

VERKEERSVIADUCT A27, LUNETTEN

Voor een nieuw viaduct in de Nieuwe Houtenseweg over de A27 tussen Houten en Utrecht Lunetten zijn de funderingsmogelijkheden beperkt en geldt minimale verkeershinder tijdens de uitvoering. Door de bijzondere omstandigheden wordt het 140 m lange kunstwerk met middensteunpunt samengesteld uit een stalen vakwerkconstructie en een lichtgewicht rijdek van vezelversterkte kunststof. Compositet en staal werken samen.

ir. A. Steenbrink en dr.ir. M. Veltkamp

Arjen Steenbrink is constructeur bij Movares in Utrecht en Martijn Veltkamp is senior engineer bij FiberCore Europe in Rotterdam.

Foto: Erik Stekelenburg



Kunst- en vezelwerk

Tussen de knooppunten Rijsweerd en Lunetten over de rijksweg A27 lagen specifiek op dit punt al twee viaducten: een spoorbrug en een verkeersbrug, die oorspronkelijk is bedoeld voor het spoor. De verkeersbrug vormt een hoofdschakel in de fietsverbinding tussen Utrecht en Houten en functioneert in beide richtingen ook als erf-toegangsweg (volgens Handboek Wegontwerp). Voor het nieuwe Randstadspoor tussen Houten en Utrecht CS, die een spoorwegverdubbeling tot gevolg heeft, wordt de verkeersbrug nu daadwerkelijk omgebouwd tot spoorbrug. Voor fiets- en bestemmingsverkeer is een nieuw viaduct gemaakt in opdracht van ProRail en inmiddels overgedragen aan Rijkswaterstaat, de

nieuwe eigenaar. Voor de vormgeving van de brug put de architect uit de directe omgeving. De richting van de diagonalen, alle in één richting aangebracht, is ontleend aan de schuine kruising met de A27. De lichtgele tint van de staalconstructie sluit aan op de begroeide taluds aan weerszijden van de snelweg.

Gevoelige ondergrond

De A27 is bij Lunetten verdiept aangelegd met een zogenaamde kunstmatige polderconstructie, waarbij een folie 6 m onder maaiveld als grondwaterkering dient. Op de folie is grond aangebracht – tegen opdrijven – met daarop de rijksweg. Voor een ‘traditionele’ fundering op staal is de grondopbouw

boven de folie onvoldoende draagkrachtig. Een paalfundering is sowieso uitgesloten: dan wordt de waterkerende folie doorgeprikt. Voor een alternatieve fundering, met minimale druk, is een zo licht mogelijk viaduct nodig. In een eerste stadium is een volledig betonnen kunstwerk (gewicht 2650 ton) op zeven steunpunten ontworpen, maar door de grondslag bleek dit ontwerp niet mogelijk. Vervolgens is gekeken welke mogelijkheden staal bood. De uitkomst was een viaduct op drie steunpunten. De architect kwam met het voorstel voor een composiet rijvloer. Behalve de composietvloer is ook een stalen rijvloer bekeken, maar extra voordeel van het composiet is dat het trillingsdempend en geluidsarm is. De eigenfre-



quentie van de brug is bepaald, omdat het ook een voetgangersbrug betreft en getoetst aan de Hivoss. Voor deze brug was het kostenverschil tussen een composietvloer of de stalen variant zeer klein. Dit is echter ontwerpafhankelijk. In sommige gevallen zal een compositie-constructie duurder zijn en in andere situaties goedkoper. Hout (op stalen dwarsliggers) is niet overwogen omdat de levensduur van hout minder is dan 100 jaar, het om een kunstwerk in de verkeersklasse 60 gaat en omdat hout meer onderhoud vergt. Voor het huidige ontwerp geldt: onderhoudsarm voor 50 jaar. Uit oogpunt van innovatie en de noodzaak tot een lichtgewicht constructie zijn ProRail en Rijkswaterstaat – in eerste instantie enigszins terughoudend – bereid een composiet wegdek te accepteren dat nog niet eerder met deze functie is toegepast. Daarbij kon het viaduct met zijn geringe eigen gewicht worden geprefabriceerd en samengesteld op de voor-

bouwlocatie, met slechts twee nachtelijke stremmingen van de A27 als uitkomst.

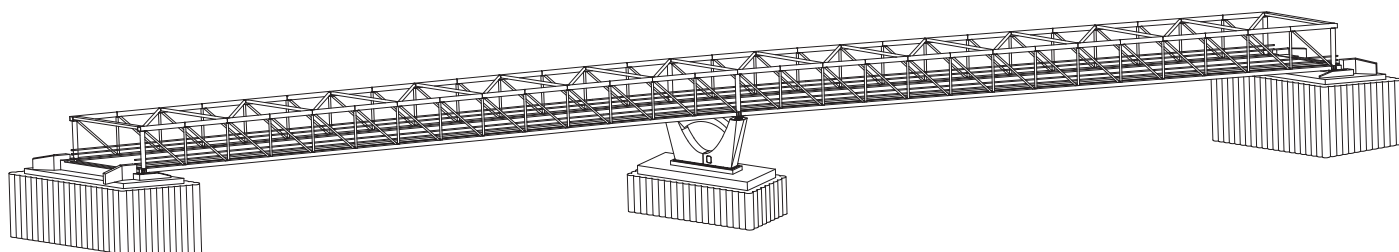
Opzet voor uitbreiding

Het viaduct is gebouwd volgens VOSB en geschikt voor al het wegverkeer, fietsers, voetgangers, auto's en vrachtauto's, met de ontwerpbelasting volgens NEN 6706 en een ontwerppreferentieperiode van honderd jaar. Daarnaast is constructief rekening gehouden met een toekomstige verlenging van het viaduct met 2x25 m voor een eventuele verbreding van de A27. Na deze uitbreiding krijgt het viaduct vier overspanningen van 35, 60, 60 en 35 m, met een totale lengte van 190 m. Voor een zo laag mogelijk eigen gewicht is het viaduct gemaakt met twee stalen vakwerkliggers (h.o.h. 6,5 m; h = 5 m) met een rijvloer uit glasvezels en polyesterhars rondom kernen van polyurethaanschuim. Een composiet dus, ook wel bekend als vezelversterkte kunststof. De netto ruimte tussen de

leuningen bedraagt 6 m. De rijweg heeft een breedte van 4,5 m. Voor auto's zijn verkeerslichten aangebracht, zodat tweerichtingsverkeer mogelijk blijft.

Krachtenafdracht via vloer

De vakwerkliggers bestaan uit een boven- en onderrand met verticalen en diagonalen. De diagonalen van de vakwerken zijn allemaal in dezelfde richting georiënteerd, refererend aan de schuine kruising met de rijksweg. De onderranden van de vakwerkliggers zijn verbonden door het composietdek zonder extra staal: de vloer verzorgt stabiliteit door schijfwerking. Daardoor is de staalconstructie uiteraard ook lichter uitgevoerd. De afmetingen van de kokers (buitenmaten) zijn robuust gekozen om zo een degelijk uiterlijk te creëren, dat vertrouwen wekt. De wanddikten zijn per doorsnede bepaald, rekening houdend met praktische zaken als de uitvoerbaarheid en kosten.



Het viaduct ligt op alzijdig beweegbare potopleggingen. Bij de landhoofden houden doken het viaduct in dwarsrichting vast, vanwege de aanrijdbelasting.

De bovenranden zijn gekoppeld met een windverband. Alle vakwerkstaven zijn standaard warmgewalste rechthoekige kokers, behalve de onderranden, die zijn samengesteld uit platen (koker) met twee uitstekende platen aan de onder- en bovenzijde (U) voor de oplegging van de vloer. Door de kruisingshoek (45°) van het viaduct zijn de hoofdliggers ten opzichte van elkaar verschoven. Het viaduct ligt op alzijdig beweegbare potopleggingen. Bij het middensteunpunt wordt de constructie in alle richtingen vastgehouden met een aan de vloer verbonden dook. Bij de landhoofden houden doken het viaduct in dwarsrichting vast voor de aanrijdbelasting. In langsricting kan de brug hier vrij bewegen.

Compositie in zeven delen

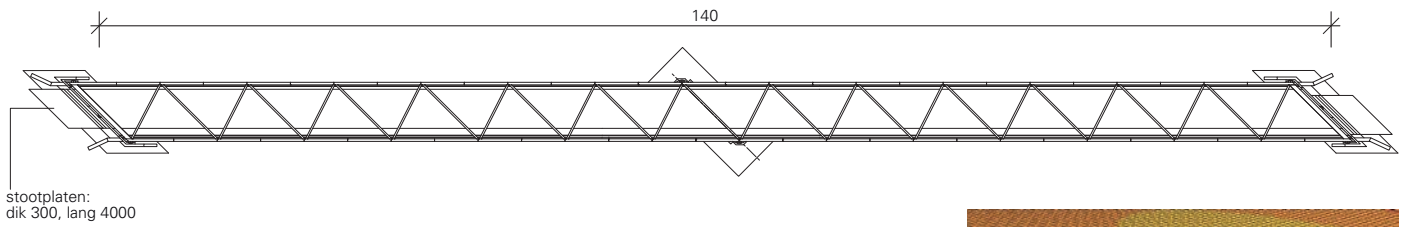
Het brugdek is in zeven delen geprefabriceerd volgens de vacuüm-injectietechniek: de polyurethaanschuim kern delen en glasvezelmatten worden droog gestapeld, vacu-

um getrokken en volgezogen met hars, dat vervolgens uithardt. De kerndelen zijn afgewisseld met glasvezelmatten zodat deze na verharding lijfplaten vormen in de overspanningsrichting van het dek (tussen de stalen spanten, dus haaks op de rijrichting), zodat de constructieve integriteit is gewaarborgd, zelfs als het schuim zou vergaan. Het dek is in constructieve zin een sandwich – als in: constructieve huiden met vezels in de overspanningsrichting, met een lichtgewicht kern die alleen dwarskrachten draagt – maar is verregaand verbeterd door de lijfplaten en het bedekken van alle inwendige hoeken met doorlopende glasvezelmatten, waarmee ook op lange termijn het pakket gegarandeerd ongevoelig is voor slagbelasting. In afwachting van een Eurocode is voor het dimensioneren van vezelversterkte kunststof CUR-richtlijn 96 gebruikt. De dikte van de sandwich is aangepast aan de beschikbare bouwhoogte voor het dek. Met tests is aangetoond dat de spanningswisse-

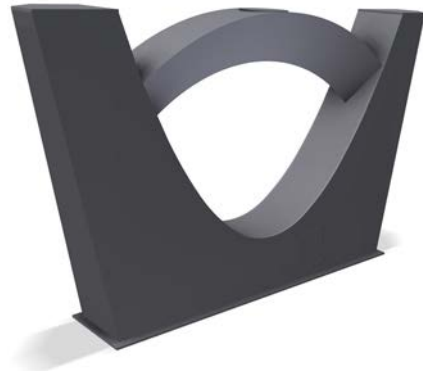
lingen (cyclische belasting) dermate laag zijn dat geen risico van schade door vermoeiing bestaat. De bovenzijde van het dek is afgewerkt met een epoxy-gebonden slijtlaag, de onderzijde staat om esthetische redenen in een gelcoat. Onderhoud bestaat slechts uit schoonspuiten om mosgroei te voorkomen en het eventueel herstellen van de slijtlaag. Naast de rijweg voor fiets- en autoverkeer bevindt zich een verhoogd trottoir. Dit ligt als een deksel – ook composiet – over een verdiepte goot waarin de hemelwaterafvoer, kabels en leidingen zijn opgenomen. Het dek is geprefabriceerd in delen van 24,5x6,2 m, de grootst mogelijke afmetingen voor zowel fabricage als transport

Verbindingen momentvast

De vloersegmenten zijn (op de bouwlocatie vlakbij de uiteindelijke positie) momentvast verbonden om het dek als één schijf te laten werken. Normaalkrachten en buigende momenten worden doorgegeven door aan



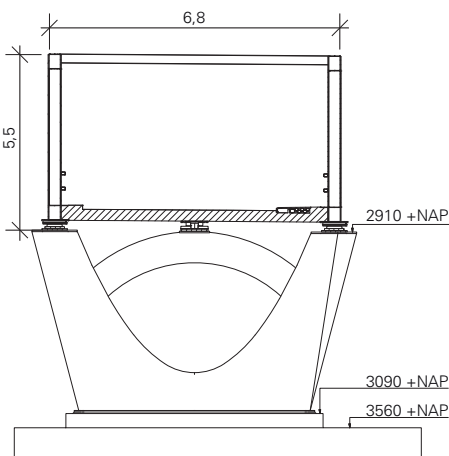
stootplaten:
dik 300, lang 4000



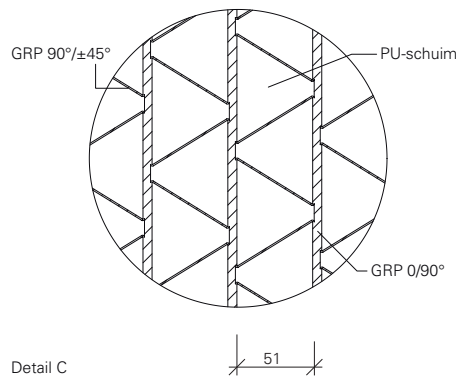
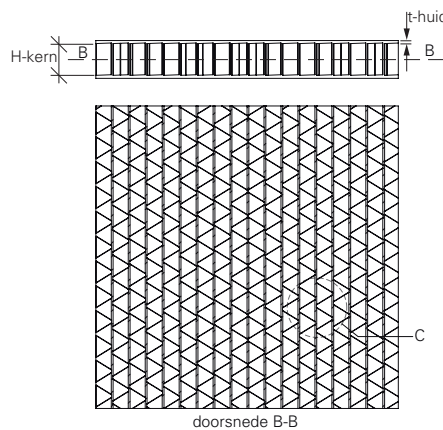
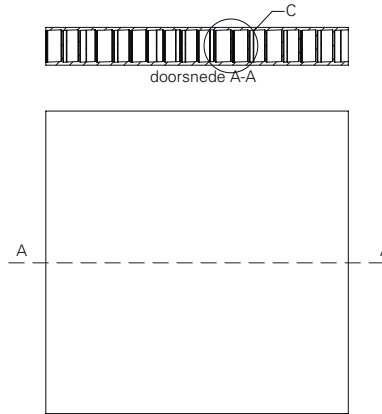
De middenpijler onder het viaduct bestaat uit een geprefabriceerde stalen doosconstructie.



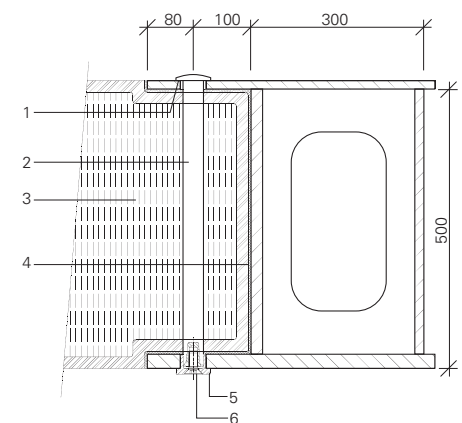
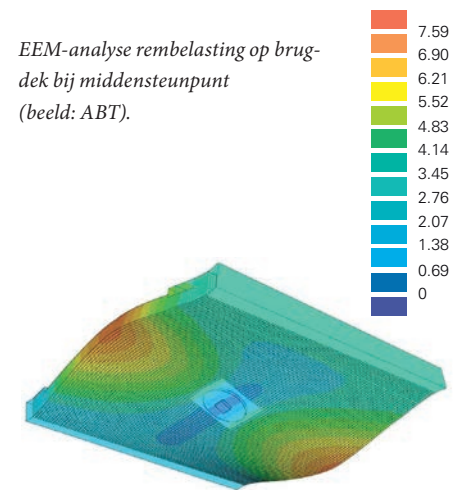
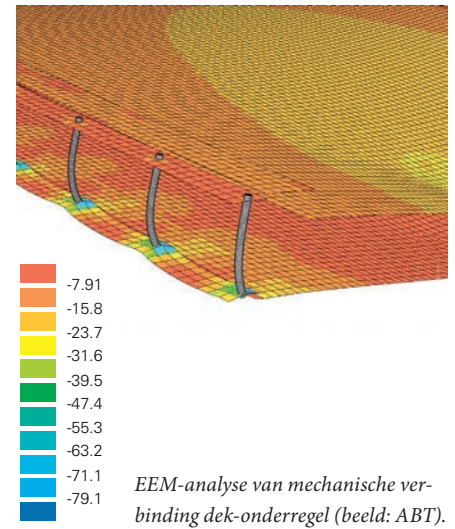
Schotten nemen mogelijke aanrijdbelasting op.



Alle vakwerkstaven zijn standaard rechthoekige profielen, behalve de onderranden, kokers, die zijn samengesteld uit platen met twee uitstekende platen aan de onderzijde (U) voor de oplegging van het dek.



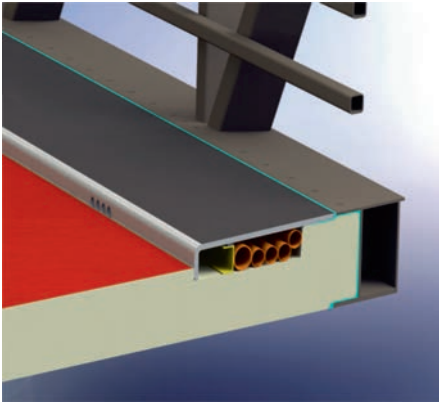
Het dek is opgebouwd met een vacuüm-injectietechniek: de polyurethaanschuime kerndelen en glasvezelmatten worden droog gestapeld, vacuüm getrokken en daarna met hars volgezogen.



- 1 lijm aanbrengen onder kop
- 2 pen
- 3 InfraCore, vezelversterkte kunststof rondom schuimkern
- 4 lijm aanbrengen tussen dek en ligger
- 5 losse prop
- 6 platverzonken bout M16 borging met loctite

Projectgegevens

Locatie A27, Lunetten • Opdracht ProRail, Utrecht • Architectuur architectenburo irs. Vegter, Leeuwarden • Constructief ontwerp Movares, Utrecht • Uitvoering Heijmans Infra, Rosmalen • Constructief ontwerp en uitvoering rijvloer FiberCore Europe, Rotterdam • Staalconstructie Konstruktiebedrijf Hillebrand, Middelburg • Gaasramen Huck Torimex, Katwijk aan Zee • Fotografie Erik Stekelenbrug (brug gereed)



De vloersegmenten zijn momentvast verbonden om het dek als één schijf te laten werken.



De ruimte tussen het U-profiel en de vloer wordt geïnjecteerd voor een volledige verbinding.

boven- en onderkant tegen het dek koppelplaten te lijmen. De dwarskrachten worden doorgegeven via een dubbele verbinding: horizontale stalen pennen in de kopsen kanten en verlijming. Scharnierende of schuivende verbindingen tussen staal en composiet zijn uit het oogpunt van conservering en levensduur onacceptabel, omdat eventueel vocht tussen de delen corrosie van het staal zou kunnen veroorzaken. Daarom zijn alle constructieonderdelen momentvast verbonden en volledig afgedicht. De verbinding tussen composiet en staal verdient om deze reden in het bijzonder de aandacht. De onderrand van het vakwerk heeft een U-vorm. De composietvloer steekt aan beide zijden in deze U-vorm zodat de krachten uit het dek worden afgedragen aan de vakwerkliggers. De tussenruimte tussen het U-profiel en de vloer wordt geïnjecteerd met hars voor een volledige verbinding. Hoewel de lijmv-

binding ruim voldoende sterk is, is voor extra zekerheid ook een pen-gatverbinding aangebracht door de boven- en onderplaat van de U en het composiet. De lijmvbinding en pennen zijn gedimensioneerd op het eigengewicht, de verkeersbelastingen en de temperatuursbelasting. De thermische uitzettingscoëfficiënt van het composiet is door de vezelopbouw afgestemd op die van het staal. Spanningen door verhinderde thermische uitzetting zijn zodoende beperkt.

Injecties versterken grond

Na onderzoek bleek dat de bodemopbouw zeer wisselend en gelaagd is (zand, klei, veen). Het viaduct kon dus niet zonder aanvullende maatregelen op staal worden gefundeerd. De polderconstructie is zeer kritisch ontworpen (optimale grondaanvulling versus waterdruk). Ontgraven en daarna aanbrengen van een grondverbetering is niet

haalbaar. Er ontstaat al opbarstgevaar bij het ontgraven vanaf 0,4 m. Gezocht is naar grondverbetertechnieken via injecties, zonder te ontgraven. Jetgrouten bleek de best mogelijke toepassing; onder hoge druk wordt de grond met een injectielans losgespoten en gemengd met grout (water en cement). Zo ontstaat een cilindervormige kolom rondom de spuitkop. Deze 'kolommen' zijn aangebracht in een patroon met overlappen. Het eindresultaat is een groot fundament per steunpunt waarin de krachten uit de landhoofden en de middenpijler worden gespreid en afgedragen aan de ondergrond zonder de folie te beschadigen.

Middenpijler

De middenpijler onder het viaduct bestaat uit een geprefabriceerde stalen doosconstructie, wat een grote vormvrijheid en een snelle bouw op de locatie mogelijk maakte. De aan-

Technische gegevens

Hoofdafmetingen 140x6,5 m • Wegbreedte 4,5m • Totaalgewicht brug 400 ton • Gewicht rijvloer 140 ton • Gewicht staal 260 ton



De bovenzijde van het dek is afgewerkt met een epoxy-gebonden slijtlaag, de onderzijde staat om esthetische redenen in een gelcoat. Onderhoud bestaat slechts uit schoonspuiten om mosgroei te voorkomen en het eventueel herstellen van de slijtlaag.

rijdbelasting op de pijler wordt opgenomen door schotten in het inwendige van de pijler. De middenpijler is ook geprefabriceerd en kon daardoor in één nacht worden geplaatst.

Tijdelijke bouwlocatie

Het terrein voor de spoorverdubbeling Utrecht-Houten was beschikbaar als assemblage-gebied, in de lengterichting aan de zuid-oostzijde van het viaduct. Op deze bouwlocatie is een tijdelijke ondersteuning gemaakt van bokken, die de definitieve vorm en bouwzeeg in de hoogte en breedte van het viaduct vertalen. Hierop kwamen de geprefabriceerde vakwerkliggers, inclusief een conservering van zink-aluminium, in lengtes van 24 m. De vakwerkliggers zijn iets uit elkaar geplaatst, zodat de deksegmenten eenvoudig konden worden geplaatst en gekoppeld. De vakwerkliggers zijn vervolgens naar elkaar toegeschoven zodat de flenzen van de

onderregel om de vloer heen grepen. Staal en composiet zijn uiteindelijk verbonden met lijm en pennen. Door de koude (-15°C) is een tent gebouwd zodat de injectie kon plaatsvinden bij de benodigde 10°C . De bovenwindverbanden zijn met injectieboutverbindingen bevestigd en vervolgens zijn het gaaswerk en de verlichting aangebracht.

Drie SPMT's, twee nachten

Voor de montage van het complete, geassembleerde viaduct zijn twee mogelijkheden: inrijden en inhijzen. Vanwege het risico op beschadiging van de waterkerende folie door de stempels van de hijskranen, is de constructie ingereden, in twee nachten van maart 2012. Het viaduct is vanaf de bouwlocatie met SPMT's (Self Propelled Modular Transporter) op twee punten opgepakt en verreden. Het viaduct is hiervoor stijf en sterk genoeg, zodat geen speciale voorzie-

ningen nodig waren. In de eerste nacht is het viaduct naar de rand van het bovenliggende talud gereden met een overstek richting de A27. Op de A27 is intussen een derde SPMT opgebouwd, die het overstek oppikt en het viaduct verder rijdt naar de middenberm. Daar staat het viaduct een dag geparkeerd terwijl de snelweg weer open is. In de tweede nacht is het viaduct verder gereden tot de achterste SPMT uiteindelijk ook op de rand van het talud staat. Hier wordt het viaduct overgenomen door andere transporter op de A27, waarna het viaduct op de definitieve locatie kan worden gereden. Daarna is het viaduct exact gepositioneerd en gesteld op de opleggingen. In de periode daarna is het viaduct verder afgebouwd. De afbouw bestond uit onder andere het aanbrengen van kabels in de kabelgoot, het aanbrengen van de trottoirdelen en het aansluiten van de verlichting. •