

---

# De eyecatchers van de RijnlandRoute

---

Twee voorgespannen fly-overs, gefaseerd uitgevoerd



*Het knooppunt Hofvliet, dat de nieuwe N434 met de A4 verbindt, kan worden gezien als dé ‘eyecatcher’ van de RijnlandRoute. Onderdeel van dit knooppunt zijn twee unieke fly-overs: KW20 en KW21. KW20 is een voorgespannen plaatbrug, KW21 een voorgespannen tweecellige kokerliggerbrug. Vanwege de combinatie van de overspanningslengte, horizontale bochtstraal en architectonische eisen zijn beide kunstwerken ter plaatse gestort.*

### **De RijnlandRoute is een nieuw aan te leggen wegverbinding tussen Katwijk en de A4 ten zuiden van Leiden (fig. 2).**

De weg lost huidige knelpunten op en draagt bij aan een betere doorstroming in de regio Holland Rijnland, met name rondom Leiden en Katwijk. De RijnlandRoute wordt gerealiseerd door de provincie Zuid-Holland in samenwerking met Rijkswaterstaat. Ook de aanliggende gemeenten zijn intensief bij de weg betrokken. Aannemerscombinatie Comol5 is verantwoordelijk voor de realisatie van het eerste deel van dit omvangrijke project. Dit deel bestaat onder andere uit de reconstructie van aansluiting Leiden-West, de bouw van de N434, met circa 2,5 km geboorde tunnel en 1,6 km verdiepte ligging/toerit, de verbreding van en aanpassingen aan de A4 en de A44. Om de N434 met de A44 en de A4 te verbinden, worden nieuwe knooppunten gerealiseerd, respectievelijk knooppunt Ommedijk en Hofvliet.

Het knooppunt Hofvliet (fig. 3) kan worden gezien als dé ‘eyecatcher’ van de RijnlandRoute. Onderdeel van dit knooppunt zijn twee unieke fly-overs: KW20 en KW21. KW20 is een voorgespannen plaatbrug, KW21 een voorgespannen tweecellige kokerliggerbrug. Beide kunstwerken zijn ter plaatse gestort. Vanwege de combinatie van de overspanningslengte, horizontale bocht-



#### **PROJECT GEGEVENS**

**project**  
RijnlandRoute  
**opdrachtgever**  
provincie Zuid-Holland in  
samenwerking met  
Rijkswaterstaat  
**opdrachtnemer**  
Bouwcombinatie  
Comol5, bestaande uit  
DIMCO BV, Mobilis BV,  
Croonwouter&dos BV en  
VINCI Construction  
Grand Projets S.A.S.

straal en architectonische eisen, was uitvoering in prefab beton niet mogelijk.

### **Geometrie KW20**

Voor kunstwerk KW20 was dankzij de maximale overspanning van 46 m een voorgespannen plaatbrug een logische keuze. De brug heeft een bochtstraal van 200 m (fig. 4). Het dek heeft acht overspanningen met een totale lengte van 302 m (fig. 5). De plaatbrug heeft twee afwijkende doorsneden. Een massief gedeelte met een constructiehoogte van 1,1 m voor de overspanningen tot 33 m (fig. 6a). En een gedeelte met gewichtsbesparende sparingsbuizen met een diameter van 1,0 m met een constructiehoogte van 1,6 m voor de overspanningen tot 46 m (fig. 6b). Boven de steunpunten worden deze sparingsbuizen niet doorgezet en wordt het dek massief uitgevoerd.

Ter plaatse van de landhoofden en de tussensteunpunten is dwarsvoorspanning toegepast: om de krachten door middel van een gebogen kabelligging met behulp van kromtedruk boven de oplegging te brengen en om extra normaaldrukkracht in de maatgevende betondoorsneden te verkrijgen.

### **Geometrie KW21**

Met overspanningen van 65 m was een plaatbrug voor KW21 lastig haalbaar. Daarom is hier gekozen voor een voorgespannen betonnen kokerliggerbrug (fig. 7). Deze heeft



**ING. NICK NASS**

Constructeur KW20  
Mobilis TBI



**IR. RICHARD WESTERBEEK**

Constructeur KW20  
Mobilis TBI



**IR. TON BOETERS**

Constructeur KW21  
Royal HaskoningDHV



**IR. SANDER PRAKKEN**

Ontwerpcoördinator /  
Site engineer  
DIMCO

een totale lengte van 224 m en een constructiehoogte van 2,75 m, een bochtstraal van 465 m en bestaat uit vier overspanningen: 40 m, 65 m, 65 m en 50 m (fig. 8). De koker bestaat uit een dekplaat, drie lijven en een vloerplaat. De dekplaat heeft een verlopende dikte (voutes nabij de lijven, fig. 9), zodat geen dwarskrachtwapening nodig is. Aan de zijkant bevinden zich overstekken van 1,8 m. Ter plaatse van de opleggingen is de koker massief uitgevoerd, om zo de krachten goed te kunnen inleiden. In deze massieve delen wordt wel dwarsvoortspanning aangebracht.

### Oplegsysteem

De dekken van beide kunstwerken zijn ter plaatse van de tussensteunpunten ondersteund door centrish geplaatste kolommen. Randvoorwaarde vanuit de vormgeving was namelijk dat de tussensteunpunten uit enkele kolommen moesten bestaan. De torsie-stabiliteit wordt uit de opleggingen bij de landhoofden gehaald. Het oplegsysteem voor beide kunstwerken bestaat uit enkele opleggingen ter plaatse van de tussensteunpunten en een dubbele oplegging bij de landhoofden. De torsie in het dek vertaalt zich naar een trek- en drukkracht bij het landhoofd. De grootte van deze krachten is afhankelijk van de afstand tussen de opleggingen. Om met name de trekkracht te beperken, is besloten het dek ter plaatse van de landhoofden te voorzien van hamereinden. Hiermee wordt de hefboomsarm tussen de opleggingen zo groot mogelijk gemaakt. Het hamereind heeft grofweg de breedte van het gehele dek, waarmee de

overstekken ter plaatse van de landhoofden grotendeels komen te vervallen.

In de ULS-situatie bleek dat, ondanks het toevoegen van de hamereinden, bij de oplegging van het landhoofd aan de binnenzijde van de bocht opwippen kan plaatsvinden. Om dit in rekening te brengen, is een extra belastingsgeval aangemaakt wat resulteerde in een groter torsiemoment in het dek. Hierop is vervolgens de wapening aangepast.

Er is per kunstwerk één langsfixatie aanwezig. Bij KW20 bevindt deze zich halverwege het dek ter plaatse van stramienas 6. Door de wrijving, die in de opleggingen kan optreden door bijvoorbeeld een temperatuurvervorming, ontstaat een horizontale reactiekracht in deze langsfixatie. Door het vasthoudpunt min of meer halverwege de brug te plaatsen, is de totale resulterende wrijvingskracht het kleinst.

KW21 is korter en heeft grotere overspanningen. Daar bevindt de langsfixatie zich op een landhoofd, om zo de tussensteunpunten te ontlasten. Dit was nodig omdat de fundering van de tussensteunpunten hier kritisch was.

Elk steunpunt heeft een oplegging met een fixatie in dwarsrichting haaks op de bochtstraal. Hierdoor worden de wrikkrachten zo klein mogelijk gehouden. De opleggingen worden uitgevoerd als bolsegmentopleggingen met schuifplaten.

### Bouwfasering

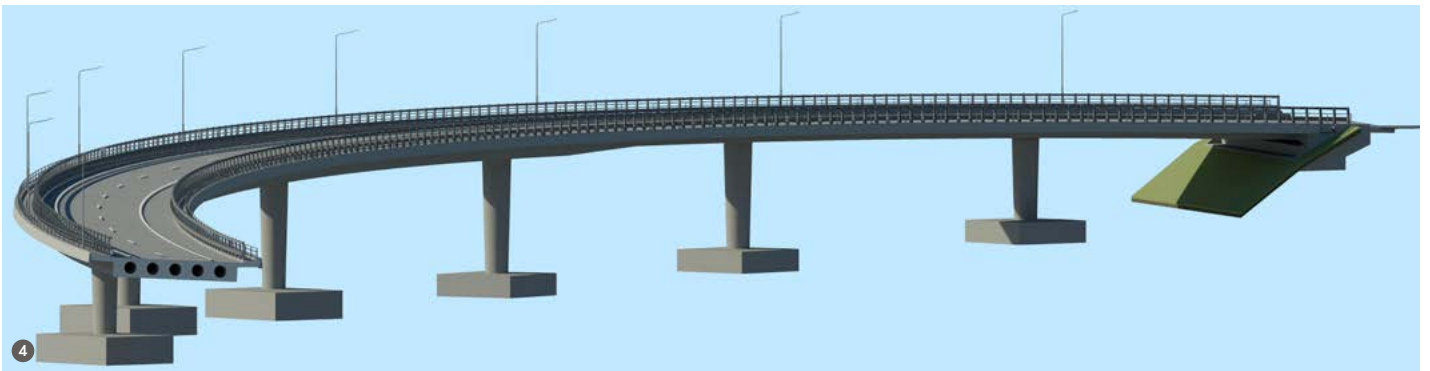
De doorstroming op de A4 mag niet worden gehinderd en vanuit veiligheidsoogpunt mag niet boven de weg worden gewerkt. Daarom worden beide fly-overs gefaseerd gebouwd en wordt de A4 gefaseerd omgelegd. Voordat wordt gestart met de uitvoering van de fly-overs, wordt de A4 naar het oosten verlegd. Vervolgens wordt aan de westzijde van de A4 eerst het deel van de kunstwerken uitgevoerd, waaronder de A4 op zijn toekomstige situatie kan worden gelegd. Hierdoor wordt het aantal omleggingen van de A4 tot een minimum beperkt. Dit deel van ruim 180 m lang (KW20: 183 m; KW21: 188 m, fig. 5a en 8a) wordt in respectievelijk drie en twee fasen uitgevoerd, waarmee de voorspanlengten worden beperkt tot 138 m voor KW20



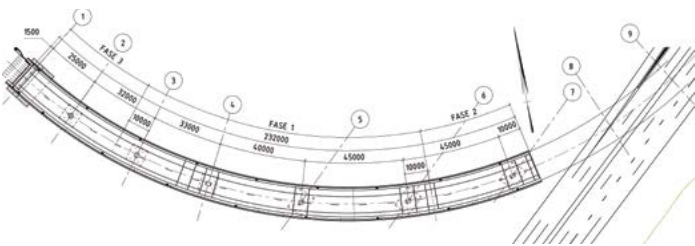




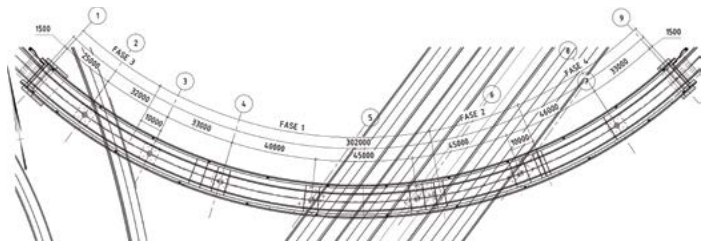
3



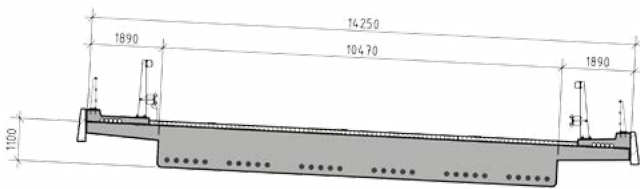
4



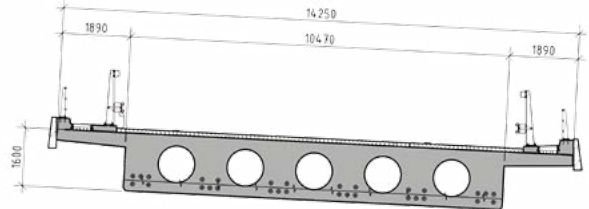
5a



5b

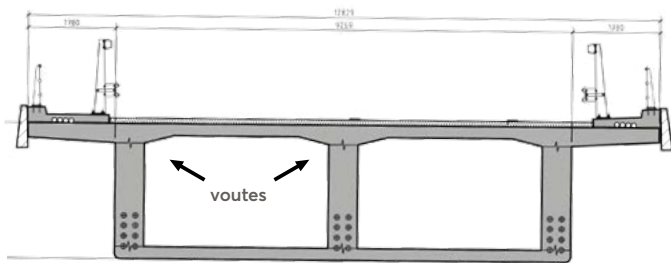
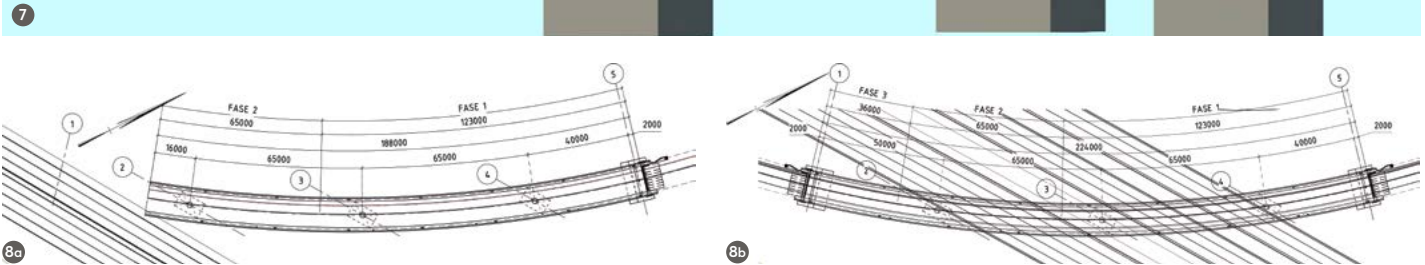


6a



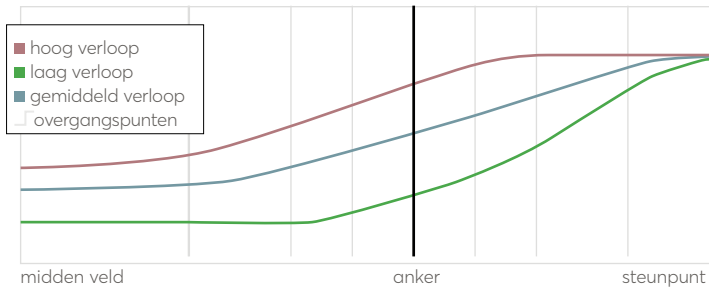
6b

3 Overzicht knooppunt Hofvliet 4 Geometrie KW20 5 Bovenaanzicht KW20: (a) fase 3, (b) fase 4 en eindsituatie 6 Doorsneden KW20: (a) massief gedeelte, (b) gedeelte met gewichtsbesparende sparringsbuizen



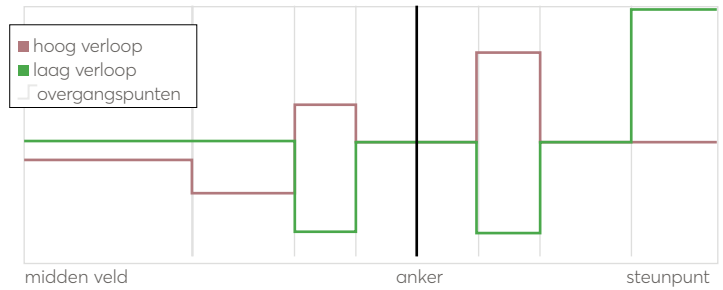
9

Kabelverloop

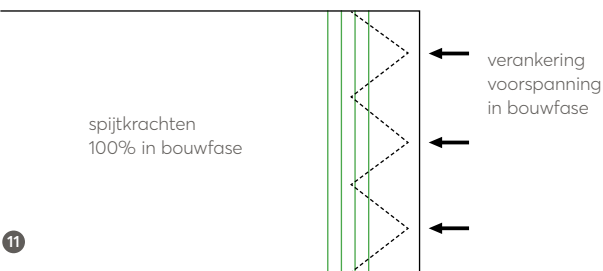


10a

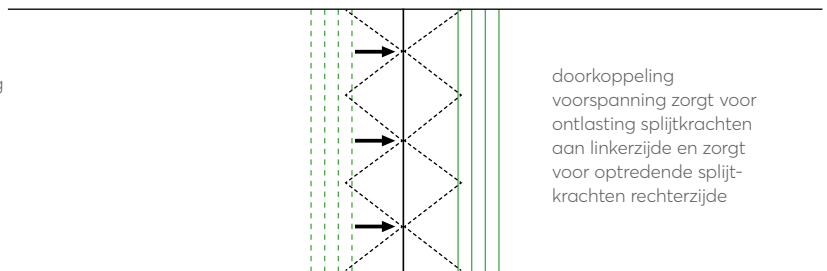
Verloop krommingsdrukken



10b



11



# Door de gefaseerde bouw moeten de voorspan-ankers worden doorgespannen

## DRIE DEELPROJECTEN

Het project RijnlandRoute is verdeeld in drie onderdelen (fig. 2):

- 1 De nieuwe verbinding (N434) tussen de A4 en de A44, inclusief het boortunneltracé van 2,5 km.
- 2 De verbreding van de Ir. G. Tjalmaweg (N206) vanaf de aansluiting met de N441 Katwijk tot en met de Torenvlietbrug.
- 3 De verbreding van de Europaweg (N206) tussen de A4 en de Rooseveltstraat in Leiden.

en 123 m voor KW21. Dit ter beperking van het risico van het niet in kunnen brengen van de strengen. Hierna worden de resterende delen van de kunstwerken aan de westzijde (alleen KW20) en de oostzijde uitgevoerd (fig. 5b en 8b).

### Stabiliteit bouwphase

Aangezien in de eerste twee bouwfasen bij KW20 de landhoofden nog niet aanwezig zijn, worden in deze fasen tijdelijke ondersteuning onder het dek toegepast om kantelen van het dek te voorkomen. Bij KW21 wordt het dek direct vanaf één landhoofd gebouwd, waardoor het dek in de bouwphase zijn torsiestabiliteit kan halen uit het landhoofd dat al aanwezig is. Hier worden geen tijdelijke steunpunten toegepast.

### Voorspanverloop

Bij het ontwerp van beide fly-overs is veel aandacht besteed aan het verloop van de voorspanning. Beide brugdekken zijn uitgevoerd met langsvoorspanning én dwarsvoorspanning. De langsvoorspanning bestaat uit een 19-strengen-systeem met een strengdoorsnede van 150 mm<sup>2</sup>.

Bij KW20 is de langsvoorspanning over de gehele dekbreedte aanwezig en wordt ter plaatse van de sparingsbuizen geconcentreerd tussen de sparingsbuizen (fig. 6a en 6b). De langsvoorspanning bestaat uit 30 kabels die boven de steunpunten zo hoog mogelijk naast elkaar in de doorsnede liggen, zodat er zo veel mogelijk hoogte voor zowel de langs- als dwarsvoorspanning wordt gecreëerd. De dwarsvoorspanning zorgt ervoor dat de belasting die door de langsvoorspanning naar de as van het steunpunt wordt gebracht, verder wordt opgepakt om de belasting zo direct mogelijk boven de kolommen in te leiden.

De langsvoorspanning is bij KW21 gesitueerd in de drie lijven en bestaat per lijf uit 8 kabels die in 4 groepen van 2 kabels boven elkaar liggen (fig. 9). Om bij de tussensteunpunten meer hoogte voor de voorspanning te creëren, waaieren daar per lijf 2 kabels uit tot in de route. De dwarsvoorspanning loopt ter plaatse van het middelste lijf vlak onder de bovenste kabels van de langsvoorspanning door.

### Bouwfasedelingen

Door de gefaseerde bouw ontstaan bouwfasedelingen. Daardoor moeten de voorspanankers worden doorgespannen. De bouwfasedelingen zijn bij KW20 gepositioneerd op 10 m vanaf hart steunpunt en bij KW21 op 16 m vanaf hart steunpunt, om de invloed van de bouwfaserings op de krachtsverdeling zo veel mogelijk te beperken (daar liggen ongeveer de momentennulpunten). Bovendien ligt de voorspanning hier voor beide kunstwerken ongeveer in het midden van de hoogte van het dek, waardoor er ruimte is om de voorspankabels te waaieren ten behoeve van de koppelankers.

De doorkoppeling bestaat uit spanankers waar in een volgende bouwphase nieuwe strengen op kunnen worden verankerd. Bij de bouwfasedelingen moesten de voorspankabels uitwaaieren om voldoende grote rand- en tussenafstanden voor de spanankers te creëren. Het uitwaaieren van de voorspankabels is zo uitgevoerd dat de krommingsdrukken van de uitwaaierende kabels elkaar opheffen. Dit is gedaan door het verloop van een 'ideale kabelligging' te gebruiken en het uitwaaierende kabelverloop over deze ideale kabelligging te spiegelen (fig. 10).

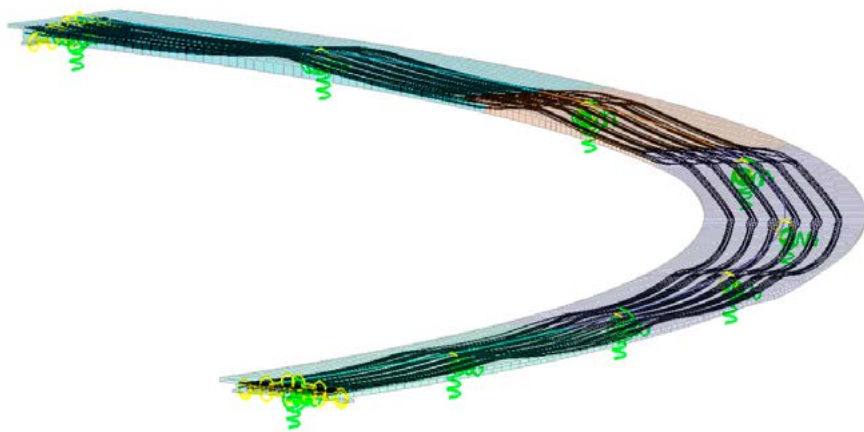
Doordat de kabels in het veld en boven de steunpunten horizontaal liggen (helling = 0) en ter plaatse van de spanankers alle kabels een gelijke helling hebben, kan een zuivere spiegeling plaatsvinden. De spiegeling zorgt er tevens voor dat de kabels nabij het oppervlak altijd een naar binnen gerichte kromtedruk hebben en dat de resulterende kromtedruk gelijk is aan de 'ideale kabelligging'.

De lijven van KW21 verdikken naar de bouwfasedeling toe, zodat ter plaatse van de bouwfasedeling voldoende dikte aanwezig is om twee ankers naast elkaar te verankeren in het lijf.

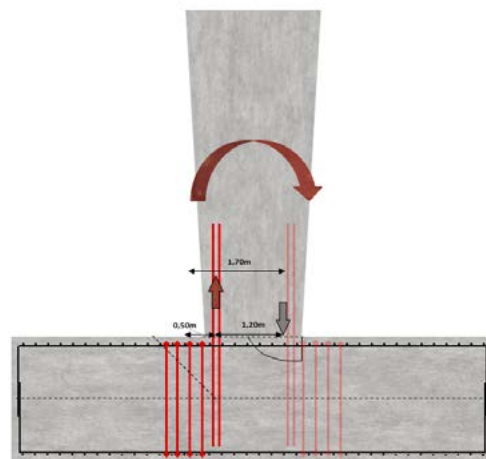
### Splijtkrachten bij bouwfasedeling

In de bouwphase treden er ter plaatse van de bouwfasedeling (t.p.v. de doorkoppeling voorspanning) splijtkrachten op doordat de voorspanning hier verankerd wordt. In de volgende fase wordt de voorspanning doorgespannen, beton aangestort en vervolgens

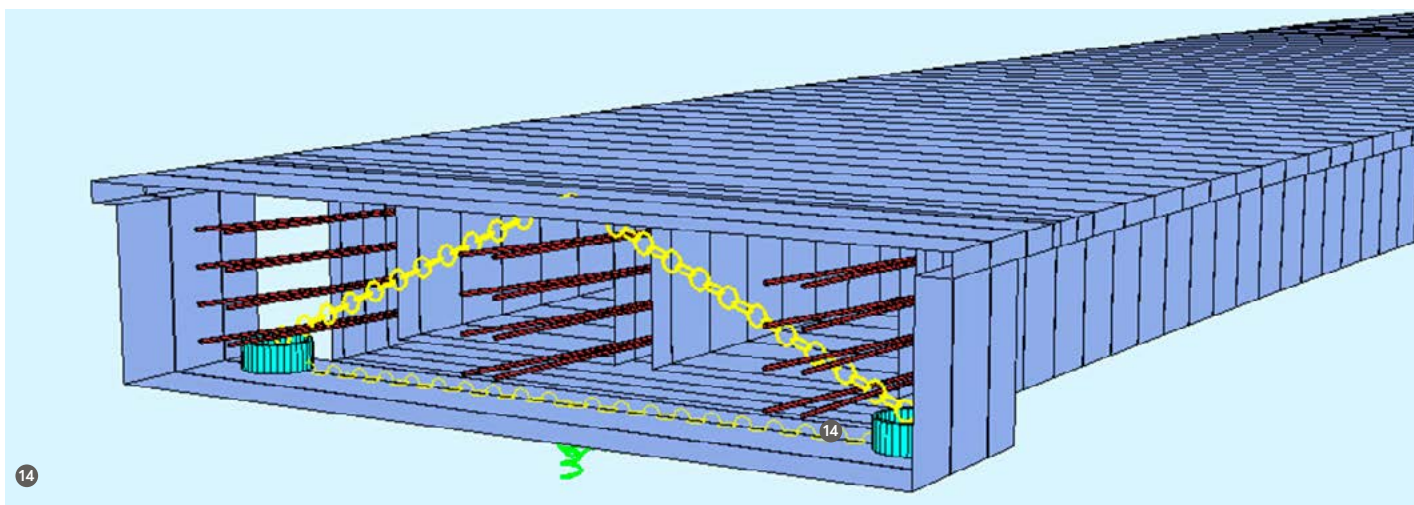




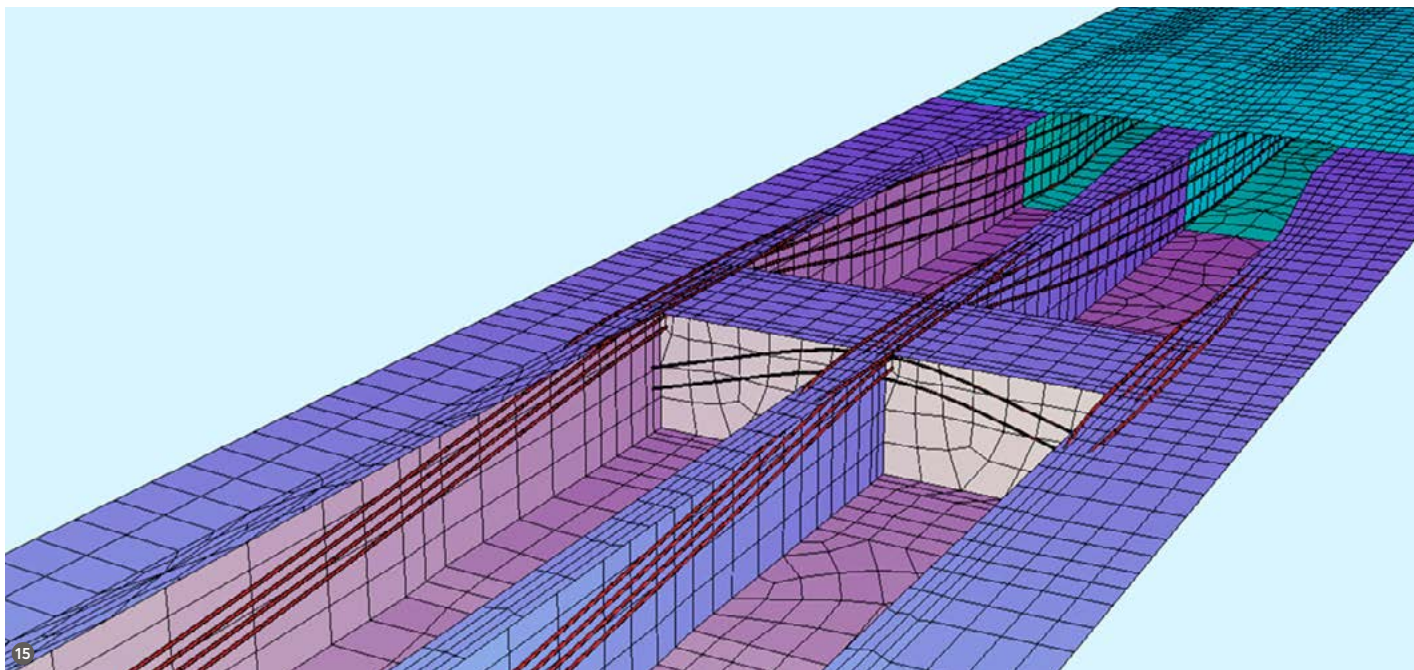
12



13



14



15

## DISTORSIE KW21

Distorsie is het effect waarbij de doorsnede van vorm verandert als gevolg van torsie. Dit wordt toegelicht met het volgende voorbeeld voor KW21. Als een tandemstelsel zich boven één van de drie lijven bevindt, zal dat betreffende lijf lokaal doorbuigen. De andere twee lijven 'weten nog niet' dat er een belasting aanwezig is. Naast krachten in dwarsrichting treden er lokaal extra momenten en dwarskrachten op die niet gevonden worden in een staafmodel. De resultaten van het plaatmodel worden gebruikt om deze krachten te bepalen.

Als voorbeeld: het optredende moment in de hele doorsnede (resultante van doorsnede) (1) wordt opgevraagd. Daarnaast wordt de trekspanning onder een lijf uitgelezen, die wordt vermenigvuldigd met het weerstandsmoment van de hele doorsnede om zo het equivalente totale moment inclusief distorsie (2) te krijgen. Het verschil tussen beide momenten (2-1) wordt hier het distorsie-effect genoemd. De aldus gevonden distorsie-momenten en -dwarskrachten worden opgeteld bij de resultaten van het staafmodel.

de aansluitende voorspankabels gespannen. Bij dit laatste wordt de verankering van de eerder aangebrachte voorspanning ontlast. Op dat moment zal ook het nieuwe dekdeel krachten opnemen. De optredende voorspankrachten in de doorgespannen voorspanning zorgt voor circa 50% reductie van de aanwezige splijtkrachten uit de eerdere fase en voor circa 50% splijtkrachten in het nieuwe dekdeel. Beide dekdelen moeten daarom gewapend worden op splijtkrachten (fig. 11). Dit principe is gecontroleerd met een simpel plaatmodel, waarmee de beschreven aanname is bevestigd.

## Sofistik versus SCIA

Voor de uitwerking van de bovenbouw is vooraf een afweging gemaakt tussen de eindige-elementenpakketten Sofistik en SCIA Engineer. Er is gekozen voor het Duitse Sofistik, omdat dit eindige-elementenpakket het voordeel heeft dat er voorspankabels mee gemodelleerd kunnen worden in de 3D-ruimte, waarbij de directe (wrijving) en de tijdsafhankelijke verliezen (kruip) bepaald worden door het programma. Daarnaast is de modellering van elementen langs een gekromde as eenvoudig. Het voordeel van SCIA is de gebruiksvriendelijkheid met goede grafische interface en het eenvoudig opzetten van de rapportage.

## Modellering

Voor de modellering van de twee fly-overs is gekozen om voor beide kunstwerken zowel een staafmodel als een plaatmodel te maken.

Het staafmodel (fig. 12) is bedoeld om de krachtwerving in langsrichting te bepalen. Hieruit volgen ook de oplegreacties en de voegbewegingen. Het model bestaat uit een staaf die de gekromde brug volgt. De belastingen worden als (excentrische) lijnlasten aangebracht om zo de juiste krachtwerving te vinden. Ook zijn de langvoorspanning (met directe en indirecte verliezen) en de bouwfasedelingen gemodelleerd.

Per landhoofd zijn de opleggingen gemodelleerd als een enkele veer met rotatiestijfheid. Door dit als één veer te modelleren, worden precieze interactiekrachten tussen landhoofd en dek verkregen. Indien dit als twee aparte steunpunten gemodelleerd zou

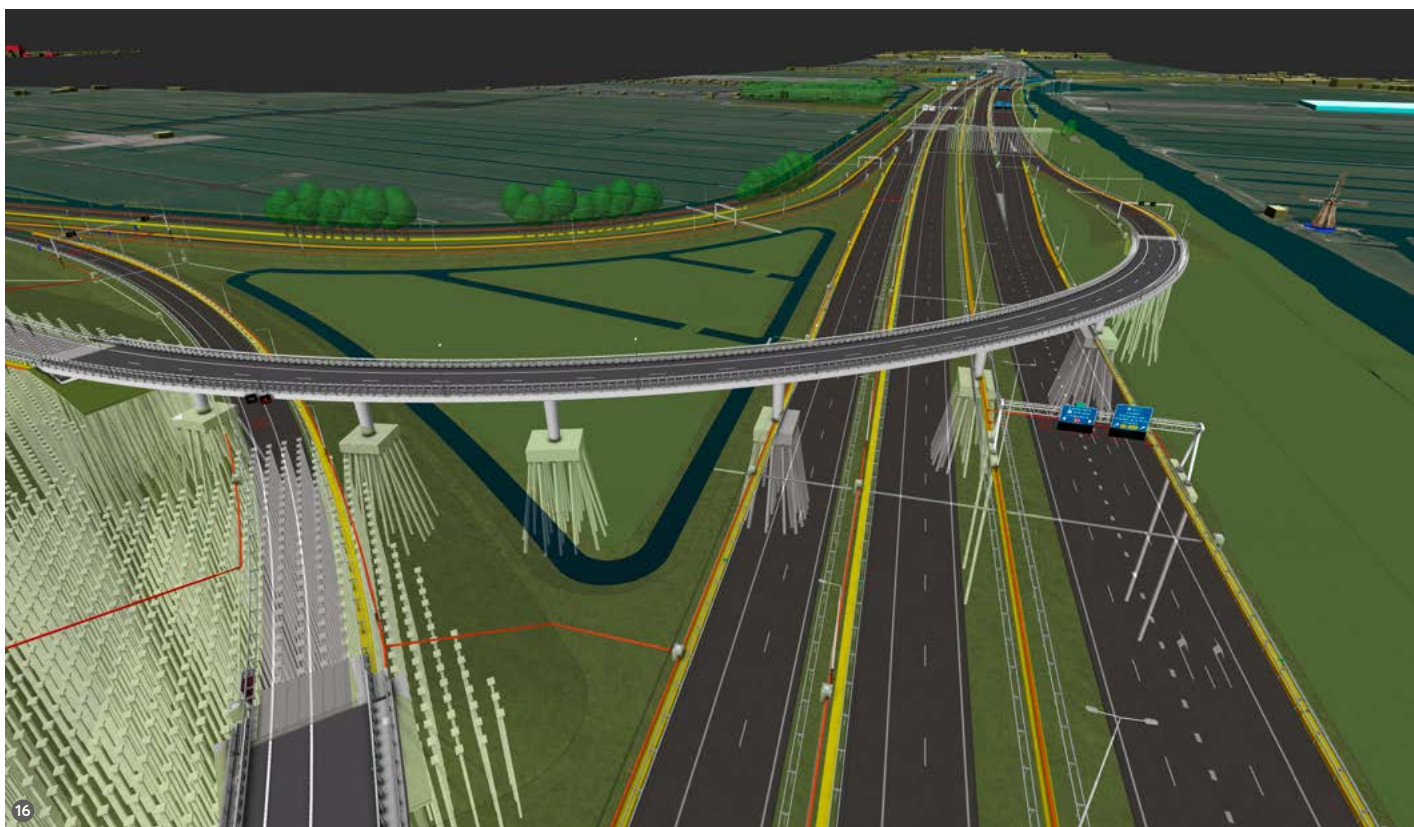
zijn, zou conservatief de minimale druk in de ene oplegging gecombineerd moeten worden met de maximale druk in de andere oplegging, terwijl deze niet gelijktijdig zullen optreden. Voor de modellering hiervan is gebruikgemaakt van dummystaven, om zo ook de kracht in beide opleggingen uit het model te halen. In figuur 14 is te zien dat starre bindingen (gele kettingen in het figuur) de buigstaaf (bovenzijde dek) verbinden met de opleggingen (dummystaven met cirkelvormige doorsneden onderin het dek). De opleggingen zijn aan de onderzijde verbonden, door middel van starre bindingen, met het gemodelleerde enkele verende steunpunt.

Het plaatmodel bestaat uit schaalementen (fig. 15). Het is daarmee een zwaarder model. Het model van KW20 bestaat uit platen in het horizontale vlak gemodelleerd over de horizontale kromming van de brug. Het model van KW21 bestaat uit dek-, vloer- en lijfplaten die samen de kokervorm maken. Omdat de kromming veel minder is dan bij KW20, is in dit model de kromming verwaarloosd. Met het plaatmodel is de krachtwerving in dwarsrichting bepaald. Voor KW20 zijn vergrotingsfactoren bepaald voor het in rekening brengen van de concentratie-effecten van de krachten uit het staafmodel. De plaatbrug zal zijn steunpuntsmomenten namelijk concentreren boven de kolommen en lokale effecten door een verkeersbelasting op een buitenste rijstrook zorgt voor een lokaal groter buigend moment. Voor KW21 is het distorsie-effect voor de krachtwerving in langsrichting bepaald (zie kader 'Distorsie KW21'). Voor het voorgespannen beton wordt de ongereduceerde E-modulus gebruikt. Dit is in langsrichting over de gehele lengte en in dwarsrichting boven de steunpunten. Het overige beton is gemodelleerd met een gereduceerde E-modulus gelijk aan 1/3 van de ongescheurde waarde.

## Slanke kolommen en verbinding kolom-poer

Vanuit esthetisch oogpunt is besloten om de brugdekken van beide fly-overs door middel van relatief slanke, ronde, ter plaatse gestorte kolommen te ondersteunen. Per steun-





*Om de restzettingen van de weg te beperken, wordt onder de nieuwe aardebanen van de toerit naar en afrit van de N434 een paalmatras toegepast*

punt worden de krachten vanuit het dek door middel van een enkele kolom naar de fundering afgedragen. De diameter aan de onderzijde van de kolom is 1900 mm en neemt naar boven taps toe met een hoek van  $1,5^\circ$  (fig. 4 en 7). De kolommen moeten in staat zijn de grote optredende horizontale en verticale krachten vanuit het brugdek naar de poer en fundering over te dragen. Met name de hogere kolommen en vooral de kolom met langsfixatie (KW20) vereisen zware wapening ter plaatse van de kritische doorsnede. De stekken uit de kolom worden als rechte verticale staaf zonder ombuiging in de poer verankerd. Hierdoor kan een korf met de stekken worden geprefabriceerd en kunnen alle stekken ineens worden geplaatst en gesteld. Door de wapening zonder ombuiging in de poer te verankeren, wordt tevens het ondernet minder dicht. De trekkracht vanuit de stekken wordt overgedragen naar nabij gelegen beugels die als ophangwapening fungeren (fig. 13). De benodigde hoeveelheid ophangwapening is gelijk aan de verhouding tussen de inwendige hefboomsarm van de kolom- en van de ophangwapening maal de

oppervlakte van het wapeningsstaal belast op trek in de doorsnede van de kolom.

### **Afmetingen poeren**

Voor een groot aantal steunpunten zijn de afmetingen van de poeren afhankelijk van de ligging ten opzichte van de A4. De breedte van de poeren langs de A4 en in de middenberm wordt beperkt, om verschilzettingen in de snelweg in de A4 te minimaliseren. Deze poeren zijn daarom rechthoekig met de lange zijden evenwijdig aan de A4. De lengte van de poeren is niet te groot gekozen om de momenten in de poeren te reduceren. Daarom zijn de paalkoppen zo dicht mogelijk bij elkaar geplaatst.

Er is besloten slanke poeren te realiseren in combinatie met benodigde dwarskrachtbeugels. Hierdoor wordt er bespaard op de kosten van de bouwkuip en het ontgraven. Tevens wordt hiermee de benodigde spanningsbemaling tot een minimum beperkt. Ondanks de slanke dimensionering kunnen de poeren conform de Eurocode niet als plaat worden beschouwd, maar moeten ze worden beschouwd als een ge-

*De torsie-stabiliteit in de definitieve situatie wordt uit dubbele opleggingen bij de landhoofden gehaald, waar het dek is voorzien van hamereinden*

#### ONLINE INFORMATIE

Voor actuele informatie zie [www.rijnlandroute.nl](http://www.rijnlandroute.nl) en [www.comol5.nl](http://www.comol5.nl).

drongen ligger. Voor de bepaling van de benodigde wapeningshoeveelheden is de doorsnede van de poer zodanig gereduceerd dat de inwendige hefboomsarm overeenkomt met de bijbehorende berekende inwendige hefboomsarm conform de Eurocode. Naderhand is de gedrongenheid van de poer geanalyseerd met een plaatmodel, waarin de poer en de kolom als wanden zijn beschouwd. Uit de analyse is gebleken dat de gehanteerde aanpak veilig is.

#### Fundering

De poeren en landhoofden worden gefundeerd op vierkante prefab-betonpalen, met afmetingen van 450 mm en 500 mm. Om het risico van het niet op diepte komen van de palen te beperken, is ervoor gekozen de paalpunten verder uit elkaar te plaatsen dan de paalkoppen, waarbij de palen worden 'gewaaierd' (fig. 16). De buitenste palen worden met een schoorstand van 5:1 aangebracht.

Vanuit de vormgeving mochten de landhoofden niet breder worden dan het brugdek, terwijl om constructieve redenen de opleggingen ver uit elkaar zijn geplaatst. De palen van de landhoofden zijn daarom aan de randen van het landhoofd geconcentreerd. Idealiter worden de palen zodanig geplaatst dat er een optimaal 'juk' wordt gerealiseerd, om vervormingen en reactiekrachten te minimaliseren. In verband met het aangrenzende palenmatras (zie verderop) onder de aardebaan aan de achterzijde en de zijkanten van het landhoofd, worden de palen aan de achterzijde van het landhoofd, langs het palenmatras, echter te lood aangebracht. De palen aan de voorzijde worden met een schoorstand van 5:1 aangebracht. Door deze randvoorwaarden is het een uitdaging geworden palenplannen te maken waarmee de optredende belastingen opgenomen kunnen worden. Naast drukbelasting dienen de palen, door het niet-optimale 'juk', ook trekbelastingen op te kunnen nemen, terwijl door concentratie van de palen de omvang van de 'grondkluit' beperkt is.

#### Slappe grond

Voor de verbreding van de A4 en de aanleg van de verbindingswegen tussen de A4 en de N434 wordt de bestaande aardebaan ver-

breed en worden nieuwe aardebanen aangelegd. Om restzettingen zo veel mogelijk te voorkomen, worden voorbelastingen toegepast met overhoogte en verticale drainage. Tijdens de voorbelasting zijn zettingen tot ruim 2,5 m opgetreden. Door de slappe grond ter plaatse van de fly-overs en de beperkt beschikbare zettingstijd (van 3 tot 6 maanden) ontstaan substantiële restzettingen, die nog optreden na het heikwerk en de uitvoering van het betonwerk van de steunpunten. Met name op de schoorpalen ontstaan hierdoor belastingen loodrecht op de paalas, met grote paalmomenten als gevolg. Voor de tussensteunpunten in de nieuwe ophogingen zijn palen met aanzienlijke kopwapening, tot 12Ø32, nodig.

Om de restzettingen van de weg te beperken, wordt onder de aardebanen aansluitend aan de landhoofden een paalmatras (combinatie van paalfundering en met geogrids gewapende overdrachtslaag van steenslag) toegepast (fig. 16). Het paalmatras wordt niet onder de landhoofden doorgezet. Met het paalmatras wordt daardoor niet voorkomen dat ook bij de landhoofden aanzienlijke restzettingen optreden, met aanzienlijke kopwapening als gevolg. Bij het landhoofd van KW21 op as 5, dat tevens als horizontaal vasthoudpunt voor het dek fungeert, ontstaan grote paalmomenten. Met palen vierkant 500 mm kon met een kopwapening van 12Ø32 worden volstaan. Bij het landhoofd van KW20 op as 1 is vanwege de hogere aanvulling licht ophoogmateriaal benodigd om de paalmomenten acceptabel te houden. Het paalmatras zorgt wel voor een reductie van de negatieve kleeft op de maatgevende palen, langs de rand van het paalmatras.

#### Tot slot

In het ontwerp van de fly-overs zijn de randvoorwaarden betreffende bouwfasering en vormgeving verwerkt. In de UO-fase is het hoofd geboden aan specifieke uitdagingen in de detaillering. Tevens is er veel energie gestoken in het ontwerp van de bekisting. De uitvoering is op het moment van schrijven van dit artikel gestart en de onderbouw van de eerste fase bijna gereed.