap als onderdeel van de SBIR Circulaire Viaducten.



Figuur 1: A76 Daelderweg artist's impression eerste hergebruikte viaduct

Hoogwaardig hergebruik van bestaande kunstwerken

Het ontstaan van Closing the Loop vindt zijn oorsprong in de bijeenkomsten van de toekomstvormers van Rijkswaterstaat en eerdere samenwerkingen op het gebied van hoogwaardige betonrecycling binnen het project Klimaatveloppe en de Open Leeromgeving Circulaire Viaducten & Bruggen. Dit resulteerde in een samenwerking op basis van de wil om gezamenlijk invulling te geven aan circulaire ambities, waarbinnen ieders specialisme wordt benut om de cirkel voor hoogwaardig hergebruik te sluiten. Dit doet Closing the Loop met vijf deelinnovaties:

1. De herbruikbaarheidsscan
2. Circulaire ontwerpconcepten
3. Circulaire oogst bestaande kunstwerken
4. Realisatie circulaire kunstwerken
5. Hergebruik circulaire kunstwerken

SBIR Circulaire Viaducten

Twee jaar geleden kondigde Rijkswaterstaat tijdens de week van de circulaire economie de SBIR Circulaire Viaducten aan. Hiermee daagt ze ondernemers uit om circulaire oplossingen voor viaducten te ontwikkelen en valideren. Dit in het kader van haar ambitie om vanaf 2030 volledig klimaatneutraal en circulair te werken. Er volgden 32 inschrijvingen, die door de onafhankelijke beoordelingscommissie werden beoordeeld op impact, haalbaarheid en economisch perspectief. 10 consortia werden geselecteerd om door te gaan naar de volgende fase en een haalbaarheidsonderzoek te presenteren. Daaruit selecteerde Rijkswaterstaat drie partijen die in de volgende fase een prototype van hun circulaire viaduct mogen ontwikkelen, waarvan consortium Closing the Loop er één is.

Hoogwaardig hergebruik van bestaande kunstwerken kan het consortium echter niet zonder anderen bereiken. Belangrijk is dat circulaire innovaties ook daadwerkelijk binnen de markt te integreren zijn en aansluiten bij bestaande ontwikkelingen en behoeften. Het consortium werkt om die reden intensief samen met andere partijen. Zo kent Closing the Loop een aantal kennispartners, waaronder IMD, NEN, Madaster, TNO en Gemeente Amsterdam.

Viaducten A76 te Nuth fungeren als gastproject

Na het succesvol doorlopen van het haalbaarheidsonderzoek als onderdeel van fase 1 van de SBIR, zijn in het eerste kwartaal van dit jaar de innovaties van het consortium theoretisch onder relevante omstandigheden voor het gastproject A76 in de Daelderweg. De volgende opgave van het consortium is de realisatie van het prototype viaduct met hergebruikte materialen binnen dit gastproject.

De ongelijkvloerse kruising bij de Daelderweg en de A76 te Nuth bestaat uit twee viaducten. Oorspronkelijk was het voornemen om deze op korte termijn te slopen en hier één nieuw viaduct te realiseren. In de vorm van een haalbaarheidsonderzoek waarbij zowel de impact, haalbaarheid als het economisch perspectief werden onderzocht, toonde het consortium begin dit jaar de potentie aan voor het hergebruiken van onderdelen uit beide viaducten. Het resultaat is een viaduct dat voor meer dan 65% uit hoogwaardig hergebruikte objectonderdelen bestaat. Het overige deel bestaat uit gerecyclede materialen. Dit leidt niet alleen tot een reductie van meer dan 40% op de MKI en circa 60% voor CO₂, maar ook tot een besparing van circa 10% op de directe bouwkosten ten opzichte van een traditioneel gebouwd viaduct.

De viaducten bij de A76 te Nuth stammen uit 1938 en 2004. Binnen het SBIR-project worden beide kunstwerken worden geoogst, waarna er één nieuw, groter viaduct voor terugkomt. Door uitgebreid onderzoek te verrichten, kwam het consortium veel te weten over de restlevensduur van de vrijkomende materialen en onderdelen uit beide viaducten. Zo zijn door Nebest kernen geboord, proefsleuven gegraven en is onderzoek gedaan naar carbonatie- en chloride-indringing. Uit de onderzoeksresultaten bleek dat het merendeel van de onderdelen een restlevensduur van nog minstens 100 jaar heeft. Dit betekent dat de vrijkomende materialen nog uitstekend hergebruikt kunnen worden in het nieuwe, circulaire viaduct.



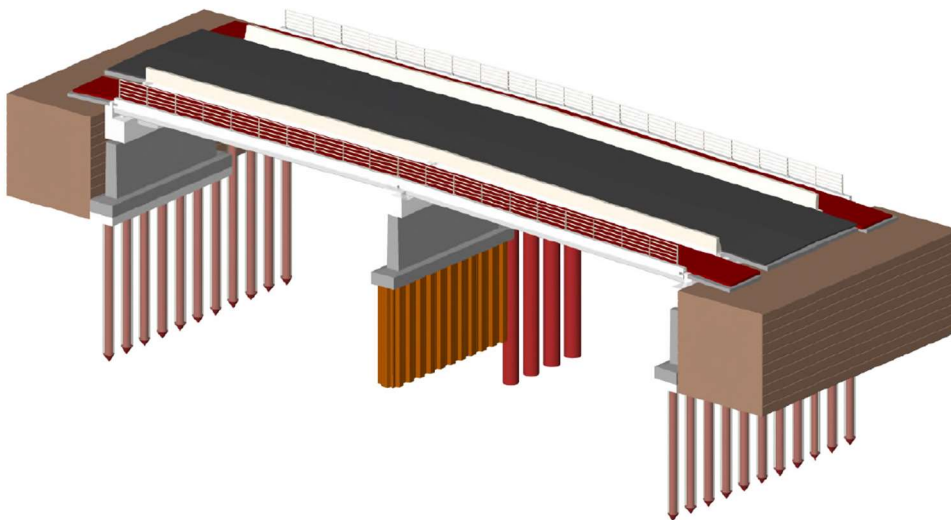
Figuur 2: Kernen worden geboord ten behoeve van restlevensduuranalyses



Figuur 3: Betonkern wordt beproefd in het laboratorium van Nebest

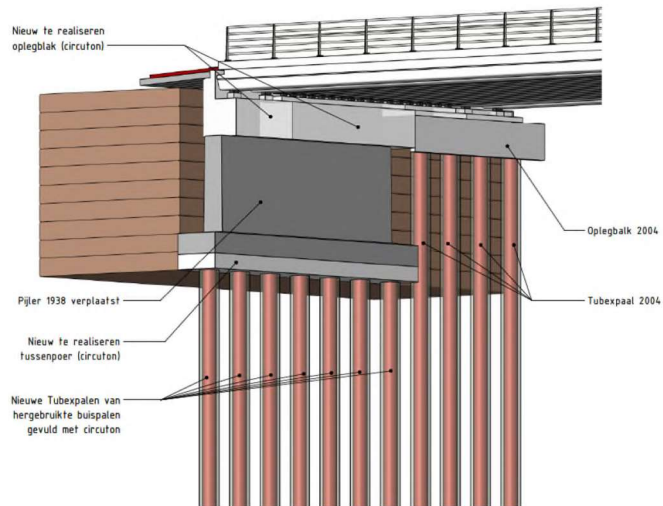
Van drie viaducten naar één circulair viaduct

Binnen het consortium is Antea Group verantwoordelijk voor het ontwerp. Voor het circulaire viaduct Daelderweg A76 worden, in tegenstelling tot bij traditionele sloop, zoveel mogelijk materialen uit bestaande viaducten hoogwaardig hergebruikt. Hierbij wordt rekening gehouden met onder andere de toekomstige uitbreiding van de A76, ontwerplevensduur van 100 jaar en gevolklasse CC3.



Figuur 4: 3D-weergave van het circulaire viaduct

De onderbouw van het circulaire viaduct wordt opgebouwd uit onderdelen van de bestaande twee viaducten in de A76. Hierbij worden de landhoofden en tussensteunpunten in zijn geheel behouden. Voor het viaduct uit 1938 geldt dat de buitenste tussensteunpunten in het toekomstige profiel vallen van de verbreding van de A76. Om de toekomstige verbreding mogelijk te maken, worden de wanden verplaatst en gefundeerd op hergebruikte stalen buispalen. Op de pijler wordt een nieuwe oplegbalk gerealiseerd, welke wordt verbonden met de bestaande oplegbalk van het viaduct uit 2004. Hiermee wordt een geheel nieuw landhoofd gecreëerd. Doordat het grondtalud in de nieuwe situatie aan de voorzijde komt te vervallen, is het nodig om achter de nieuw te realiseren wanden een gewapende grondconstructie toe te passen.

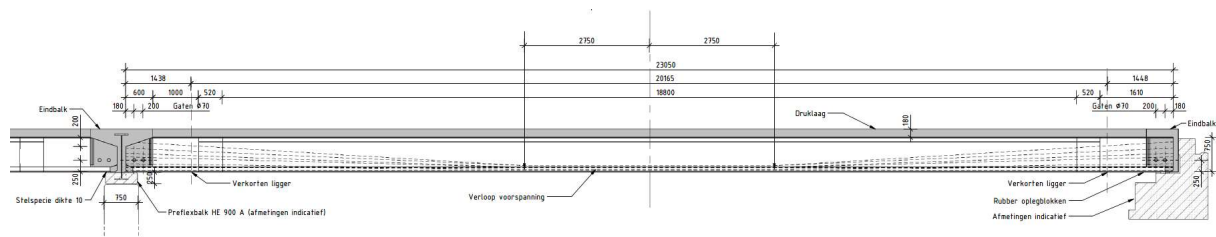


Figuur 5: Ontwerp onderbouw van het circulaire viaduct

Niet alle onderdelen kunnen echter in het nieuwe viaduct hergebruikt worden. Doordat de overspanning van het nieuw te realiseren viaduct wordt vergroot, is het niet mogelijk om het dek van het viaduct uit 1938 te hergebruiken. Dit materiaal wordt ingezet voor de productie van nieuw beton voor onder andere de druklaag. Om het dek toch circulair te kunnen realiseren, is Closing the Loop op zoek gegaan naar een donorviaduct. Het oog viel vervolgens op het Karel Keizerviaduct in de A9 bij Amstelveen. Daar komen een hoop liggers vrij, die goed toegepast kunnen worden binnen het gastproject A76.

Toegepaste liggers in het nieuwe ontwerp

De toepassing van de liggers uit het Karel Keizerviaduct maakt het project vanuit constructief oogpunt een stuk uitdagender. Het dek van dit viaduct, dat stamt uit 1968, is een statisch onbepaalde constructie (doorlopend over de tussensteunpunten) welke is opgebouwd uit HNP-liggers 75/98 met een lengte van circa 23 m en een druklaag met een dikte van 180 mm. Ter plaatse van de tussensteunpunten zijn preflexbalken toegepast.



Figuur 6: Langsdoorsnede ter plaatse van eindveld Karel Keizerviaduct

Het hergebruiken van dit type liggers maakt het ontwerp uniek. Dit type ligger heeft vrijwel geen wapeningsstaal en is daarmee bijna volledig afhankelijk van de aanwezige voorspanning en sterkte van het beton. Daarnaast dienen de liggers ook te worden ingekort naar een lengte van circa 20 m.

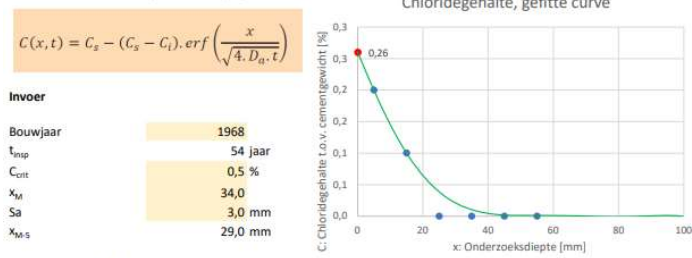
Voor de liggers is aanvullend onderzoek uitgevoerd, waaruit bleek dat er geen sprake is van chloride-indringing en de carbonatatie daarnaast verwaarloosbaar is. Ook is de betonkwaliteit van de liggers vanuit onderzoek vastgesteld op C80/95. Volgens de oorspronkelijke ontwerpgegevens betrof dit K600(B65). Conform het restlevensduurmodel uit CUR-121 is vervolgens de restlevensduur van de liggers beschouwd en aangetoond dat deze nog prima meegaan.

Titel : Het eerste hergebruikte viaduct in Nederland!

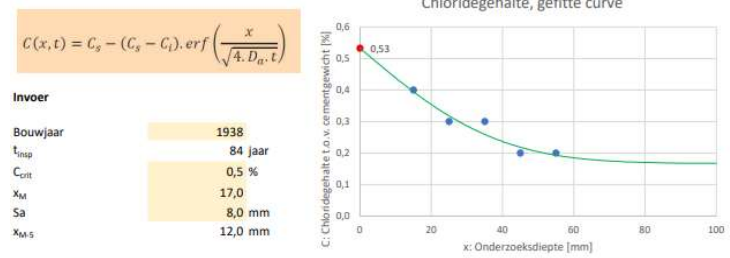
Rapportnummer : 38775

5

Rekenwijze resterende duur initiatiefase voor chloride-geïnitieerde wapeningscorrosie
Conform CUR-Aanbeveling 121:2018 Bijlage A

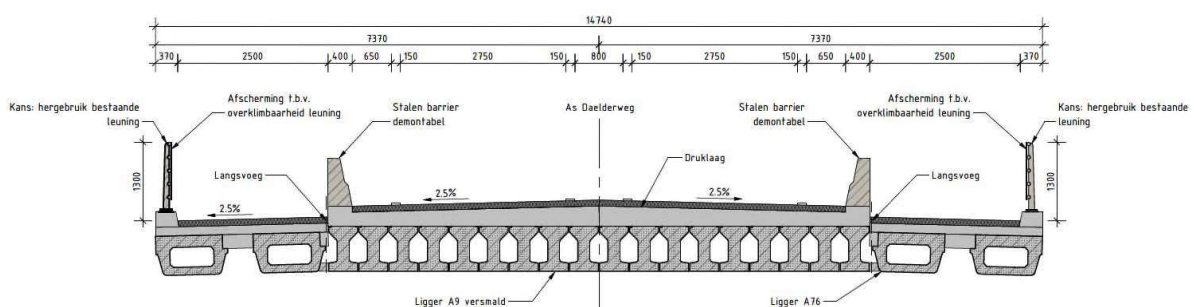


Rekenwijze resterende duur initiatiefase voor chloride-geïnitieerde wapeningscorrosie
Conform CUR-Aanbeveling 121:2018 Bijlage A



Figuur 7: Restlevensduurmodel liggers A76 en A9

Voor de toepassing van de liggers binnen het nieuwe viaduct is gekozen voor een symmetrische verdeling tussen het gebruik van liggers van het viaduct uit 2004 en de liggers uit de A9. De kokerliggers uit 2004 zijn onder het fietspad toegepast (zie figuur 6) en de liggers uit de A9 onder de rijweg. Bovenop de liggers van de A9 is het nodig een nieuwe druklaag toe te passen. Ook voor de kokerliggers is restlevensduuronderzoek uitgevoerd en zijn er vooralsnog geen noemenswaardige belemmeringen gevonden die hergebruik hiervan in de weg staan.



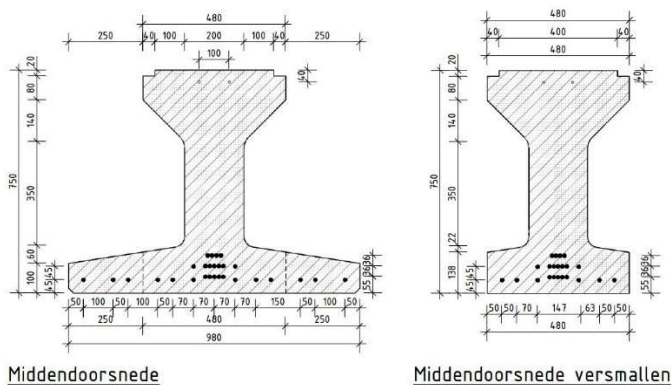
Figuur 8: Dwarsdoorsnede van het dek van het circulaire viaduct

Omdat de her te gebruiken onderdelen zijn ontworpen voor de komst van de Eurocode/ROK, is er bij de haalbaarheidsstudie voor gekozen om ruim voldoende robuust te ontwerpen. Zo wordt de druklaag uitgevoerd in een betonkwaliteit C44/55 om de momentcapaciteit te verhogen. Daarnaast worden de flenzen van de liggers versmald om meer liggers naast elkaar toe te kunnen passen, waarmee de dwarskrachtcapaciteit wordt verhoogd.

Oogsten van liggers

Binnen de haalbaarheidsstudie heeft GBN een oogstplan gemaakt om te waarborgen dat de liggers uit de A9 op gecontroleerde wijze en onbeschadigd uit het viaduct gehaald kunnen worden. Deze liggers

kunnen niet één-op-één worden ingepast binnen het nieuwe ontwerp, maar moeten eerst nog worden bewerkt. Zo wordt de bestaande druklaag verwijderd en de onderflens versmald. Na oogst worden de liggers naar een hub-locatie in Maasbracht vervoerd waar de bewerkingen en het proefbelasten van de liggers plaatsvindt.



Figuur 9: Het afzagen van flenzen van de liggers

Expertmeeting hergebruik

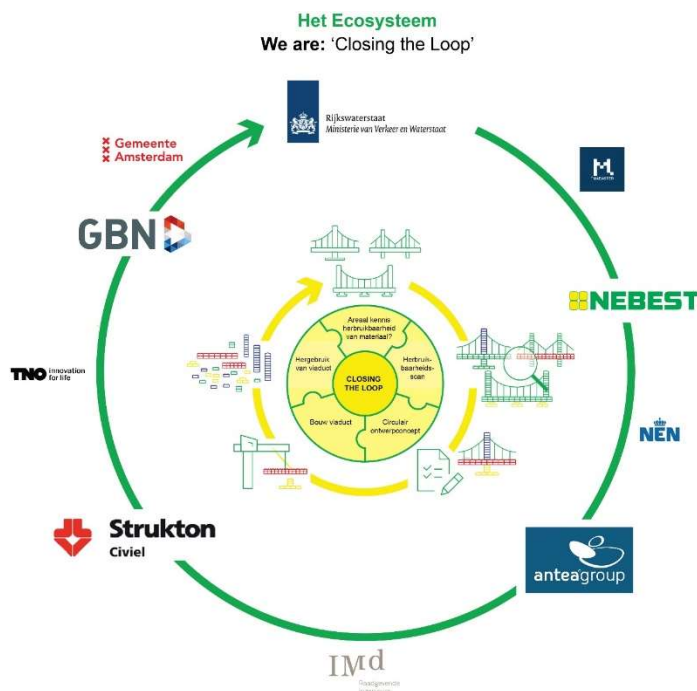
Het nieuwe, circulaire viaduct moet aan bestaande normen en wet- en regelgeving voldoen, zoals het Bouwbesluit en de Eurocode. Na uitvoerig onderzoek bleken niet alle her te gebruiken onderdelen daar 100% aan te voldoen. De railliggers uit het viaduct in de A9 voldoen niet aan de details die vanuit de Eurocode worden gesteld aan de minimale hoeveelheid beugelwapening. Uit de berekeningen die het consortium verrichte naar de constructieve veiligheid, blijkt echter dat die liggers ook zonder te voldoen aan die details prima op een veilige manier kunnen worden toegepast.

Toch kan deze details niet zomaar worden genegeerd. Om die reden heeft begin dit jaar een expertmeeting plaatsgevonden, waarbij specialisten en experts vanuit Rijkswaterstaat, TNO en overige partijen uit verschillende normcommissies aanwezig waren. Tijdens deze meeting is besproken hoe omgegaan moet worden met eventuele afwijkingen ten opzichte van huidige normen en richtlijnen. Belangrijkste conclusie die hieruit volgde was dat de geconstateerde afwijkingen werden het hergebruik van de liggers binnen project niet in de weg hoeven te staan. Van belang is dat de wijze waarop er van de Eurocode wordt afgeweken goed wordt onderbouwd. Met de huidige onderzoeksresultaten van het consortium is dit voldoende geborgd. In de vervolgfase van het projecttraject wordt dit vanuit Closing the Loop verder opgepakt in samenwerking met de experts. Ook bevoegd gezag voor het verlenen van de omgevingsvergunning wordt hierin tijdig betrokken. De resultaten uit dit traject in combinatie met de proefbelastingen van de liggers worden gebruikt voor verdere normontwikkelingen ten behoeve van hergebruik.

Contractuele kaders lopende projecten

Voor hergebruik is tijdige afstemming van vraag en aanbod van essentieel belang. Binnen het gastproject A76 komt een groot deel van de benodigde onderdelen vrij op de uiteindelijke projectlocatie. Ten aanzien van de liggers uit de A9, bestond de uitdaging om de oogst hiervan in afwijking op de traditionele sloop binnen de scope van de A9 op te nemen. Door samen te werken met beide projectteams van Rijkswaterstaat heeft Closing the Loop ook hierin een modus gevonden.

De kracht in het vinden van oplossingen voor belemmeringen is dan ook de samenwerking tussen het gehele projectteam. Er zijn nu eenmaal belemmeringen die de markt – in dit geval Closing the Loop – niet zelfstandig kan oplossen, zoals normalisering en inkooprichtlijnen. Wanneer de hele keten bij elkaar aan tafel zit, wordt sneller duidelijk welke belemmeringen er zijn. Vervolgens kunnen de teamleden samenwerken aan het oplossen hiervan. Zo ook in geval van project A76 voor de discussie ten aanzien van de beugelwapening en het oogsten van de liggers uit een ander ‘donorproject’.



Figuur 10: Closing the Loop

Circulair tenzij

Naast wettelijke en contractuele belemmeringen, loopt het consortium ook tegen andere uitdagingen aan. Te vaak hoort Closing the Loop nog dat circulair werken moeilijk is, dat ambities te hoog zijn, het te kostbaar is en dat er weinig draagvlak is. Met de uitgevoerde onderzoeken heeft het consortium nu bewezen dat circulaire viaducten wel degelijk haalbaar zijn. Door samen te werken en specialismen van verschillende partners te benutten, is heel veel mogelijk. Natuurlijk zijn er uitdagingen, belemmeringen en obstakels. Wanneer circulariteit en duurzaamheid nagestreefd worden, is het echter mogelijk hier een weg omheen te vinden.

Het consortium pleit dan ook voor “Circulair tenzij” als uitgangspunt voor alle nieuwe projecten. Op dit moment zijn er te veel projecten waar circulariteit en hergebruik zeer beperkt (of helemaal niet) zijn opgenomen en onderdelen traditioneel vervallen aan de aannemer. Hierdoor is het nagenoeg onmogelijk om deze onderdelen te redden van de sloopkugel. Tenzij het écht niet anders kan, moet circulariteit volgens het consortium worden nagestreefd. Hierdoor wordt circulariteit een vanzelfsprekendheid en zullen veel goed herbruikbare onderdelen gered worden van de sloopkugel.

De volgende stap

In april ontving Closing the Loop een GO vanuit het SBIR-team van Rijkswaterstaat op het uitgevoerde haalbaarheidsonderzoek. Dat betekent dat het consortium groen licht kreeg om door te gaan naar de volgende fase: de daadwerkelijke realisatie van het circulaire viaduct in de A76. Als alles volgens planning verloopt, wordt in de loop van 2023 van start gegaan met de realisatie en bouw van het nieuwe viaduct en zal dit naar verwachting medio 2024 worden afgerond.

Closing the Loop is trots en optimistisch ten aanzien van het in praktijk brengen van hoogwaardig hergebruik. Het realiseren van circulaire viaducten is niet alleen technisch haalbaar en constructief veilig, maar resulteert ook in een reductie op de MKI en CO₂-uitstoot. Bovendien is er met de juiste aanpak en afstemming ook op kosten te besparen. Genoeg redenen dus om vanaf nu ‘Circulair tenzij’ als uitgangspunt te hanteren.