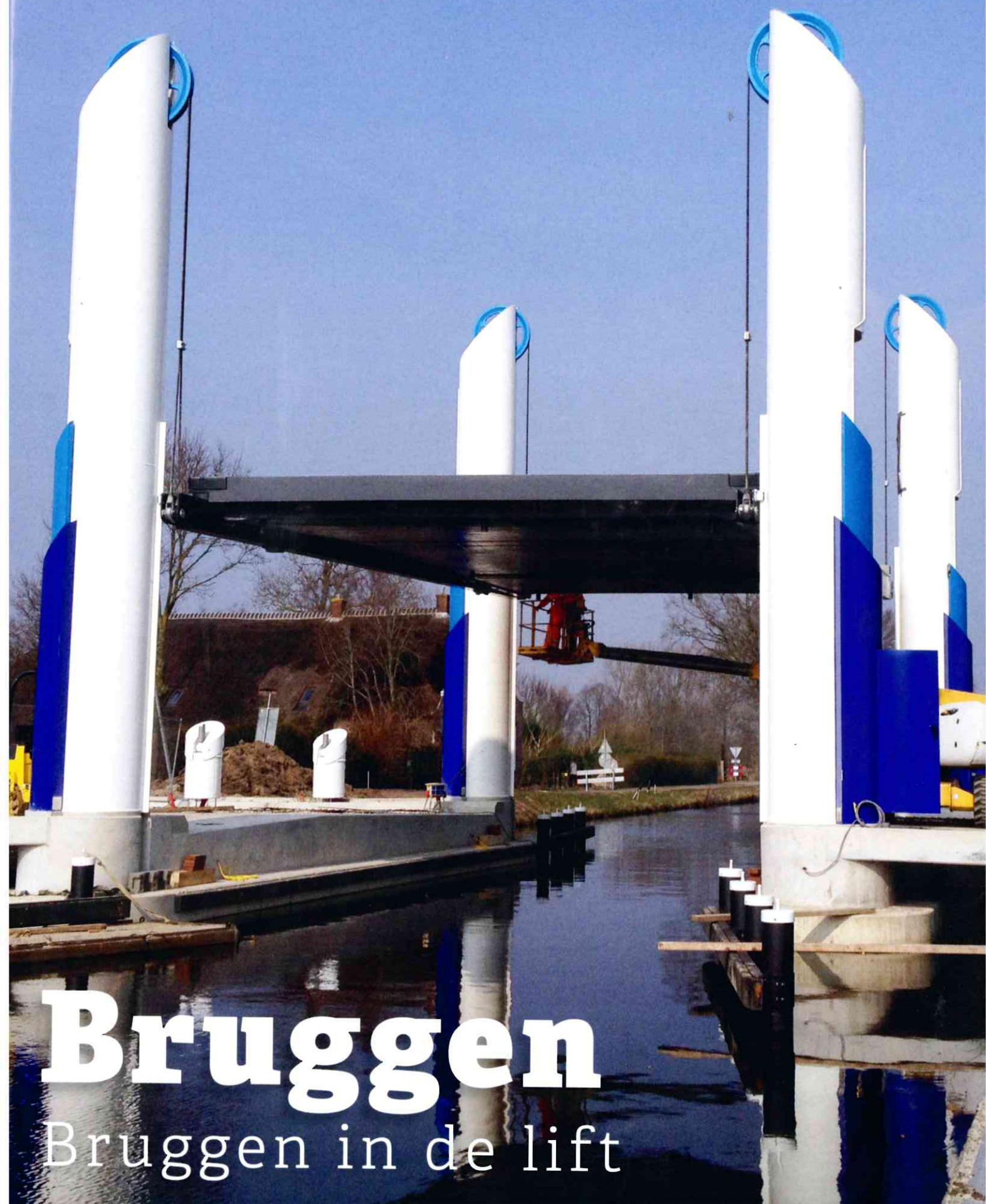


Nr.1 Jaargang 25
maart 2017



Bruggen

Bruggen in de lift

De tijd dat met VVK alleen maar parkbruggen werden gebouwd, ligt achter ons. We zijn er inmiddels van overtuigd dat VVK vele (duurzaamheids)voordelen te bieden heeft. Het materiaal ziet er strak uit en is licht, onderhoudsvriendelijk, bestand tegen vermoeiing en oersterk. Steeds

verdergaand zetten we VVK in, in toepassingen waarin het materiaal daadwerkelijk moet 'presteren' en verschil kan maken. Denk aan verkeersbruggen, zoals de Nelson Mandelabrug met een overspanning van 22,5 meter, waarvoor de vermoeiingslevensduur aangetoond

moet worden. Maar hoe komen we aan ontwerpgegevens en hoe regelen we de kwaliteitsborging? Dit artikel gaat in op de uitdagingen in het ontwerp en de trends in Nederland en Europa. Want een nieuwe generatie bruggen komt eraan en de ontwikkelingen gaan wellicht sneller dan men nu verwacht!

STATE OF THE ART VVK-VOETGANGERSBRUGGEN

In de afgelopen jaren heeft de toepassing van vezelversterkte kunststoffen (VVK) een grote vlucht genomen. In 2010 werd VVK nog als 'nieuw' materiaal bestempeld en werd een eenvoudige VVK-voetgangersbrug als een onderzoeksproject in de markt gezet en met de grootste zorg omringd. Terecht, opdrachtgevers willen immers eerst ervaren wat ze krijgen.

Deze aanpak zorgde er tevens voor dat het nodige inzicht werd verkregen in de toepassing van VVK in (voetgangers)bruggen en dat de markt zich ontwikkelde op zowel productniveau als op procesniveau: ontwerpeisen, contractdocumenten, afnameprocedures. Dit zijn belangrijke voorwaarden om VVK in steeds meer, grotere en complexere constructies toe te passen.

Het is positief dat bij veel gemeentes de afdeling Beheer een steeds prominentere rol inneemt bij de inkoop van nieuwe kunstwerken. Dat betekent een beleid gericht op onderhoudsarme constructies en dus wordt de meerwaarde van VVK steeds meer onderkend.

Het afgelopen jaar is een goede basis gelegd voor kennis en vertrouwen in VVK als constructiemateriaal bij partijen in de hele keten. Opdrachtgevers, inkopers, beheerders, vergunningverleners en aannemers hebben zich met VVK bekend gemaakt en het materiaal heeft zich inmiddels bewezen als een mooi, aanvullend bouw materiaal naast staal en beton. Er zijn diverse toeleveranciers van 'standaard' voetgangersbruggen, met kenmerkende overspanningen van 10 – 15 meter en veel gemeentes hebben al meerdere VVK-bruggen in bezit.

Overigens worden in de praktijk materialen vaak gecombineerd. Bij grote overspanningen en zwaarbelaste verkeersbruggen kunnen staal en VVK prima samenwerken en zijn hybride constructies soms dé oplossing.

ir. Liesbeth Tromp, Royal Haskoning DHV

VEZELVERSTERKT KUNSTSTOF KOMT OVER DE BRUG

1 'Smart' bridges: communicerende, zich zelf monitorende bruggen (producent MOCS)

BRUGGEN: SNELLER, SLIMMER, SLANKER...

VVK-bruggen worden door de grootschaligere productie en meerdere marktpartijen niet alleen voordeliger of mooier, er zijn meer positieve trends te signaleren. Sneller? Jazeker, een belangrijk voordeel samenhangend met een VVK-brug, is de korte bouwtijd. Vanwege het lage gewicht plaatst Rotterdam de bruggen zonder paalfundering en de bruggen komen gereed en afgemonteerd van de fabriek. Hiermee wordt de omgevingshinder tot een minimum beperkt. Er zijn voorbeelden bekend waarbij de stremmingen minder dan een werkdag zijn geweest.

Een andere ontwikkeling in de markt is de integratie van optische glasvezels in de constructie, de 'smart' bridges. Hiermee kan de brug continu gemonitord worden op eigenschappen als temperatuur, vervorming, of eigenfrequentie. De beheerafdeling krijgt bijvoorbeeld een seintje als er gestrooid moet worden en kan op afstand zien hoe de brug presteert nu, en over 50 jaar. Een aantal van deze bruggen is te vinden in de TU-wijk in Delft (foto 1).

De kennis die hiermee opgebouwd wordt, kan vervolgens worden toegepast om de ontwerpfactoren in de normen te kalibreren, waardoor steeds preciezer en efficiënter geconstrueerd kan worden. En als we weten wat een brug aan belastingen heeft meegemaakt, dan kunnen we de brug verantwoord een tweede leven geven op een andere locatie,

met de gemeenschap veel minder bespaart. Een duurzaam ontwerp houdt meer in dan alleen goed materiaalgebruik: de maatschappij verandert en een flexibele infrastructuur beweegt mee!

Architecten houden van slank en VVK kan dit bieden. Het heeft de stijfheid van beton, terwijl de sterkte zich beter laat vergelijken met staal. Omdat VVK een relatief sterk materiaal is, is het mogelijk om bijzondere funderingsprincipes te realiseren waarbij de brug bijvoorbeeld wordt ingeklemd. Een voorbeeld is de Exercitiebrug in Rotterdam (foto 2). Met een overspanning van 20 meter en een dikte van slechts 250 mm is dit misschien wel de slankste VVK-brug van Nederland, vooral omdat deze brug met glasvezel geproduceerd is.



2 Exercitiebrug, Crooswijk, Rotterdam
producent FiberCore Europe



4 Brug Paradis, Bergen, Noorwegen
architectuur Joris Smits

VOETGANGERSBRUGGEN MET GROTE OVERSPANNINGEN

Een ander brugtype waar een laag gewicht en besparing op onderhoudskosten een bepalende rol spelen, zijn passages over drukke (vaar)wegen of over het spoor. Afsluitingen zijn namelijk ongewenst en kostbaar.

Network Rail in Engeland heeft al diverse voetgangersbruggen over het spoor geplaatst. Ook de Noorse overheid is om: voor veel locaties waar een besparing op onderhoud grote voordelen biedt, kijkt zij serieus naar VVK.



Bij grote overspanningen van deze bruggen is de gewichtsbeparing nog interessanter. Dit kunnen overigens zowel hybride constructies zijn, denk aan de 140 m lange brug over de A27, een brug waar overigens ook auto's overheen kunnen (foto 3). De combinatie stalen bovenbouw met VVK-dek zorgde voor voldoende gewichtsbeparing om de brug op de vereiste lichte fundering te kunnen bouwen. Een recent voorbeeld is de brug Paradis, voor Bergen in Noorwegen. Een 42 meter lange voetgangersbrug volledig uit VVK (foto 4). Het 'vakwerk' is hierbij opgebouwd uit een gering aantal elementen om het aantal verbindingen te beperken. Vormgeving en engineering van het ontwerp zijn door ons bureau verzorgd. De Noorse overheid zoekt hierbij specifiek ondersteuning uit Nederland, een bevestiging dat we voorop lopen in Europa.

Een kleine massa in combinatie met een lage stijfheid betekent bij grote overspanningen dat er een gedetailleerde analyse uitgevoerd moet worden. Niet de sterkte bepaalt het ontwerp, maar het comfort, zo ook in deze brug. Gelukkig heeft VVK een hoge mate van demping. De Eurocode geeft instructies voor ontwerp op comfort en verwijst naar de richtlijn 'Human induced vibrations of Lightweight footbridges'. Hierin is gedetailleerd beschreven hoe men het ontwerpen op comfort aanpakt.

De vormvrijheid van VVK, samenhangend met de maltechnieken zoals die in Nederland veel gebruikt worden, zorgen voor een grote variatie aan mogelijke verschijningsvormen. En omdat comfort een belangrijke ontwerp-bepalende eigenschap is, zal dit voor VVK bruggen een interessant ontwikkelingsgebied zijn, waarbij architecten, constructeurs en producenten samen zullen werken aan een nieuwe generatie oplossingen.

VERKEERSBRUGGEN EEN BRUG TE VER?

Je hoeft maar naar de draaiende bladen van een windturbine te kijken om te zien dat VVK goed tegen vermoeiing kan. Beter dan staal. Net als bij staal zijn de details bepalend en vereisen grote aandacht in de uitvoering. Diverse testen in projecten, zoals het ASSET-project met de dekprofielen van producent Fiberline (onder andere de brug over de M6 in Lancashire, Engeland en de brug Friedberg, Duitsland), maar ook de Pijlebrug en de Nelson Mandelabrug laten zien dat een VVK verkeersdek de miljoenen belastingwisselingen van vrachtwagenwielen kan weerstaan, zelfs nadat een zware last op het dek gevallen is.

3 Hybride brug Lunetten voor voetgangers en autoverkeer 140 m lang en 6,2 m breed
producent FiberCore Europe



5 Hefbrug Oosterwolde – het contragewicht zit in de korte zijde van het dek
producent VVK: FiberCore Europe



6 Pijlebrug, Meppel

Kunnen we VVK verkeersdekken maken? Jawel! Maar dat betekent wel dat de ontwerp-kennis en kwaliteitsborging mee moet groeien met de hoge eisen die aan een verkeersdek gesteld worden. Producenten zullen deze kwaliteit ook aan moeten tonen en wellicht moet er bijvoorbeeld een apart certificaat komen voor elk type VVK-verkeersdek. De afgelopen jaren zijn in Nederland diverse verkeersbruggen en verkeersdekken geplaatst waarmee de nodige ervaringen in verschillende praktijkomstandigheden opgedaan kunnen worden.

OOSTERWOLDE

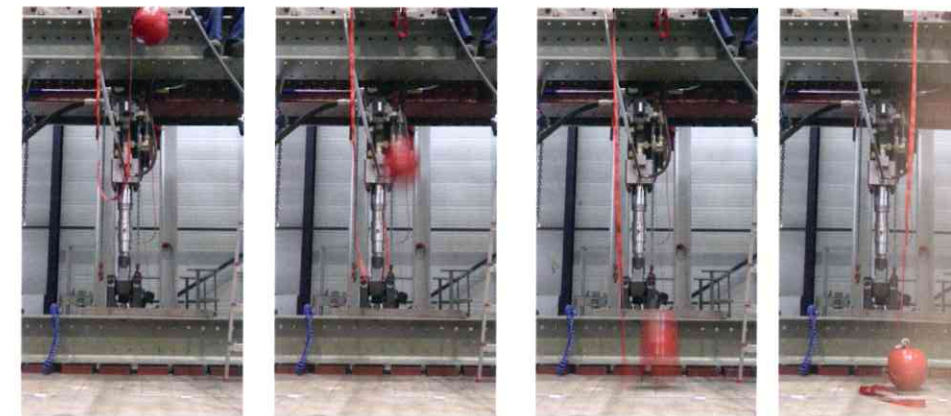
De eerste VVK beweegbare verkeersbrug in Nederland is in 2010 gebouwd in Oosterwolde (foto 5). Daarmee is aangetoond dat ook een dek voor het zwaarste verkeer mogelijk is.

PIJLEBRUG

De Pijlebrug in Meppel, gebouwd in 2015 (foto 6) is een ander belangrijk project. Opdrachtgever Willem Paas van de provincie Drenthe heeft in zijn provincie gekozen voor innovatie, maar zorgt hierbij dat er voldoende aandacht is voor kennisopbouw, marktverbreding en kwaliteitsborging. Remco Renting, ontwerpleider van de provincie Groningen, is betrokken bij de voorbereiding en uitvoering van deze projecten. De ervaringen uit het eerste grote VVK-project voor de provincie, de VVK-deuren voor de Spaarsluis in Emmen, zijn gebruikt om het ontwerpproces en de ontwerpbewijsvoering in goede banen te leiden. Specifiek voor VVK heeft Royal HaskoningDHV de provincie geadviseerd en de ontwerp-toets en kwaliteitstoetsen uitgevoerd. Omdat er in de op dat moment aanwezige VVK-richtlijnen nog geen uitvoeringseisen zijn vastgelegd, worden deze in de contracten per project specifiek vastgesteld.

In dit project is in aanvulling op wat standaard materiaalproeven ook een vermoeiingsproef uitgevoerd op een proefstuk van 3 x 8,2 m². De testen zijn uitgevoerd door WMC, een testcentrum gespecialiseerd in VVK-materiaal en -constructies, waar ook veel windturbinebladen gecertificeerd worden.

Voorafgaand aan de vermoeiingsproef is een valproef uitgevoerd met een 50 kg zware kogel (figuur 7). In de navolgende vermoeiingsproef (figuur 8) is slechts een klein zettingsscheurtje geconstateerd, waarna het brugdek de volledige vermoeiingscyclus volgens de Eurocode heeft doorstaan zonder verdere scheurgroei.



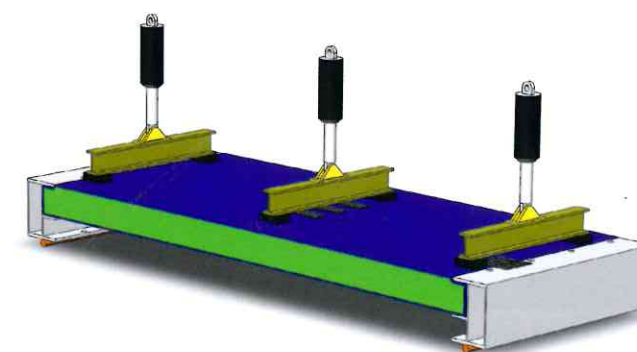
7 Impactbelasting, voorafgaand aan de vermoeiingsproef Pijlebrug foto
Eric Stammes WMC

Zijn deze testen in deze vorm ook in de toekomst nodig? Nee, de verwachting is dat dit zeker niet voor elk project nodig is. Wel is een dergelijke bewijsvoering dé manier om voor een brugdektype aan te tonen dat het principe voldoet. Met een dergelijk testcertificaat kan een leverancier de kwaliteit aantonen. Deze test is mede een belangrijke stap in de kennisopbouw die nodig is om in de toekomst op basis van materiaalproeven en gevalideerde ontwerp-oplossingen in VVK te kunnen ontwerpen.

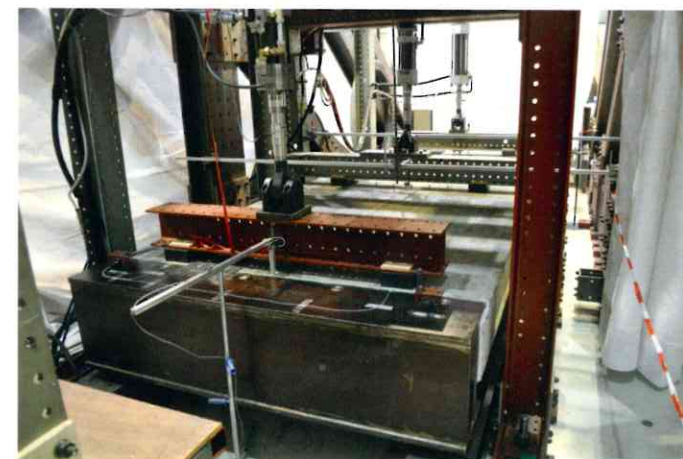
NELSON MANDELABRUG

In 2016 is de Nelson Mandelabrug in Alkmaar geopend (foto 9). Deze hefbrug zorgt voor een betere doorstroming van het verkeer en biedt belangrijke voordelen vanuit economisch perspectief. "Voor het college is het van belang om het bedrijventerrein zo aantrekkelijk te houden voor bestaande en nieuwe bedrijven", aldus Piet Bruinooge, burgemeester van Alkmaar.

De aanbruggen zijn van beton, maar het 22,5 m lange beweegbare deel is van VVK. Daarmee is dit de grootste beweegbare verkeersbrug in VVK ter wereld.



8 Proefstuk en opstelling vermoeiingsproef
beelden: WMC/FiberCore Europe





9 Nelson Mandelabrug, Alkmaar; tafelbrug (hefbrug met geringe hefhoogte – hier ongeveer 1,5 m)
producent VVK: Delft Infra Composites

DUURZAME BRUG

Door de toepassing van VVK is het beweegbare deel van de brug met een massa van 90 ton maar liefst de helft lichter dan een stalen uitvoering. Met VVK kan niet alleen het beweegbare deel, maar ook het bewegingsmechanisme lichter worden uitgevoerd, is een lichtere fundering nodig en zijn de contragewichten kleiner. Bovendien is een on-

dergrondse draaikelder niet langer nodig en is veel minder energie nodig om de brug te openen. En VVK is nagenoeg onderhoudsvrij.

De brug werd in opdracht van de gemeente Alkmaar en provincie Noord-Holland gebouwd door de combinatie CFE-Demako, naar ontwerp van Joris Smits. Hij zorgde tevens voor de benodigde kennis van VVK in

verkeersbruggen met de ondersteuning in de ontwerpstoets en de systeemgerichte contractbeheersing (SCB). Volgens Joris Smits is de Nelson Mandelabrug “een brug die in ontwerp en materiaalgebruik volledig aan de eisen en wensen voor de brug van de toekomst voldoet”.

HYBRIDE BRUGGEN

Zoals aangetoond in de hier beschreven bruggen, worden materialen gericht ingezet. Daar waar staal of beton voordelen bieden boven VVK, worden deze materialen toegepast. Hybride bruggen van VVK en staal of beton vormen een interessant toepassingsgebied voor nieuwbouw, denk aan de Spieringbrug

bij Muiden en de eerder genoemde brug bij Lunetten. Maar ook als onderdeel van renovatie en levensduurverlenging, zoals een VVK-dek op de Elburgerbrug, de brug in Doesburg en bruggen in Weert. Bij de beweegbare Pijlebrug en Nelson Mandelabrug is de overspanning zelfdragend en volledig in VVK, maar de voor- en achterhar zijn in staal uitgevoerd, vanwege de strenge vervormingslimieten die gelden bij voegovergangen en de beperkte beschikbare constructiehoogte.

Ook de staalbranche signaleert deze kansen en wil hieraan mee investeren waartoe de Vereniging ‘Bouwen met Staal’ een technische commissie is opgestart. Kees van IJselmuiden van ons bureau is lid van deze commissie: “De TC Hybride zal zich richten op het raakvlak tussen staal en VVK. Verschillende staalbouwers en VVK-toeleveranciers werken hierin samen op onderwerpen zoals de verbindingen tussen VVK en staal, om hierin de vereiste kennis te verdiepen en oplossingen te ontwikkelen voor de toekomst”.

REGELGEVING

De ontwikkelingen gaan verder en de toepassingen worden groter en complexer. De regelgeving blijft niet achter: dit jaar wordt de herziene richtlijn voor VVK CUR96 gepubliceerd die de vereiste materiaal-, ontwerp- en kwaliteitsrichtlijnen geeft voor de volgende generatie VVK-bruggen. Deze herziening is medegefinancierd door Rijkswaterstaat (initiatiefnemer Ane de Boer, RWS GPO). De VVK-branche en diverse leidende VVK-leveranciers, ingenieursbureaus en kennisinstituten hebben met hun kennis en ervaring een bijdrage geleverd aan de hoofdstukken.

Op Europees niveau wordt eveneens gewerkt aan ontwerprichtlijnen. Nederland heeft hier vanuit CUR96 een belangrijk aandeel in geleverd, zodat de toekomstige werkwijze zo goed mogelijk aansluit op de huidige praktijk in Nederland.

BOUWEN AAN DE TOEKOMST...

Het is belangrijk dat opdrachtgevers in VVK blijven investeren zodat we kunnen leren van deze projecten en deze kennis kunnen uitdragen in publicaties, onderwijs en ontwerpnormen.

Dat is nodig omdat op dit moment de ontwerpinspanning nog groot is, en er nog testen nodig zijn voor de ontwerponderbouwing. De testmethoden om de prestaties van VVK efficiënt en doeltreffend aan te tonen, zijn nog in ontwikkeling. Bepaalde testen zullen nodig blijven, net als de drukproeven

voor betonkubussen. Maar hoe beter de theoretische modellen zijn die we in het ontwerp kunnen gebruiken, des te voordeliger is het ontwerpproces.

Het is niet alleen belangrijk om goedkopere verkeersbruggen te kunnen leveren. Lichtgewicht verkeersdekken kunnen een aanzienlijk verschil maken in de levensduurverlenging van bestaande kunstwerken. Op een aantal cruciale verkeerspunten heeft de infrastructuur te kampen met grote problemen door een toegenomen verkeersdruk. Een nieuwe brug bouwen brengt veel problemen met zich mee. Nog los van de directe kosten, samenhangend met de vervanging, is met name de bijkomende schade voor de maatschappij groot. De recente problemen met de Merwedeburg hebben dit pijnlijk zichtbaar gemaakt. Het is niet ondenkbaar dat VVK oplossingen zal bieden die met staal en beton minder voor de hand liggen: renovatie in plaats van nieuwbouw. De kennisopbouw kunnen we niet alleen in een laboratorium doen. Dat moet buiten in de praktijk. ■

DE AUTEUR

Liesbeth Tromp heeft 20 jaar ervaring met vezelversterkte kunststoffen in allerlei toepassingen waaronder de infrastructuur. Zij is als ontwerper, toetsen en adviseur bij Royal HaskoningDHV nauw betrokken bij de realisatie van verschillende in dit artikel genoemde projecten zoals brug Paradis, de Pijlebrug en de Nelson Mandelabrug. Verder is zij technisch coördinator van de Nederlandse richtlijn voor VVK (CUR96) en de vertegenwoordiger van Nederland in de Europese werkgroep voor de ontwikkeling van de Eurocode voor VVK.