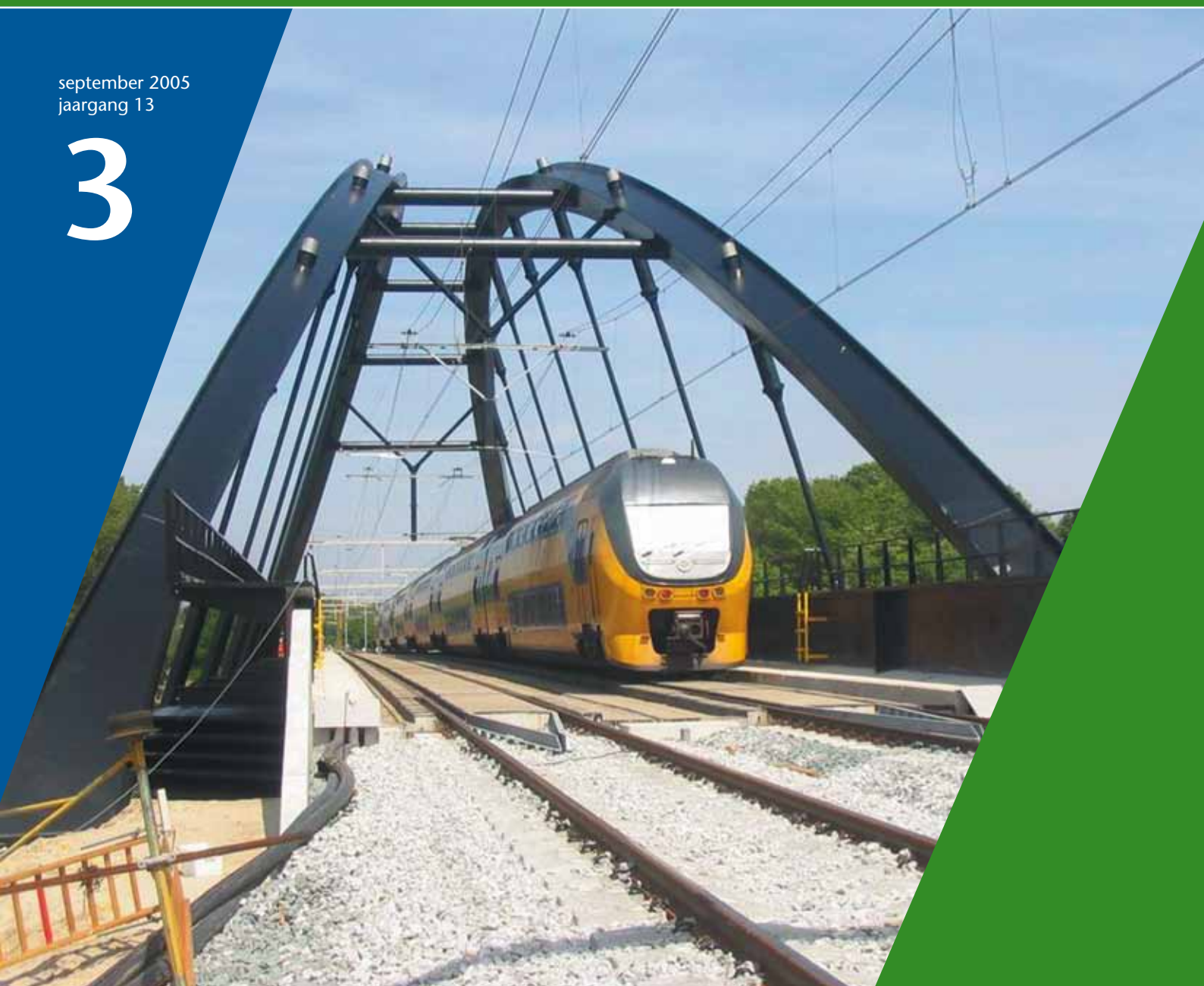


BRUGGEN

september 2005
jaargang 13

3



• Themanummer staal-betonbruggen

NBS
NEDERLANDSE BRUGGEN STICHTING

Opgericht 10 april 1992

Bestuur:

ir. J. Binkhorst, ir. C.H. van Eldik,
ing. C. Heiden, ir. H.P. Klooster,
ir. A. Kingma, ir. F.J. Remery,
prof.dr.ir. R.A.F. Smook,
prof.ir. L.A.G. Wagemans

Raad van Advies:

Arcadis Infra b.v.
Ballast-Nedam
Bouwdienst Rijkswaterstaat
Gemeente Amsterdam, Dienst I.V.V.
Vereniging CBCW, vertegenwoordigd
door Machinefabriek Hollandia Krimpen
Holland Railconsult
BAM Civiel
ProRail
Royal Haskoning
T.B.I. Bouwgroep b.v.

Witteveen + Bos, raadgevende ingenieurs
"BRUGGEN".

Het tijdschrift BRUGGEN verschijnt vier
maal per jaar.

Gratis voor begunstigers van de
Nederlandse Bruggen Stichting.

Losse nummers: € 6,50

Kopij

Ingezonden bijdragen worden alleen
in behandeling genomen als zij op
diskette, cd-rom of per e-mail worden
aangeleverd. Alle bijdragen dienen
voorzien te zijn van naam, adres en
telefoonnummer van de inzender.
Inzendingen kunnen zonder opgaaf
van redenen worden geweigerd.

Redactie

ir. G.J. Arends, drs. M.M. Bakker,
ing. E.J. Huisinga, ir. H.P. Klooster,
dr.ing. A. Romeijn

Redactieadres

NBS p/a Bouwdienst Rijkswaterstaat,
kamer A.237. Herman Gorterhove 4
2726 AC Zoetermeer.
Tel.: 079-3292368 of 079-3292428;
Fax.: 079-3292643;
e-mail: nbs@bwd.rws.minvenw.nl

Eindredacteur

ir. H.P. Klooster, Wulpenlaan 4 A,
4511 XB Breskens, tel: 0117-383051;
e-mail: info@bruggenstichting.nl

Website

<http://www.bruggenstichting.nl>

Grafische verzorging

C&C Design Zegveld.

Druk

Drukkerij Maarssenbroek

Oplage

550

ISSN 1571-4586

2 BRUGGEN 13 (2005) nr 3

INHOUD

Van de Redactie	H.P. Klooster	3
Van de Bestuurstafel	Rudger A.F. Smook	3
Keuze voor staal-beton bij het ontwerp van bruggen	G.M.M. Touw	4
Werkspoorbrug Utrecht, staal-betonbrug van formaat	J. Bijl	7
Staal-beton bij de brug over de Rijn in Oosterbeek	G.M.M. Touw	10
De Prins Clausbrug te Utrecht	C.L. Kamp	13
Staal-beton bij de Hemboog in Amsterdam	G.M.M. Touw	16
Nieuwe boogbrug over het Twentekanaal nabij Eefde	F.A. van Loenen, e.a.	20
HSL Fly-over Barendrecht	B.H. Hesselink	24
Brug over de Groote Beek in Son en Breugel	F.G. de Haas	28

Berichten

Bedrijfsresultaat Holland Railconsult	30
Boekverkoop NBS	30
Calatravabridges in Haarlemmermeer	30
Indrukwekkende pyloonbrug in Emmen	31
Monumentale draaibrug over het Merwedekanaal twee jaar buiten bedrijf	31
Techniekles op de basisschool	32
Zweden en Noorwegen verbonden door nieuwe brug	32

*Foto op voorpagina: Spoorbrug over het Twentekanaal bij Eefde.
(Foto: Holland Railconsult)*



Spoorbrug bij Eefde in aanbouw. (Foto: Holland Railconsult)

VAN DE REDACTIE

ir. H.P. Klooster

Dit nummer is gewijd aan staalbetonbruggen. Met deze techniek is het mogelijk geworden innoverende brugconstructies te maken. In zeven artikelen, geschreven door medewerkers van Holland Railconsult en ProRail wordt ingegaan op deze in Nederland nog niet zo lang toegepaste bouwwijze. Hoewel in dit nummer met name de toepassing bij spoorbruggen aan de orde komt, is deze techniek uiteraard ook bruikbaar voor verkeersbruggen. Als voorbeeld is hier dan ook de Prins Clausbrug opgenomen. In een van de volgende nummers zal ook aandacht worden besteed aan verkeersbruggen in staal-beton.

Van ir. F.G. de Haas van DHV ontvingen we een artikel over de vervanging van een brug over de Grootte Beek in Son en Breugel. Bij deze brug werd ook op creatieve wijze gebruik gemaakt van staal en beton.

Bij de berichten wordt onder meer aandacht besteed aan de bedrijfsresultaten van een van onze hoofdsponsors Holland Railconsult. De bruggen voor uitsluitend 'langzaam verkeer', zoals fietsers en voetgangers, lenen zich door hun geringere verkeersbelasting uitermate goed voor het maken van innoverende ontwerpen. Dat dergelijke bruggen in toenemende mate als 'Landmark' worden gezien toont de nieuwe brug in Emmen. Op pagina 31 en 32 staan foto's van deze brug.

De website van de NBS, www.bruggenstichting.nl, wordt in nog steeds toenemende mate geraadpleegd. De op deze site opgenomen bruggendatabase is echter op dit moment nog verre van volledig. Daarom nodigen wij iedereen van harte uit om de site te bekijken en uw kritische opmerkingen en eventuele aanvullingen naar ons toe te mailen. De redactie wenst u toe dat u met plezier ons tijdschrift blijft lezen.

VAN DE BESTUURSTAFEL

Prof.dr.ir. R.A.F. Smook, Voorzitter NBS

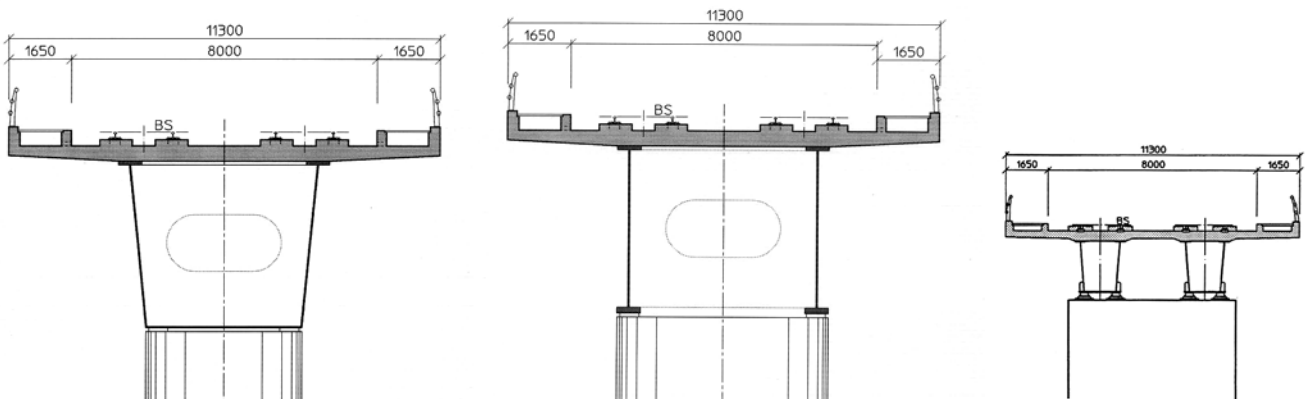
Op 14 Augustus is officieel de tentoonstelling die een jaar heeft gestaan in het Techniek museum in Delft en die georganiseerd was in het kader van HET JAAR VAN DE BRUG afgesloten. De voor een breed publiek toegankelijke tentoonstelling heeft vele belangstellenden getrokken. Ook zijn de andere gebeurtenissen in het kader van HET JAAR VAN DE BRUG goed bezocht. Er was vooral veel belangstelling van jongeren en mensen die doorgaans niet zo begaan zijn met bruggen en bruggenbouw. Het blijkt dat er toch veel latente compassie is met het verschijnsel brug, iets waar de aan de Bruggen Stichting gelieerden al langer aan gewend zijn, maar waarvan het toch prettig is te zien dat de kring van bruggenfanatici niet beperkt is tot onze Stichting. Het Bestuur zal proberen mogelijkheden te ontwikkelen de belangstelling voor bruggen te 'verzilveren' in een toename van het aantal leden, of beter begunstigers van de Stichting. U kunt hieraan meedoen door in uw werk- of woonomgeving latente belangstellenden te informeren over de NBS, ze bijvoorbeeld dit exemplaar van BRUGGEN te geven of ze op te roepen contact op te nemen met ons secretariaat. De Stichting kan zodoende groter worden en met nog meer gewicht onze doelstellingen uitdragen. Nu even iets anders. Ik schrijf deze column op mijn vakantieadres in Frankrijk. Het valt mij op dat sinds ik een functie binnen de NBS bekleed ik ook een verhevigde belangstelling heb voor bruggen in het buitenland. Het zal U ongetwijfeld ook overkomen dat U met de familie rijdend door de zonovergoten vakantie omgeving, plotseling in de remmen klimt om een terloops waargenomen profiel van een brug nader aan een onderzoek te onderwerpen. U moet dit gedrag niet als afwijkend beschouwen. Het hoort er nu eenmaal bij als u voldoende bent gegrepen door het 'bruggenvirus'. Er is hier overigens in het zuidelijke deel van Frankrijk veel bruggenmoois te zien. Misschien moeten we maar eens overwegen om in de komende tijd een grote buitenlandse bruggenexcursie te organiseren om het plezier van het bestuderen van bruggen met elkaar te delen.



Spoorbrug over het Twentekanaal (foto: Martin Uitvlugt)

KEUZE VOOR STAAL-BETON BIJ HET ONTWERP VAN BRUGGEN

ing. G.M.M. Touw, Holland railconsult



1. Links: Dwarsdoorsnede stalen ondergedeelte wordt gevormd door een stalen kokervormige ligger

Midden: Dwarsdoorsnede bestaat uit een betonnen bovenflens met daaronder twee I-vormige stalen balken met gesloten lijven.

Rechts: Alternatieve oplossing met 2 stalen kokers en 1 betonnen bovenflens.

Staal-beton bruggen in Nederland

In vergelijking met het buitenland worden er maar weinig staal-beton bruggen in Nederland gebouwd. Wat daarvan de reden is, is niet erg duidelijk. Wel is het zo dat staal-beton steeds meer kansen krijgt.

Er worden in Nederland veel stalen bruggen met een betonnen rijdek uitgevoerd, maar meestal werkt dat beton dan niet mee voor de krachtsoverdracht in langsrichting. Overigens wordt staal-beton wel veel toegepast in rijdekken waarbij de belastingafdracht in dwarsrichting door de staal-beton werking wordt verzorgd maar waarbij het beton in langsrichting van de brug niet meedoet in de krachtswerking. Dat worden dan stalen bruggen met een staal-betonnen rijvloer genoemd.

Een mogelijke reden dat staal-beton bruggen niet zo vaak zijn toegepast, is dat er een bepaalde scheiding bestaat tussen staalconstructeurs en betonconstructeurs. Die scheiding verdwijnt gelukkig echter steeds meer. Bij Holland Railconsult is het in ieder geval zo dat de staalconstructeurs en betonconstructeurs door elkaar zitten. En als er een project start, worden per definitie de verschillende constructievormen bekeken en daarbij wordt staal-beton gelijkwaardig behandeld als staal en beton. En gesteld kan worden dat staal-beton bij Holland Railconsult goed gedijt.

Een andere reden is waarschijnlijk dat een staal-beton brug vaak wordt gezien als gewoon een stalen brug met een betonnen dek en ingedeeld wordt als een soort stalen brug. Om dat verkeerde beeld tegen te gaan is het voor de duidelijkheid belangrijk om bij een staal-beton brug nooit te spreken over de stalen draagconstructie en het betonnen dek maar om de onderdelen consequent te benoemen als stalen ondergedeelte en betonnen bovenflens (of onderflens).

In Duitsland worden meer staal-beton bruggen gebouwd dan in Nederland maar veel van die bruggen hebben een vrij gestandaardiseerde vorm. Voor de echt spannende ontwerpen en snelle ontwikkelingen moet naar Frankrijk worden gekeken. Daar worden ontzettend

veel staal-beton bruggen gebouwd met steeds weer nieuwe innovaties.

Ontwerp van de dwarsdoorsnede

Bij het ontwerp van bruggen bestaat voor wat betreft het toe te passen materiaal de keuze tussen beton, staal en staal-beton. In z'n algemeenheid kan worden gesteld dat bij overspanningen kleiner dan circa 30 meter beton meestal economischer is en dat vooral bij overspanningen tussen de circa 30 meter en circa 80 meter, bruggen van beton en van staal-beton in economische zin elkaar kunnen concurreren. Verder blijkt dat, als alleen naar de doorsnede wordt gekeken, een brug van beton in het algemeen goedkoper is dan een brug van staal-beton. Uitgaande van een eenvoudige staal-beton dwarsdoorsnede zonder allerlei architectonische hoogstandjes, is de betonnen brug al gauw 10% goedkoper. Staal-beton wordt concurrerend door het uitsparen van bekisting en met name door het uitsparen van bekisting-ondersteuning. Vooral bij overspanningen over drukke verkeersstromen of bij een slechte toegankelijkheid op het maaiveldniveau heeft staal-beton grote voordelen. Een voorbeeld hiervan is te vinden bij de Hemboog in Amsterdam. De Hemboog is een vrije kruising van twee sporen over een hele bundel andere sporen. Door de mogelijkheden en onmogelijkheden van de steunpuntplaatsing moest de doorsnede van de bruggen een koker worden. Daarbij was er de keuze tussen een betonnen koker en een staal-beton koker. Als de brug in het vrije veld gebouwd zou moeten worden dan was de betonnen oplossing het goedkoopst geweest maar door de onderliggende sporen kwam staal-beton duidelijk op een voorsprong.

Wat betreft de keuze van de dwarsdoorsnede zijn er natuurlijk veel mogelijkheden. De meest goedkope oplossing is die oplossing waarbij de dwarsdoorsnede van de brug bestaat uit een betonnen bovenflens met daar-onder twee I-vormige stalen balken met gesloten lijven. In afb.1 is zo'n doorsnede weergegeven. Een



2. Staal-betonbrug bij Atrenas in Frankrijk.

iets duurdere oplossing is de oplossing waarbij het stalen ondergedeelte wordt gevormd door een stalen kokervormige ligger. Dit is iets duurder maar vormgevers hebben dit vaak liever dan de I-vormige stalen balken. Voor wat betreft het door de brug uitgestraalde geluid, is deze oplossing ook iets gunstiger.

Zo zijn er natuurlijk nog heel veel meer variaties in dwarsdoorsnede mogelijk. Als voorbeeld een Franse brug met een betonnen bovenflens en een onderliggende stalen boogconstructie bij Antrenas in de A75 (afb. 2). De boogvormige buis is op zichzelf ook weer een staal-beton constructie omdat de stalen buis gevuld is met beton. Een ander voorbeeld in Frankrijk is de brug in Meaux (afb. 3). Dat is meer een dwarsdoorsnede voor gevorderden. Het is een staal-beton brug met een dekbreedte van 31 m. De brug heeft een betonnen bovenflens, een betonnen onderflens en stalen lijven. Het beton wordt voorgespannen en daarom zijn de lijven zodanig uitgevoerd dat de stijfheid in langsrichting klein is om te voorkomen dat een groot gedeelte van de voorspankracht de lijven in gaat. Het dek wordt verder nog afgesteund door stutten. In feite is deze doorsnede ontwikkeld vanuit een voorgespannen betonnen kokerligger met interne en externe voorspanning. De betonnen lijven zijn daarbij vervangen door stalen lijven die een zodanige vorm hebben dat ze in langsrichting vrijwel geen kracht opnemen. Daarom zitten in de lijven buisvormige elementen die er voor zorgen dat de stijfheid van de lijven in langsrichting klein blijft.

Verplaatsbaar bouwen

Bij bruggen over bestaande infrastructuur zijn er bij het toepassen van staal-beton meer mogelijkheden om zodanig te bouwen dat er niet veel hinder is voor het onderliggende verkeer. Dit hindervrij bouwen wordt steeds belangrijker. Mensen en instanties die hinder ondervinden gaan namelijk steeds vaker kosten in rekening brengen. Hoeveel geld het mag kosten om hinder te verminderen, is vaak niet erg duidelijk. Tevens bestaan nog allerlei tussenvormen zoals een beetje hinder of vrij veel hinder. Om dat te bepalen moet de hinder worden omgerekend naar een geldbedrag. Dat bedrag is te verdelen in directe kosten, zoals bijvoorbeeld de kosten van het inzetten van bussen, en indirecte kosten, zoals bijvoorbeeld het ongemak van iemand die door een file

als gevolg van wegwerkzaamheden te laat binnen komt bij een bespreking.

Bij openbaar vervoerbedrijven is dat wat verder ontwikkeld dan bij wegen omdat daar een klein aantal specifieke vervoerders zijn die bij hinder de gemaakte kosten in rekening brengen. Die kosten bestaan uit vervangend busvervoer, bekendmakingen en advertenties, flyers, extra personeelsinzet, en dergelijke. De indirecte kosten zoals vervoerverlies van boze reizigers die de volgende keer niet meer met de trein gaan zijn veel moeilijker te bepalen.

Bij een werk in Oosterbeek bijvoorbeeld waren de buskosten voor een buitendienststelling van het spoor in een weekend circa € 80.000,-. En dat is dus een flinke kostenpost.

Voor het wegverkeer ligt het wat moeilijker. Er is geen organisatie van forensen of vakantiegangers die vertragingen op de weg in rekening brengen. Een vertraging door werkzaamheden geeft opwinding, hartklachten, extra motorbrandstof, enz. Maar hoe kunnen die kosten worden meegenomen in een kostenopstelling? De juiste afweging kan alleen worden gemaakt als de kosten die optreden door de hinder ook door de opdrachtgever betaald moeten worden. Het steeds frequenter in rekening brengen van hinder werkt wel in het voordeel van staal-beton.

Het beperken van de hinder wordt mogelijk gemaakt door de brug op een plaats te bouwen waar de werkzaamheden geen hinder veroorzaken en vervolgens de brug op een zodanige manier op z'n plaats te brengen dat ook daarbij zo min mogelijk hinder ontstaat. Het op z'n plaats brengen van de brug kan op verschillende manieren gebeuren. Er kan gekozen worden voor het inbrengen van alleen het stalen gedeelte of van de hele brug inclusief het betonnen gedeelte. Als alleen het stalen gedeelte op zijn uiteindelijke plaats is gebracht, is het heel goed mogelijk om ook het betonnen gedeelte hindervrij te bouwen. Voor de bekistingondersteuning wordt daarbij namelijk het stalen gedeelte gebruikt zodat de onderliggende infrastructuur geen hinder ondervindt van werkzaamheden op de brug zoals het betonstorten. Voor het aanbrengen van de brug op zijn definitieve plaats kan gekozen worden uit de mogelijkheid van inhijzen, inschuiven (horizontaal verplaatsen in dwarsrichting) en lanceren (horizontaal verplaatsen in langsrichting). Op het horizontaal verplaatsen van de brug in langsrichting (lanceren) wordt hieronder nader ingegaan.



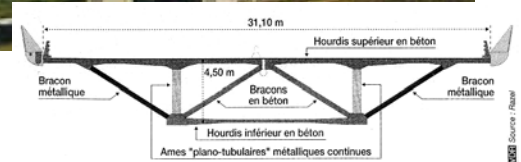
3. Staal-betonbrug in Meaux te Frankrijk.

Het lanceren van bruggen

Bij het lanceren van bruggen wordt de brug gefabriceerd of gemonteerd op een plaats die in het verlengde ligt van de definitieve plaats van de brug. Als de brug klaar is, wordt hij vervolgens in langsricting over de te overbruggen ruimte geschoven. Meestal is de totale lengte van de brug groter dan de lengte van de bouwplaats. In dat geval wordt de brug gelanceerd in een aantal fasen waarbij na elke lanceerfase er weer plaats ontstaat om het volgende deel van de brug te fabriceren. Het brugdeel dat gelanceerd wordt, is dus bij de opeenvolgende lanceerfasen steeds langer; in de laatste lanceerfase betreft het de totale lengte van de brug. Tijdens het lanceren wordt de brug over de pijlers heen geschoven waarbij de onderzijde van de brug ondersteund wordt door de pijlers. Die onderzijde verplaatst zich in langsricting en het is daarom nodig dat de brug een (vrijwel) rechte onderzijde heeft. De brugconstructie moet dus een constante hoogte hebben. Ook zijn er eisen aan de geometrie in de lengtericting van de brug. Om het lanceren mogelijk te maken moet de vorm van de brug in langsricting zowel in horizontale als in verticale zin een rechte zijn of een boog met een constante boogstraal.

Tijdens het lanceren treedt door het steeds groter wordende overstek de grootste krachswerking op. Die krachswerking aan de voorzijde kan verkleind worden door het plaatsen van tijdelijke steunpunten tussen de definitieve pijlers of door het aanbrengen van een snavel aan de voorzijde van de brug. Die snavel heeft een veel kleiner gewicht dan het brugdek zelf zodat de krachten door het overstek niet zo hoog oplopen. Zodra de snavel de volgende pijler heeft bereikt, is de krachswerking in de brug gunstiger omdat er dan geen overstek meer is. In afb. 3 is de snavelconstructie van de brug bij Meaux weergegeven.

De staal-beton bruggen in de Hemboog in Amsterdam (totaal circa 500 m) zijn door middel van lanceren op hun plaats gebracht.



Stortvolgorde van de betonnen flens

Bij staal-beton bruggen ontstaan er door verschillende oorzaken trekspanningen in de betonnen flens en in geval van een bovenflens vooral boven de tussensteunpunten. Die trekspanningen ontstaan onder andere door de krimp van het beton. Door de krimp van beton wil het beton verkorten maar deze verkorting wordt tegengegaan door het stalen bruggedeelte waarmee de betonnen flens is verbonden. Deze verhinderde verkorting geeft trekspanningen in het beton.

Ook ontstaan er trekspanningen door de stortvolgorde van de betonflens. Als er namelijk al verhard beton boven de steunpunten aanwezig is bij het storten van beton in het middengedeelte tussen de pijlers, ontstaan er steunpuntsmomenten die op hun beurt trekspanningen in een betonnen bovenflens veroorzaken. Deze trekspanningen kunnen worden beperkt door een slimme stortvolgorde te kiezen; eerst het beton in de brugvelden storten en daarna pas boven de steunpunten.

Aflaten van tussensteunpunten

De trekspanningen in de betonnen flens kunnen worden verkleind door na het verharden van de betonnen flens de hele brug een zodanige opgelegde vervorming te geven dat door die vervorming drukspanningen in de betonflens ontstaan. Bij een brug met een betonnen bovenflens ontstaan die drukspanningen door de brug te bouwen in een bolle vorm en na verharding van het beton de tussenondersteuningen naar beneden af te laten. Door die opgelegde vervorming wordt de betonnen bovenflens verkort en als gevolg daarvan ontstaan drukspanningen. Deze methode is toegepast in het project 'Hemboog in Amsterdam'. Het stalen ondergedeelte van de brug is daarbij gebouwd in een vorm waarbij de tussensteunpunten ca. 160 mm hoger lagen dan hun uiteindelijke positie. Na het verharden van het beton zijn de tussensteunpunten 160 mm naar beneden afgelaten. De maat van 160 millimeter is zodanig bepaald dat in de definitieve toestand de drukkracht door het aflaten even groot is als de trekkracht ten gevolge van het eigen gewicht van de betonflens en van de krimp.

Besluit

Voor nadere details met betrekking tot het lanceren en het aflaten van steunpunten wordt verwezen naar het artikel "Staal-beton bij de Hemboog in Amsterdam".

WERKSPoorBRUG IN UTRECHT, STAAL- BETONBRUG VAN FORMAAT

J. Bijl, Holland Railconsult

Algemeen

In het spoortraject Amsterdam-Utrecht is in 2003 naast de bestaande spoorbrug (Demkabrug) over het Amsterdam-Rijnkanaal een nieuwe spoorbrug (Werkspoorbrug) gebouwd. Met een totale lengte van 255 meter en een hoofdoverspanning van 237 meter niet alleen de grootste boogconstructie maar ook de grootste staal-betonbrug van Nederland (afb.1). In de brug is circa 5000 ton staal en circa 5000 ton beton verwerkt. Hoewel bij het aanschouwen van deze spoorbrug wordt gedacht aan een stalen brug is de Werkspoorbrug een brug waar de materialen staal en beton samenwerken voor de statische sterkte en stabiliteit. De staal-beton samenwerking is toegepast in de rijvloer van de brug.

Rijvloer

Tijdens het voorontwerp van de brug zijn een aantal rijvloer varianten onderzocht, zowel een stalen als een staal-betonnen rijvloer, beide met doorgaand ballastbed of ingegoten spoorstaven. Uitgangspunten waren dat de brug geschikt moest zijn voor snelheden boven de 200 Km/uur en een zo klein mogelijke constructiehoogte moest hebben. Verder is gekeken naar een constructie, die zo weinig mogelijk onderhoud behoeft en een zo klein mogelijke geluidsuitstraling heeft. Ook zijn het dynamisch gedrag en de bouwkosten bij het onderzoek betrokken. Het onderzoek heeft geleid tot een staal-betonnen rijvloer met ingegoten spoorstaven (afb. 2). De rijvloerconstructie bestaat uit een balkenvloer met samengestelde stalen I-liggers als dwarsverstijvers, hart op hart circa 1,8 meter, welke gelast tussen de stalen trekbanden (onderranden). Op de onderflenzen van de stalen dwarsverstijvers zijn geprefabriceerde betonnen platen aangebracht, waarop beton is gestort en polystyreen vulblokken zijn aangebracht. De opvulling met beton tussen de dwarsverstijvers was noodzakelijk ten behoeve van de geluidsreductie, het dynamisch gedrag en de minimale trekkracht in de diagonalen. Op de dwarsverstijvers is een in de dwarsrichting meewerkend betondek aangebracht. Op het meewerkend



1. overzicht Werkspoorbrug te Utrecht.

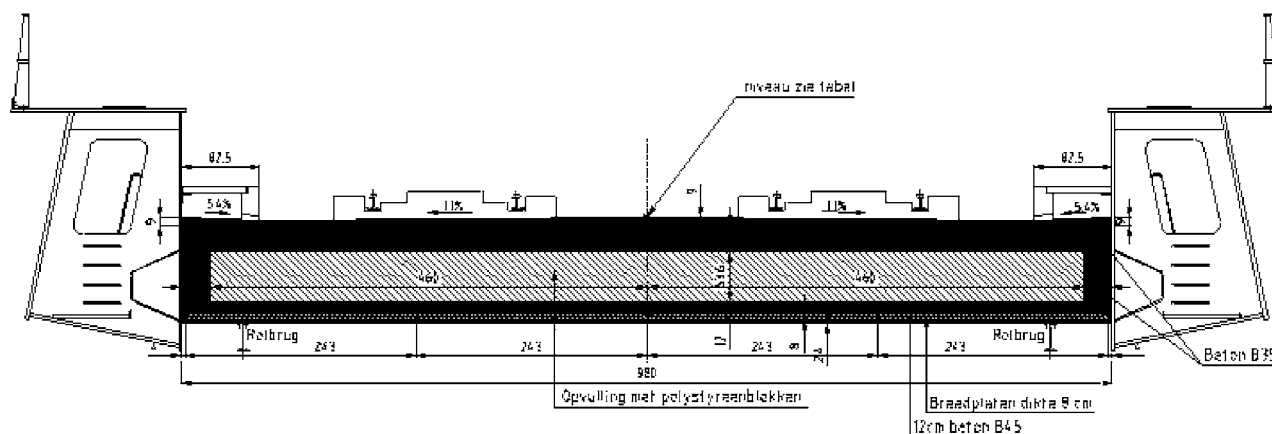
betondek zijn separate opstorten aangebracht ten behoeve van de ingegoten spoorstaven. De nieuwe brug is een zogeheten 'stille brug'®.

Verdere beschrijving van de brug

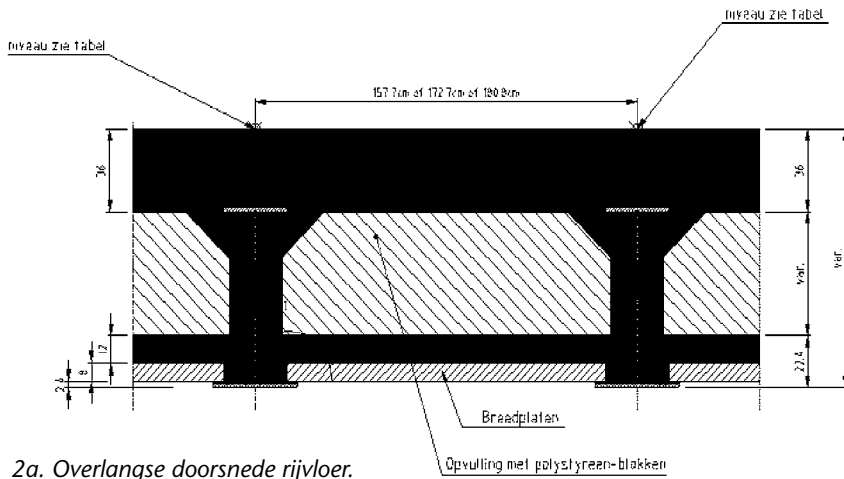
De parabolische boog van de brug die dienst doet als verstijvingsboog, bestaat uit een enkelvoudige, koker-vormige doorsnede met een hoogte 5,575 meter en een breedte van variërend van 3,5 tot 4,5 meter (afb.3); de lengte van de enkelvoudige boog is 140 meter. De systeemhoogte bedraagt 37 m. Aan de uiteinden splitst de boog zich in twee afzonderlijke getordeerde koker-vormige poten van 5,575 meter hoog en 2.25 meter breed. De poten passeren aan beide zijden de onderrand en steunen af op betonnen kolommen welke zijn geïntegreerd in de landhoofden.

De onderranden, uitgevoerd als parallellogramvormige kokers, functioneren als trekband Samen met de boog vormen ze de hoofdconstructie. De onderranden worden aan het centrale deel van de boog opgehangen door de tuien. In het relatief lange eindveld nemen ze in hoogte toe van 2,5 tot 3,5 meter; de breedte blijft steeds 1,2 meter. Tussen de onderranden (hart op hart 11,75 meter) is de rijvloerconstructie gesitueerd.

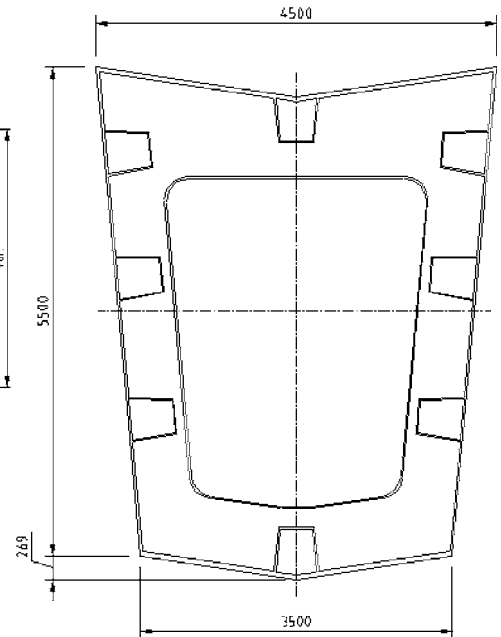
De boogpoten en de onderranden zijn bij de samenkomst van de respectievelijke systeemlijnen door middel van een ligger met elkaar verbonden. Deze verbindingsligger (1,5 x 5 meter) draagt de horizontale spatkrachten vanuit de boog over naar de onderranden. Ook wordt een deel van de verticale belasting ten



2. Dwarsdoorsnede rijvloer.



2a. Overlangse doorsnede rijvloer.



3. Doorsnede boog.



4. Onderste gedeelte rijvloer, bestaande uit stalen dwarsdraggers met betonnen breedplaten.

gevolge van het eigengewicht en de treinen hierdoor naar de boogpoten overgebracht.

De diagonalen zijn aangebracht tussen de onderranden en het centrale boogdeel en uitgevoerd als buizen CHS 394 x 27/36 bij een veldlengte van circa 20 meter. Gezien de slankheid van de diagonalen hebben ze in uiterste grenstoestand een minimale trekkracht van 100 kN om uitknikken te voorkomen.

Uitvoering op de bouwplaats

Het is onmogelijk de om een kant-en-klare spoorbrug van deze afmetingen via waterwegen van de fabriek naar de bouwplaats te vervoeren. Daarom is door de staalbouwer gekozen voor een bouw- en constructiemethode ter plaatse. De brugdelen zijn in transportabele delen gefabriceerd en samengesteld bij Victor Buyk Steel Construction in Eeklo. De onderdelen welke zijn getransporteerd hebben een maximaal gewicht van 500 ton. In de eerste fase werden respectievelijk de eerste helft, de middenboog en de tweede helft van de brug opgebouwd op de bouwplaats aan de oever van het kanaal. Een helft bestaat uit twee boogpoten, het broekstuk en 2 x 2 hoofdliggers. De onderdelen werden samen via watertransport op pontons aangevoerd en tijdens een nachtelijke stremming van het kanaal aan land gebracht met zogenaamde kamags (platformwagens). Gedurende de daarop volgende dagen werden deze door middel van 800- en 500-tons kranen op het werkterrein evenwijdig aan de oever aan de kant van Maarssen gemonteerd op een serie hulpondersteuning. Na het aanbrengen van 135 dwarsdraggers tussen de hoofdliggers, werd het geheel aan elkaar gelast (afb.4). De

middenboog werd in drie delen op een soortgelijke manier naar de bouwplaats getransporteerd en eveneens op tijdelijke ondersteuning gemonteerd, zij het op een niveau 'laag bij de grond'. De omvang en het gewicht van de afzonderlijke stukken maakte montage op de definitieve hoogte, 50 m. boven maaiveld, te problematisch.

De tweede fase bestond uit het inhijzen van de inmiddels samengelaste middenboog. Als hijspunten werden de uiteinden van beide broekstukken gekozen. Het middendeel werd door middel van computergestuurde, hydraulische vijzels en strengen in slechts twee uur over een hoogte van 30 meter omhoog gehesen. De boog werd vóór het inhijzen vrij gezet van haar tussensteunpunten zodat hij zijn natuurlijke doorbuiging aannam. Daarna werden de uiteinden, die voorzien waren van 50 millimeter overlengte, op de juiste, ter plaatse gemeten afstand en hoek, afgesneden. De lengte werd zo in overeenstemming gebracht met de werkelijke afstand tussen de beide broekstukken. Om de bouwdelen goed op elkaar aan te laten sluiten werd de voeg enigszins schuin uitgevoerd. De middenboog kan zo als het ware van onderen tegen het broekstuk aansluiten. Grote zorg werd besteed aan het strikt gelijktijdig inhijzen op de vier vijzelpunten om elke scheefstand te vermijden. Dit was nodig omdat het aanslagpunt op de middenboog lager ligt dan het zwaartepunt. Stabiliteit is daardoor slechts binnen bepaalde grenzen gewaarborgd. Na het inhijzen bleef de boog in het hijsysteem hangen tot de voegen voldoende waren gelast. (afb. 5).

Nadat de hoofdonderdelen van de boogbrug volledig waren gelast, was het tijd om de diagonale hangers aan te brengen. Alle 28 hangers, uitgevoerd als buizen CHS 394 x 27/36, werden op hun definitieve lengte aangevoerd. Om knikken te voorkomen hield één van de ontwerpeisen in dat in elke hanger altijd minstens 100 kN trekbelasting aanwezig moet zijn. De diagonalen moesten dus worden voorgespannen. De spanprocedure die was toegeleverd vanuit de stabiliteitsberekeningen, bepaalde een specifieke volgorde voor het



5. Inhijsen middenboog.

aanbrengen van de hangers. Uitvoeringstechnisch is ervoor gekozen om deze eerst bovenaan aan de daartoe op voorhand in de boog aangebrachte verbindingstukken vast te maken met een tijdelijke boutverbinding. Vervolgens werd de voeg volledig gelast en werd de over lengte aan de onderzijde op de juiste maat afgesneden. Een vijzelsysteem bracht aan de onderkant de nodige voorspan(trek)kracht aan, waarna ook de onderste voeg werd gelast. Tijdens het voorspannen werd zodoende stap voor stap het volledige stalen brugdek van de tijdelijke hulpconstructies opgelicht. Na beëindiging van de volledige voorspanprocedure rustte de brug nog slechts op de vier ondersteuning onder de boogpoten en was het bow-string effect volledig.

Invaren boogbrug

Nadat alle stalen delen van de boogbrug volledig waren samengesteld en de corrosiebescherming was aangebracht ter plaatse van de gelaste voegen, kon de brug op haar definitieve plaats worden gebracht. Het gewaarde van rond de 5.000 ton werd daartoe op twee plaatsen zo dicht mogelijk bij de uiteinden opgenomen op een samenstel van elk $6 \times 16 = 96$ heftransportwagens. De brug werd van het werkterrein naar haar definitieve ligging verplaatst via een nauwkeurig geplande opeenvolging van translaties en rotaties. Allereerst moest de groep heftransportwagens die het uiteinde 'Utrecht' ondersteunden van het werkterrein op een gigantisch ponton (92 x 28 x 6 meter, draagvermogen: 10.300 ton) rijden. Om de bestaande kademuur niet te veel te belasten werden daartoe schotten geplaatst van 12 m lengte. Tijdens het oprijden bleef de groep heftransport-



6. Invaren brug.

wagens van de kant 'Maarsse' op een plek, waardoor ze een draaiende beweging moest uitvoeren. Vervolgens kon het varen naar de overkant beginnen. Nadat de groep heftransportwagens aan de kant van Utrecht het ponton afgereden was, bereikte de brug met een laatste translatie zijn einddoel. De totale operatie werd in een dag uitgevoerd. (afb. 6).

Afbouw van de brug op definitieve plaats

Na het aanbrengen van de staal betonvloer en de opstorten voor de ingegoten spoorstaven, zijn de sporen en de bovenleidingconstructie gebouwd. In oktober 2003 is de brug in dienst genomen.

Projectgegevens

Opdrachtgever:	ProRail
Vormgeving:	Holland Railconsult
Ref. ontw., advies en directie-voering:	Holland Railconsult
Contractvorm:	Design & Construct
Aannemer:	Aannemerscombinatie Geka Bouw, Dordrecht en Victor Buyck Steel Construction, Eeklo (B)

Technische gegevens

Hoofdoverspanning:	237 m.
Totale lengte:	255 m.
Doorvaarthoogte:	9,1 m.
Hoogste punt:	51,2 m. (boven het kanaalpeil)
Hoogte boog:	5,5 m.
Gewicht:	5.000 ton staal(S355)2G3) + 5.000 ton beton; totaal 10.000 ton



Werkspoorbrug te Utrecht op zijn definitieve plaats.

STAAL-BETON BIJ DE BRUG OVER DE RIJN IN OOSTERBEEK

ing. G.M.M. Touw, Holland Railconsult

Inleiding

De rivieroverbrugging over de Rijn nabij Oosterbeek bestond bij de aanvang van het project uit een stalen hoofdoverspanning, zes stalen aanbruggen en een aardebaan met een lengte van circa 750 m. De dwars op de stroomrichting van de rivier staande aardebaan in de uiterwaarden belemmert de vlotte doorgang van het water waardoor er bij hoog water opstuwing optreedt. Om deze opstuwing te beperken is circa 400 m van de aardebaan vervangen door nieuwe aanbruggen. Bij het ontwerp van die aanbruggen zijn vele varianten be-schouwd. De variaties betroffen: de wijze van spoorbevestiging op de bruggen, de pijlerafstand, het statisch systeem en de materiaalkeuze voor de bruggen. Die variaties zijn met elkaar gecombineerd tot varianten. Deze varianten zijn vervolgens met elkaar vergeleken op de aspecten: geluid, uitvoeringskosten, onderhoudskosten, hinder voor de treindienst, vormgeving, mogelijke uitvoeringsmethoden en risico's.

Pijlerafstand

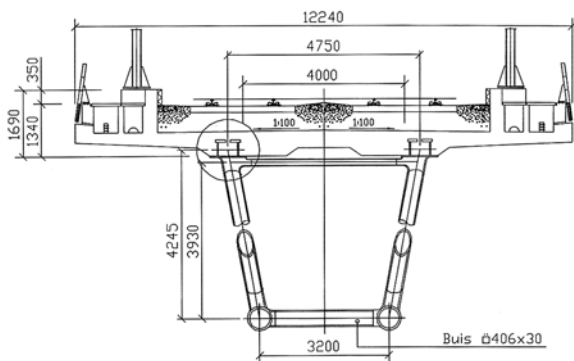
Bij het ontwerpen van lange bruggen moet, op die plaatsen waar de pijlerplaatsing niet bepaald wordt door onderliggende infrastructuur of andere omgevingseisen, een zo gunstig mogelijke overspanningslengte worden bepaald. In Nederland werden in het verleden voor de aanbruggen van rivieroverbruggingen stalen bruggen toegepast met een pijlerafstand van meestal circa 60 m. Bij latere vervangingen en uitbreidingen van de rivieroverbruggingen was als gevolg van de aanwezigheid van de bestaande pijlers de pijlerafstand van circa 60 m meestal een vast gegeven. Bij de vele bruggen die de laatste jaren in Frankrijk zijn gebouwd, wordt bij vergelijkbare omstandigheden zoals die in Nederland voorkomen, veelal een pijlerafstand toegepast tussen de 40 m. en 50 m. Het is natuurlijk niet praktisch om bij het opzetten van de varianten een zeer groot aantal verschillende pijlerafstanden mee te nemen. Om het aantal varianten te beperken zijn in de varianten-

vergelijking slechts 3 overspanningslengten betrokken, namelijk 58 m, 45 m en 33 m. Het gaat daarbij nog niet om de exacte maat van de overspanning maar de drie genoemde overspanningen staan voor een gebied van overspanningen met soortgelijke karakteristieken. Uit ervaring kan gesteld worden dat een pijlerafstand van meer dan 60 m. economisch geen goede oplossing is. De pijlerafstand van 58 m. is in de vergelijking betrokken omdat een pijlerafstand van circa 60 m. in Nederland veel voorkomt en omdat in de beschouwde overbrugging al aanbruggen aanwezig zijn met een overspanning van 58 m. De pijlerafstand van 45 m is in de vergelijking betrokken omdat de ervaringen in het buitenland aangeven dat toepassing van deze maat een economisch goede oplossing is. De pijlerafstand van 33 m. is meegenomen omdat deze maat overeenkomt met de maximaal toelaatbare deklengte voor het geval van (langelast) spoor met ingegoten spoorstaven.

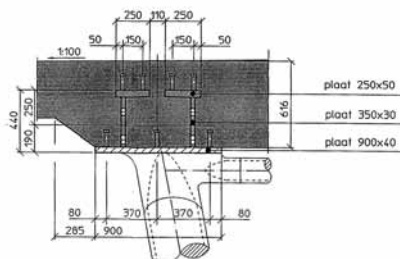
Voor overbruggingen waarbij de aanbruggen in het vrije veld gebouwd kunnen worden is, een lengte van 40 à 45 m. de meest economische maat voor de overspanning. Bij het maken van de kostenindicatie is echter gebleken dat in het Oosterbeek project het aandeel van de pijlers in de kostenopstelling veel groter is dan in het geval van bouwen in het vrije veld. Om de pijlers te kunnen bouwen in het in dienst zijnde baanlichaam is het toepassen van hulpbruggen, lange damwanden en aangepast heiwerk nodig. Dit hulpwerk is kostbaar en de vele benodigde buitendienststellingen in verband met bijvoorbeeld het heien van de damwandschermen, zullen een verlenging geven van de uitvoeringstijd en een economische uitvoering in de weg staan. Gesteld kan worden dat door het grotere aantal pijlers dat in het in dienst zijnde baanlichaam gemaakt moeten worden (2 pijlers extra) de varianten met een overspanning van 45 m. circa 10% duurder zullen zijn dan de soortgelijke varianten met een overspanning van 58 m. Bij de varianten met aanbruggen met een overspanning van 33 m. is bijna een verdubbeling van het aantal pijlers nodig, wat in dit project in verband met het moeten bouwen van de pijlers in het in dienst zijnde baan-



Aanzicht van de nieuwe aanbruggen.



Dwarsdoorsnede nieuwe aanbruggen.



Verbinding betonnen bovenflens met vakwerk van stalen buizen.

lichaam zeer nadelig zou zijn. Ingeschat wordt dat de varianten met een pijlerafstand van 33 m. daardoor circa 30% duurder zullen zijn dan soortgelijke varianten met een pijlerafstand van 58 m. Na alle afwegingen is uiteindelijk gekozen voor een pijlerafstand van 58 m.

Materiaalkeuze en dwarsdoorsnede

In de variantenvergelijking is voor alle in beschouwing genomen overspanningslengten de oplossing met betonnen aanbruggen en met aanbruggen van staal-beton meegenomen. Voor de overspanning van 58 m. is tevens de oplossing met stalen aanbruggen meegenomen omdat in de overbrugging reeds stalen aanbruggen aanwezig zijn. Met betrekking tot het statisch systeem kan gekozen worden uit statisch bepaalde liggers en statisch onbepaalde liggers. De keuze hieruit heeft invloed op het spoorstelsel in langsricting. Daarop wordt in dit artikel niet nader ingegaan. De uiteindelijk gekozen variant gaat uit van achter elkaar liggende statisch bepaalde aanbruggen. De keuze met betrekking tot de vorm van de dwarsdoorsnede is onder andere afhankelijk van de overspanningslengte, het statisch systeem en de materiaalkeuze van de aanbruggen. Voor de betonnen aanbruggen zijn de balkbrug met meerdere geprefabriceerde balken, de ter plaatse in het werk gestorte dubbel T-brug (balkbrug met 2 betonnen balken) en de kokerliggerbrug in de beschouwing meegenomen. Voor aanbruggen van staal-beton zijn in de beschouwing meegenomen: de dwarsdoorsnede bestaande uit een betonnen bovenflens met daaronder twee I-vormige stalen balken met gesloten lijven, de dwarsdoorsnede bestaande uit een betonnen bovenflens met daaronder een stalen kokervormige ligger en een oplossing waarbij de onder de betonnen bovenflens liggende stalen liggers zoveel mogelijk dezelfde vorm hebben als bij de bestaande (vak-werk)aanbruggen.



Einde vakwerklijger met zwaardere diagonalen.

Uiteindelijk gekozen variant

De varianten zijn met elkaar vergeleken op het aspecten geluid, doorlooptijd van de uitvoering, uitvoeringskosten, onderhoudskosten, risico's met betrekking tot de uitvoeringsplanning en vormgeving.

Bij de vergelijking van de varianten bleken de varianten met een pijlerafstand van 33 m. en/of een volledig stalen dwarsdoorsnede geen goede oplossing te zijn en waren er geen grote verschillen tussen de overige varianten aan te geven. Er is wel een lichte voorkeur voor de variant met de pijlerafstand van 58 m. en staal-betonnen brugdek. De uiteindelijke variant heeft de volgende karakteristieken: In totaal wordt circa 400 m. aardebaan vervangen door zeven aanbruggen met een lengte van 58 m. Het betreft staal-beton bruggen met een betonnen bovenflens en een stalen gedeelte aan de onderzijde. Het stalen ondergedeelte bestaat uit een vakwerk.

Vorm van de dwarsdoorsnede

Bij het ontwerp van de brug heeft de beperking van de geluidsafstraling van de brug een grote rol gespeeld. De brug moet namelijk voldoen aan de eis dat het geluidsniveau van het nieuwe spoor en de nieuwe brug niet hoger mag zijn dan de uitgangssituatie met het spoor op de aarde baan. Uit geluidsmetingen is gebleken dat aan deze eis wordt voldaan. De dwarsdoorsnede bestaat uit een betonnen bovenflens en een onderliggend vakwerk. Bij het ontwerpen van het onderliggende stalen vakwerk moeten gefundeerde keuzes gemaakt worden met betrekking tot onder andere de vorm van de onderrand en de diagonalen, de richting van de diagonalen, het wel of niet toepassen van staanders, de verticale stand van de zijvlakken en de horizontale dwarsverbindingen. Bij het bepalen van de richting van de diagonalen is (in verband met



Montage van nieuwe bruggen naast de bestaande spoorbaan.



Afgemonteerde vakwerkbrug op de definitieve pijlers.

de uitvoeringskosten) gestreefd naar een vorm met zo min mogelijk knopen. Een steilere hoek dan de in het ontwerp gekozen hoek geeft meer vakwerkvlakken en daardoor meer knopen. Een flauwere hoek geeft minder vakwerkvlakken maar de vakwerk lengte wordt dan zodanig dat verticale staanders nodig zijn van de knopen in de onderrand naar de bovenrand. Ook dit resulteert dan in meer knopen. Aan de uiteinden van het vakwerk is een zwaardere einddiagonaal noodzakelijk. Tevens is ter plaatse van de oplegging een verticale staander noodzakelijk. De zijvlakken van het vakwerk staan niet verticaal maar onder een hoek. De hoek van de vlakken is bepaald door aan de bovenzijde uit te gaan van een zo gunstig mogelijke ondersteuning in dwarsrichting van de bovenflens en aan de onderzijde de stabiliteit van de brugconstructie te beschouwen. De trekkrachten in dwarsrichting die door de schuine stand van de vakwerkvlakken aan de bovenzijde van het vakwerk ontstaan, worden niet opgenomen door de betonnen bovenflens maar door ronde trekstaven. Het vakwerk bestaat uit vakwerkstaven en vakwerkknopen. Het ontwerp van het vakwerk is zodanig dat er zo min mogelijk verschillende knoopsoorten zijn. In het algemeen ontstaan de vakwerkknopen op de plaats waar de vakwerkstaven aan elkaar worden gelast. Het is echter ook mogelijk om de vakwerkstaven aan een geprefa-

briceerde vakwerkknoop te lassen. Die geprefabriceerde vakwerkknoop wordt dan uit gietstaal gefabriceerd. Uit een kostenvergelijking tussen gegoten knopen en in elkaar gelaste knopen bleek dat het toepassen van gegoten knopen economisch interessant is vooral omdat de gietstukken zeer gestandaardiseerd kunnen zijn. Ook kunnen door de afgeronde vormen van de gegoten knopen spanningspieken eenvoudig vermeden worden. In het bestek is uit gegaan van gegoten knopen. Het toepassen van in elkaar gelaste knopen is ook een reële optie alhoewel de detaillering daarvan niet is beschouwd. In het bestek was deze optie wel als alternatief toegestaan. Om het mogelijk te maken in de gebruiksfase de brug op te kunnen vijzelen worden de eindknopen voorzien van een extra oplegvlak. Deze verschoven oplegging die een verzwaring van de eindknoop geeft, is ook gebruikt als tijdelijke oplegging in de uitvoeringsfase.

De dwarsdoorsnede is zodanig vormgegeven dat deze de toepassing van staal-beton accentueert. Bij de toepassing van een stalen ondergedeelte in de vorm van een vakwerk is voor de krachtwerving tijdens de uitvoeringsfase een bovenrand nodig. Als de betonnen bovenflens boven op de bovenrand van het vakwerk wordt aangebracht, oogt het geheel als een stalen vakwerkbrug met een betonnen rijvloer. Om dit te voorkomen, is samen met de architect een zodanige dwarsdoorsnede ontworpen dat uit de constructie is af te lezen dat de betonnen bovenflens meewerkt in de krachtwerving in langsrichting. De vakwerkstaven lopen als het ware de betonnen bovenflens in. De benodigde bovenrand is geheel in de betonnen flens opgenomen.

Uitvoeringswijze

In verband met het zoveel mogelijk moeten beperken van de invloed van de uitvoering op de treinexploitatie zijn de brugdekken buiten de spoorbaan gemaakt. Hierbij kan gedacht worden aan een plaats langs de spoorbaan zodanig dat de brugdekken alleen zijdelings behoeven te worden verschoven. Het inschuiven van de aanbruggen in de spoorbaan is uitgevoerd in buitendienststellingen met een tijdsduur van circa 52 uur. Het stalen gedeelte van de aanbruggen is in de staalfabriek gefabriceerd en vervolgens over water vervoerd naar de bouwplaats. Op de bouwplaats zijn de stalen brugdelen (met een lengte van 58 m.) m.b.v. Strassenrollers naast de spoorbaan geplaatst, zodanig dat na het storten van de betonnen bovenflens en de verdere voltooiing van de bruggen deze alleen zijdelings verplaatst hoeven te worden. In het middengedeelte van de dwarsdoorsnede (het gedeelte tussen de vakwerkvlakken) is voor het storten van de betonnen bovenflens gebruik gemaakt van breedplaatvloeren als verloren bekisting. Voor de bekistingondersteuning van de zij-uitkragingen van de betonnen bovenflens is de onderrand van het stalen vakwerk gebruikt.

Het werk is uitgevoerd door de combinatie H3O waar de 3 H's staan voor Haverkort, Hegeman en Herema en de O voor Oosterbeek. Het stalen ondergedeelte van de brug is gemaakt in de staalfabriek van Grootint. Het inschuiven is verzorgd door de firma de Boer. Het ontwerp van de bruggen de directievoering is verzorgd door Holland Railconsult.

DE PRINS CLAUS BRUG TE UTRECHT

Ir. C. L. Kamp, Projectmanager ontwerp, Holland Railconsult

Inleiding

De in 2003 geopende Prins Claus brug te Utrecht is een asymmetrische tuibrug met een hoofdoverspanning van 150 m. over het Amsterdam-Rijnkanaal, een zijoverspanning van circa 80 m. en twee aanbruggen van circa 37,5 m. De 90 m. hoge, achterover hellende pyloon met zijn steeds wijzigende doorsnede trekt samen met het boeiende lijnenspel van de tuien sterk de aandacht van de weggebruikers op de A2 en de A12 nabij verkeersplein Oudenrijn. Het architectonische ontwerp is van UN Studio. De brug is gebouwd in opdracht van de gemeente Utrecht door de aannemerscombinatie Papendorpse Brug v.o.f., gevormd door Victor Buyck Steel Constructions te Eeklo (B) en CFE beton- en waterbouw te Dordrecht. Het betrof een 'Design and Construct' opdracht waarbij het definitief constructief ontwerp, de detailengineering, de berekening van de bouwfasering en de diverse trillingsanalyses zijn verzorgd door Holland Railconsult in samenwerking met Wüst Rellstab Schmid te Schaffhausen. Zoals wel vaker voorkomt was de ontwerpvrijheid ondanks het Design & Constructcontract vrijwel nihil, zelfs in gevallen dat constructieve aanpassingen hoogst wenselijk waren.

Hoofdconstructie

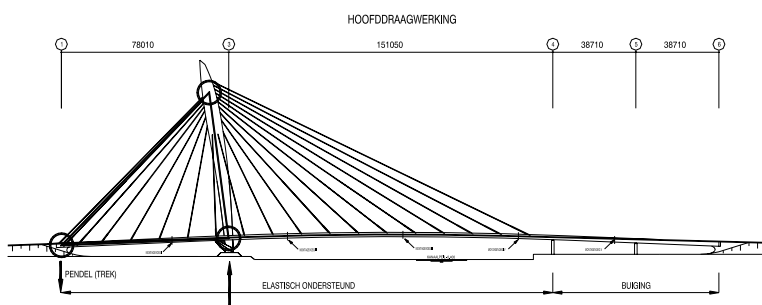
De brug bestaat uit een staalbetonnen rijvloer die in de hoofdoverspanning en de zijoverspanning ondersteund wordt door in totaal 19 tuiparen (afb. 1). Het draagsysteem van de aanbruggen is anders, dit gedeelte van de brug bezit geen tuien en draagt als buigligger. De brug is opgelegd op in totaal 5 steunpunten, met de pyloon als vast punt.

De hoofddragconstructie is in afb. 2 weergegeven. Door de asymmetrische vorm is de brug niet intern in balans, en moet de pyloon nabij zijn top vastgehouden worden. Dit gebeurt door de zware achterste vier tuien welke niet zoals de overige tuien de rijvloer dragen, maar ertoe dienen de pyloon aan het landhoofd te fixeren. Dit gebeurt indirect. De tuien zijn aan de rijvloer bevestigd en deze laatste is met een verticale pendelconstructie met het landhoofd verbonden. De grote trekkrachten die de brug hier op het landhoofd uitoefenen worden opgevangen door het gewicht van het landhoofd, aangevuld met trekpalen. Een verder gevolg van de asymmetrie is dat de rijvloer horizontaal tegen de pyloon afgesteund moet worden; de som van de langscomponenten van de tuikrachten in de hoofdoverspanning is per definitie groter dan die van de tuikrachten in de zijoverspanning.

In afb. 3 is de pendel onder het landhoofd te zien en in afb. 4 en 5 de afstempeling van de rijvloer tegen de pyloon. Ook in dwarsrichting wordt de pyloon gestabiliseerd



1. Prins Clausbrug te Utrecht.



2. Schematekening Prins Clausbrug.

door een aantal tuien. Het constructieprincipe is vergelijkbaar met dat van een scheepsmast. Ter hoogte van de pyloon bevindt zich onder de rijvloer een tweetal armen verbonden met een dwarsbalk. Het geheel kreeg al snel de bijnaam paperclip. De rijvloer is hieraan aan de buitenzijde bevestigd met voorgespannen opleggingen die zowel trek als druk kunnen opnemen. Door het systeem tuien- opleggingen- paperclip wordt de pyloon in dwarsrichting gestabiliseerd. Ook hier dienen de tuien dus niet alleen maar voor het ondersteunen van de rijvloer. Het is zelfs zo dat de pyloon niet tot de volle hoogte kon worden gemonteerd voordat de vier ernaast gelegen tuiparen waren aangebracht. Dit was een direct gevolg van de voorgeschreven, zeer smalle doorsnede van de pyloon ter hoogte van de rijvloer.

Pyloon

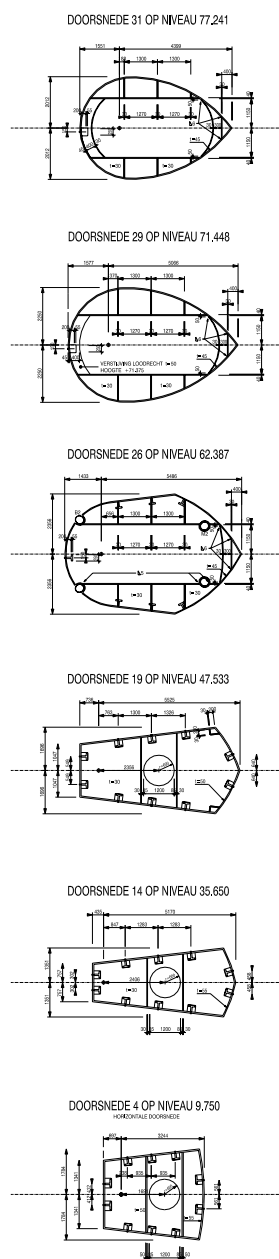
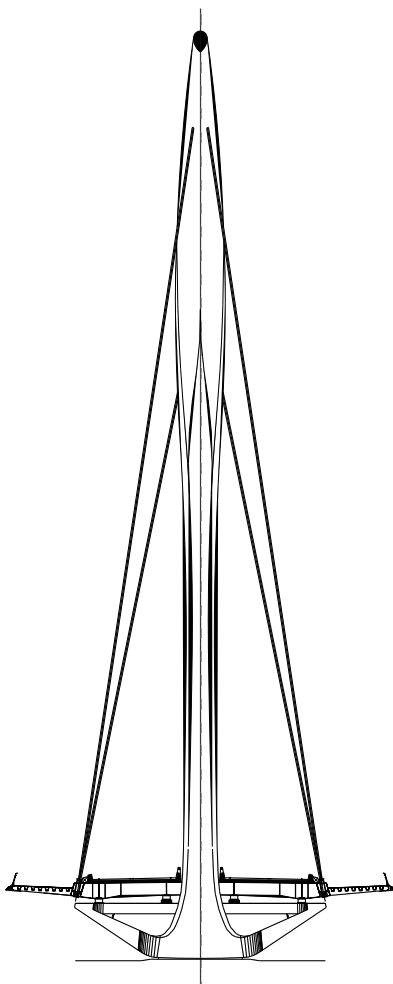
De vorm van de doorsnede van de pyloon varieert continu over de hoogte, zoals op de tekeningen in afb. 6 wordt geïllustreerd. De dragende buitenhuid en de verticale verstijvingribben moesten in staalkwaliteit S460 worden uitgevoerd om de dikte van de platen met 55 millimeter nog enigszins beperkt te houden, hetgeen ook wel nodig was in verband met zowel het buigen van de buitenhuid in de gewenste vorm alsook met het buiten uit te voeren laswerk om de pyloonsecties onderling te koppelen. Gezien al het ingewikkelde laswerk is al snel besloten thermomechanisch gewalst staal toe te passen. Door de steeds wijzigende vorm moesten de verticale verstijvingribben en de op elke 3 m. toege-



4. Afstempeling van de rijvloer tegen de pyloon.



3. Pendel onder het landhoofd.



6. Dwarsdoorsneden van de pyloon.

5. Dwarsdoorsnede

paste horizontale schotten gedimensioneerd worden op forse krommingdrukken, in aanvulling op de gebruikelijke stabiliseringskrachten. Voor de verticale ribben konden door de gekromde huid geen caissonprofielen worden gebruikt, en zijn gelaste T- secties toegepast die minder efficiënt zijn. De tuien zijn verankerd in korte gedrongen balken welke aan beide zijden zijn bevestigd aan circa 20 m. hoge doorgaande verticale schotten. In dit gedeelte van de pyloon konden geen horizontale schotten worden toegepast om de beide zijden van de pyloon met elkaar te verbinden en is hun functie overgenomen door de tuiverankeringen. De afb. 7 geeft een duidelijk beeld van deze constructie, en tegelijk van de zeer beperkte ruimte waarin men heeft moeten werken tijdens de bouw.

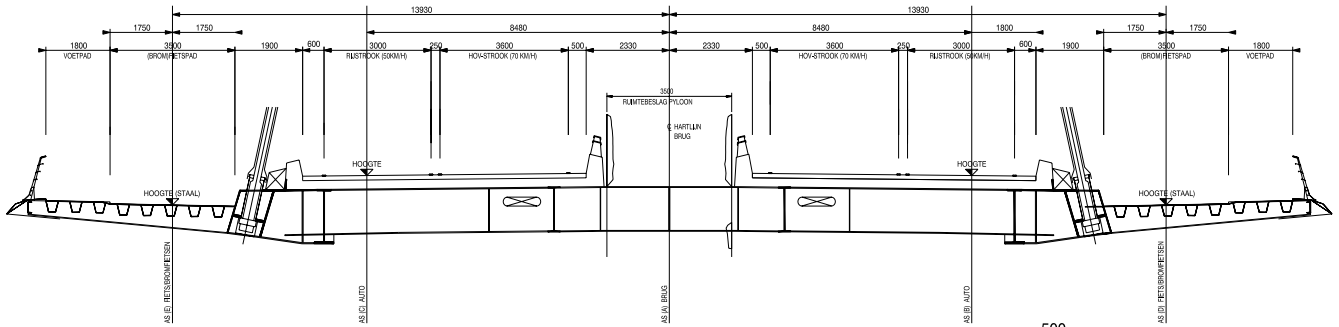
Rijvloer

Vergeleken met de pyloon is de opbouw van de rijvloer relatief eenvoudig. De constructie bestaat uit een staalbetonconstructie met een stalen balkrooster en twee betonnen rijvloeren, en uitkragende fiets- en voetpaden die als orthotrope plaat zijn uitgevoerd (afb. 8). Tussen de rijvloerhelften bevindt zich over de volle lengte van de brug een spleet die slechts door de dwarsdragers wordt overbrugd, waarin ook de pyloon is geplaatst. De tuien zijn in een strook tussen rijvloer en fietspad geconcentreerd. Door het grote aantal tuien dat is toegepast wordt de rijvloer zeer gelijkmatig ondersteund en kan de hoogte van de hoofdliggers beperkt blijven tot 1250 (binnenste liggers) respectievelijk 1500 millimeter (buitenste liggers) – een wereld van verschil met de nabij gelegen Galecopperbrug in de A12. Alleen in de aanbruggen, die omdat zij geen tuien bezitten puur als balkliggerbrug werken moeten alle vier de hoofdliggers 1500 millimeter hoog zijn. De staalkwaliteit van de rijvloer is S355, met uitzondering van een kort stukje in kwaliteit S460 bij het steunpunt dat tegenover de pyloon aan het kanaal is gelegen. Hier is enerzijds de ondersteuning door de tuien weinig efficiënt en bevindt zich anderzijds de overgang naar de aanbruggen, en treedt door dat alles een wat hoger negatief moment op.

De betonnen rijvloer is opgebouwd uit geprefabriceerde betonnen vloerplaten met een dikte van circa 13 cm. waarop een 12 cm. dikke druklaag is gestort. Zowel van het prefab beton als van de druklaag is de betonkwaliteit B55. Door het toepassen van geprefabriceerde platen verviel de noodzaak bekisting toe te passen, wat vooral boven het kanaal een groot voordeel was.

De randstroken met de tuiverankeringen (afb. 9) zijn volledig in het werk gestort. Hier is de bovenflens van de buitenste hoofdliggers doorgezet als stalen plaat met deuvels om een goede krachtoverdracht van de tuikrachten naar de rijvloer te verkrijgen. Als bijkomend voordeel verviel ook hier de noodzaak een bekisting toe te passen.

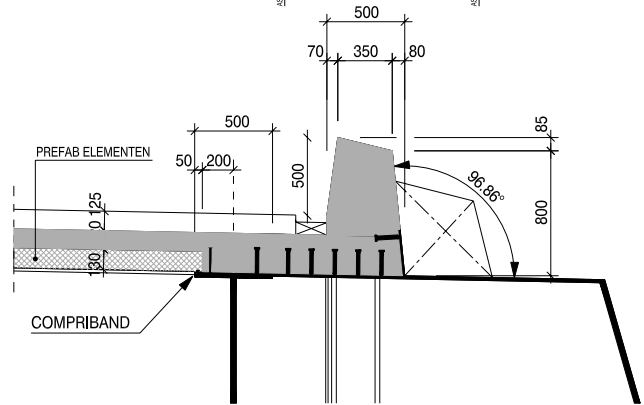
De vraag of een betonnen rijvloer zinvol is moet van geval tot geval worden bekeken. Ook bij een staalbeton constructie zal de brug immers altijd zwaarder zijn dan indien een stalen rijvloer wordt toegepast. Bij grote overspanningen is beton dan ook geen logische keuze. Bij middelgrote overspanningen zoals bij deze brug zijn er echter duidelijke voordelen, want een hoger gewicht



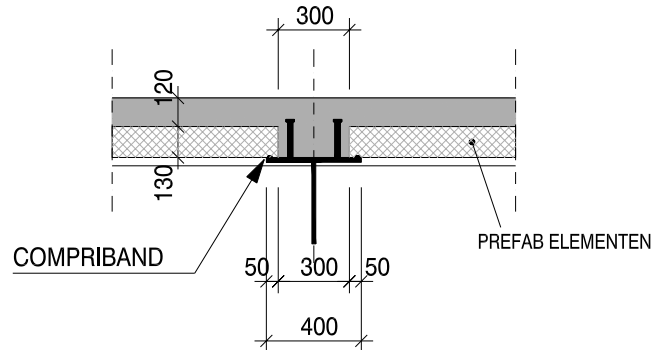
8. Dwarsdoorsnede rijdek.



7. Verticale schotten in de pyloon.



9. Randstroken met tuiverankeringen.



10. Voeg tussen prefab elementen.

is lang niet altijd een nadeel. Genoemd worden onder andere:

- Het incasseringsvermogen bij overbelasting van een betonnen rijvloer is groter dan dat van een stalen rijvloer; de brug wordt daardoor meer toekomstvast
- Door het hogere gewicht zal de tudoorsnede groter worden en neemt de stijfheid van de brug toe.
- De brug zal minder trillingsgevoelig zijn.
- De rimpel in de tuikrachten door verkeersbelasting en windbelasting neemt af.
- De tuikrachten variëren minder sterk tijdens de bouw, wanneer deze door de montagefasering sterk kunnen afnemen en terdege rekening gehouden moet worden met slip van de tuiverankeringen.
- Het aanbrengen van de rijvloer maakt deel uit van de fasering en geeft daarmee een extra vrijheidsgraad waarmee de montage fijner kan worden afgestemd.

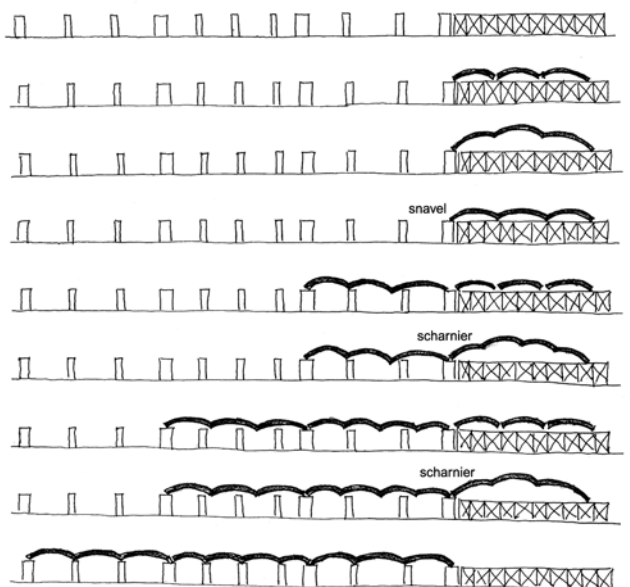
Wel is een grotere mate van coördinatie nodig tussen staal- en betonbouw, dan gebruikelijk is en zal een staalbouwer het wel altijd irritant blijven vinden te moeten wachten totdat beton voldoende is uitgehard.

Bij het ontwerp en de detaillering van de rijvloer moeten een aantal punten in de gaten worden gehouden die steeds weer bij staalbeton constructies met prefab elementen opduiken. Genoemd worden om te beginnen een zorgvuldige afstemming van het deuvlaster op

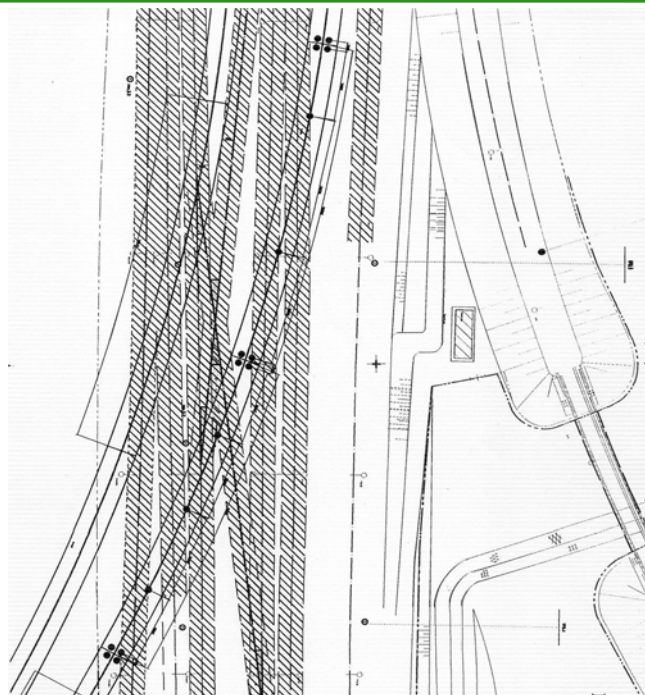
de wapeningsverdeling. Verreweg het eenvoudigste is een vast raster over de gehele brug toe te passen, met gelijke maaswijdte in beide richtingen. Door variatie van staafdiameters is er dan nog steeds voldoende mogelijkheid een optimale wapening te bepalen, terwijl de kans op afstemmingsproblemen tussen staalbouw en betonbouw drastisch is verkleind. Verder moet gezorgd worden voor een voldoende brede voeg tussen de prefab elementen (afb. 10). Hier moet voldoende plaats zijn voor het opleggen van de prefab platen op de flenzen, voor de deuvlaster, voor de door koppeling van de wapening, en moet bovendien het beton van de natte voeg goed verdicht kunnen worden. De breedte van de bovenflenzen van de staalconstructie mag om deze reden niet te krap worden gekozen, en zal vrijwel altijd groter moeten zijn dan uit een sterkteberekening volgt – de bovenflenzen liggen immers vlak bij de neutrale lijn van de samengestelde doorsnede. Het toepassen van gewalste liggers met hun maximale flensbreedte van 300 mm. is om deze reden niet aan te bevelen. Een ander punt van aandacht zijn de mogelijkheden van transport van de prefab elementen naar de bouwplaats. Indien deze beperkt zijn zoals bij transport over de weg vaak het geval is, moeten kleinere elementen worden toegepast en dus wellicht de dwarsdragerafstand van de brug worden verkleind.

STAAL-BETON BIJ DE HEMBOOG IN AMSTERDAM

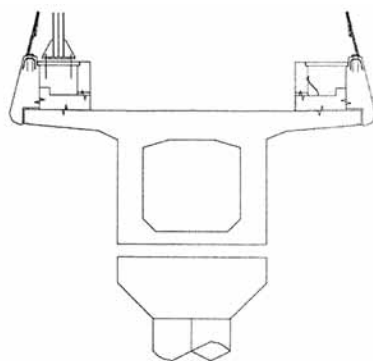
ing. G.M.M. Touw, Holland Railconsult



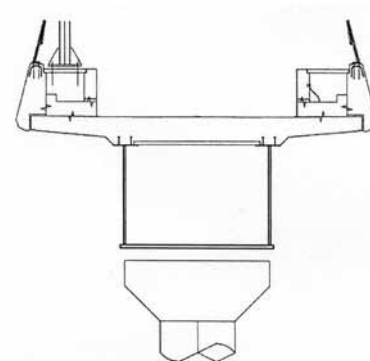
Links: Volgorde lanceren
Rechts: Pijlerplaatsing



Inhijsen brugdeel van circa 30 meter.



een doorsnede van beton



een doorsnede van staalbeton

Project Hemboog

De Hemboog is een spoorverbinding tussen de sporen van Zaandam (via Sloterdijk) en Amsterdam Centraal Station en tussen Amsterdam Centraal Station via Sloterdijk en de Westtak naar Schiphol. Deze aftakking maakt het mogelijk voor de reizigers uit Noord-Holland rechtstreeks naar Schiphol en verder te reizen. Tevens zorgt de Hemboog voor een capaciteitsuitbreiding van het spoorwegnet in de randstad. Het totale traject van de Hemboog beslaat zo'n 3300 m. waarvan ca. 2200 m. uit spoorviaducten bestaat. Het ca. 2,2 kilometer lange kunstwerkgedeelte van de Hemboog kent verschillende brugtypes. Afhankelijk van de plaats en de situatie zijn dit enkelsporige of dubbelsporige betonnen plaatbruggen, kokervormige staal-betonbruggen of betonnen trogbruggen. Wat betreft de staal-betonbruggen gaat het om een totale lengte van ca. 500 m. verdeeld in 7 dekken waarvan de langste 91,5 m. is.

Kokerligger van staal-beton

In het gebied van de kruising met de Haarlemse en Zaanse sporen is er vrijwel geen ruimte om pijlers te plaatsen.

Behalve met de bestaande sporen moet rekening gehouden worden met de diverse toekomstplannen. Als alle bestaande sporen en toekomstige plannen worden ingetekend krijg je het beeld zoals in de bovenstaande situatietekening is weergegeven. Hierbij zijn de gearceerde gebieden gereserveerd voor sporen en zijn niet beschikbaar voor de plaatsing van pijlers. De ontwerpen van de sporensituatie en de brug moesten in nauwe onderlinge samenwerking tussen de constructeurs van de kunstwerken en de spoorontwerpers plaatsvinden. Dit was een zeer intensief ontwerpproces omdat bijvoorbeeld een vraag om 10 centimeter meer ruimte tussen twee sporen voor de plaatsing van een pijler een slechts kleine verschuiving in dwarsrichting van een (al of niet toekomstig) spoor betekende maar dit toch het hele emplacement weer op z'n kop zette omdat door die geringe verschuiving de wissels in langsrichting weer enkele meters moesten verschuiven. Uiteindelijk is er toch een oplossing gevonden, maar de vrijheid in keuze van de ondersteuning van het over de sporen gaande viaduct was zeer beperkt. Die beperkingen dwongen het ontwerp naar een kokerligger.



Lanceerplatform van bovenaf gezien.

Bij een kokerligger kan gekozen worden tussen een betonnen kokerligger of een kokerligger van staal-beton. Een betonnen kokerligger is wanneer alleen naar de materiaalkosten wordt gekeken goedkoper dan een staal-betonnen kokerligger maar de laatste heeft grote voordelen bij de uitvoering omdat allerlei hulpwerk niet nodig is voor de bekisting van het beton. Dat vertaalt zich niet alleen in lagere kosten maar ook in minder benodigde buitendienststellingen van het spoor. Nadat namelijk het stalen ondergedeelte van de brug over het spoor is aangebracht, kan de betonnen bovenflens worden gestort op het stalen ondergedeelte zonder dat daarvoor ondersteuning tussende de sporen geplaatst behoeven te worden. De oplossing met staal-betonnen kokerliggers is voor de situatie van de kruising over de sporen economischer gebleken dan betonnen kokerliggers.

De staal-beton dekken zijn samengesteld uit een betonnen bovenflens en een U-vormige stalen koker. De totale hoogte van het brugdek bedraagt 2,64 m. Het materiaal staal is zeer geschikt om trekkrachten op te nemen, het goedkopere beton kan eigenlijk geen trekkrachten opnemen maar wel drukkrachten. In een staal-beton brug wordt het materiaal op die plaats ingezet waar hij het beste tot zijn recht komt. Het is dus een brug die zijn draagkracht ontleent aan een stalen gedeelte wat de trekkrachten opneemt en een betonnen gedeelte voor de drukkrachten.

Op z'n plaats brengen van het stalen ondergedeelte van de dekken

De uitvoeringswijze van de bruggen is zodanig dat eerst het stalen ondergedeelte van de bruggen op z'n plaats wordt gebracht en vervolgens de betonnen bovenflens wordt gestort waarbij dan het stalen ondergedeelte als bekistingondersteuning wordt gebruikt. Het stalen ondergedeelte kan door hijskranen worden ingehesen maar 'lanceren' is ook een goede oplossing. Voor het inhijzen zijn zeer grote kranen nodig en in de situatie van de Hemboog is er weinig ruimte beschikbaar voor de plaatsing van die grote kranen. Bij de Hemboog is het stalen ondergedeelte dan ook door middel van 'lanceren' op zijn plaats gebracht. Met 'lanceren' wordt bedoeld het in zijn langsricting verplaatsen van een constructieonderdeel. Het ontwerp van het spoortracé en de detaillering van de bruggen waren erop gericht om het lanceren van de bruggen over de in dienst zijnde NS-sporen mogelijk te maken.

De lengte van de brugdekken is circa 90 m. en vanwege die grote lengte is in de staalfabriek het staalgedeelte van die brugdekken in drie moten vervaardigd. Na het transport over de weg zijn de moten op de bouwplaats aan elkaar gelast tot een brugligger van circa 90 m. De stalen brugliggers zijn vervolgens in hun langsricting over de in dienst zijnde NS-sporen geschoven. Bij het lanceren is aan de voorzijde een 'snavel' nodig. Dit is



Overzicht van de Hemboog in aanbouw.

een constructie met een doorsnede die lichter is dan de brugdoorsnede zelf zodat de krachswerking in de brug als gevolg van het overstek aan de voorzijde niet te groot wordt. Ook is het zo dat door de ongunstige krachswerking van het overstek het brug-uiteinde aan de voorzijde naar beneden gaat doorbuigen. In de snavel is aan de voorzijde een vijzelconstructie aangebracht voor de verticale richting. Zodra de voorzijde van de snavel een volgende pijler bereikt, zorgt de vijzelconstructie ervoor dat de onderzijde van snavel en brug weer in de goede lijn liggen.

De moten van 30 m. worden samengesteld tot een brugliggers met lengtes van circa 90 m. op het zogenaamde lanceerplatform. Vanaf dat lanceerplatform wordt de brugligger gelanceerd. Na het lanceren van de eerste brugligger van circa 90 m. is er op het platform weer ruimte om de volgende brugligger van circa 90 m. in elkaar te lassen. Vervolgens wordt tussen het reeds gelanceerde bruggedeelte en het bruggedeelte op het lanceerplatform een tijdelijk scharnier aangebracht en worden vervolgens de 2 bruggen van 90 m. over een afstand van 90 m. verder gelanceerd. Na het in elkaar lassen van de derde brugligger wordt ook tussen de tweede en derde ligger een tijdelijk scharnier aangebracht en worden de 3 brugliggers met een totale lengte van circa 250 m. naar hun definitieve plaats gelanceerd. Na het verwijderen van de tijdelijke scharnieren kunnen de betonnen bovenflenzen worden gestort.

Afvijzelen van de tussensteunpunten

Bij staal-beton bruggen ontstaan er door verschillende oorzaken trekspanningen in de bovenflens en vooral

boven de tussensteunpunten zijn deze trekspanningen groot als gevolg van de steunpuntmomenten. Om deze trekspanningen te beperken zijn de brugdekken gemaakt op tijdelijk verhoogde tussensteunpunten. Na het storten en het verharderen van het beton zijn de tussensteunpunten van de bruggen naar beneden afgevijseld waardoor een drukkracht in het beton ontstaat. De hoogte waarover de tussensteunpunten worden afgevijseld is zodanig bepaald dat de drukkracht door het afvijselen even groot is als de trekkracht ten gevolge van de krachswerking door het eigen gewicht en de krimp. De uitvoeringswijze van het storten van de betonnen bovenflens is dan ook als volgt:

Zodra een stalen brugligger op zijn plaats ligt, worden de tussensteunpunten ervan circa 160 millimeter opgevijseld waarbij de eindsteunpunten op hun plaats blijven. De brugligger krijgt hierdoor in het verticale vlak een bolle vorm. In deze vorm is de brugligger ook gefabriceerd zodat deze vorm voor de ligger geen extra spanningen geeft. Hierna wordt het beton van de bovenflens gestort en na een verhardingstijd van circa 28 dagen worden de tussensteunpunten weer naar beneden afgevijseld naar hun definitieve positie. Door deze opgelegde vervorming ontstaat een krachswerking in de staal-beton doorsnede waarbij in de betonnen bovenflens een drukkracht ontstaat.

De opdrachtgever van het project was ProRail. Het ontwerp en de directievoering is verzorgd door Holland Railconsult. Het werk is uitgevoerd door de combinatie Heijmans - Ballast-Nedam; het lanceren van de stalen liggers is verzorgd door Heijmans verplaatsingstechniek.



Snavel tijdens lanceren.



Brugdeel klaar voor lanceren.



Duwvijzels en bedieningsruimte.



Snavel en vijzelinrichting.



Transport van brugdeel.



Duwinrichting achterzijde tijdens lanceren.



Eindresultaat



Doorsnede stalen onderconstructie tijdens de fabricage.

NIEUWE BOOGBRUG OVER HET TWENTEKANAAL NABIJ EEFDE

Auteurs:

drs. F.A. van Loenen:

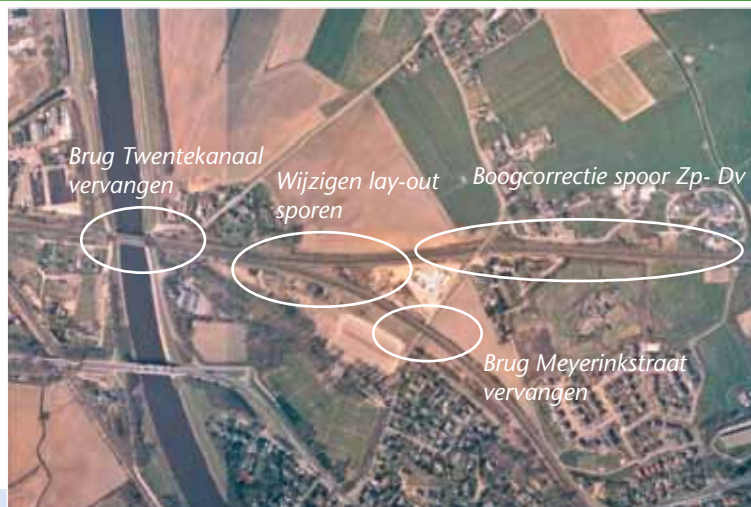
Projectmanager ProRail regio noordoost te Zwolle

ing. J.H.A. Tempelman:

Projectmanager Holland Railconsult te Utrecht

ing. B.H. Hesselink:

Adviseur/constructeur Holland Railconsult te Utrecht



Situatietekening



Overzicht oude overbrugging vanaf de noord-oostzijde richting de westzijde.



Uitnemen oude spoorbrug. (Foto: Martin Uitvlugt)

Inleiding

De aanleiding voor het vervangen van de spoorbruggen over het Twentekanaal nabij Eefde is het voornemen van ProRail om het baanvak Arnhem - Deventer geschikt te maken voor treinen met hogere aslasten. Het verhogen van de aslasten maakt deel uit van een landelijk programma, genaamd D4/V100, dat wordt gerealiseerd om in de toekomst met zwaardere goederentreinen te kunnen rijden. D4 staat voor een aslast van 22,5 ton en V100 voor een gemiddelde baanvaknelheid van 100 km./uur. De aanpassing van het baanvaak heeft niet alleen gevolgen voor het spoor en de baan, maar ook voor de kunstwerken, zoals bruggen en viaducten.

De oude overbrugging over het Twentekanaal, bestaande uit twee naast elkaar gelegen enkelsporige vakwerkbruggen, voldeed niet aan de nieuwe criteria. Op grond daarvan besloot ProRail in 2000 om deze bruggen te vervangen door een nieuwe dubbelsporige brug met een overspanning van ruim 90 m. ProRail besloot tevens om de spoor situatie nabij de brug te optimaliseren, de doorvaarthoogte ter plaatse van de brug te vergroten met 1 m. en de overbrugging van een onderdoorgang (Meyerinkstraat) in het spoor naar Hengelo te vervangen. Daarnaast diende in het spoor naar Deventer een boogcorrectie te worden toegepast, waardoor de baanvaknelheid voor reizigerstreinen van en naar Deventer kon worden verhoogd van 110 km./uur naar 130 km./uur. Voor de realisering van de boogcorrectie was het noodzakelijk om de brug over de Eefsche Beek

eveneens aan te passen.

Voor de uitvoering van de werkzaamheden zijn twee bestekken aanbesteed, te weten een Integraal Spoorbestek en een bestek Kunstwerken. In het Integraal Spoorbestek zijn de spoor specifieke werkzaamheden opgenomen en in het bestek Kunstwerken het vervangen van de bruggen over het Twentekanaal.

Het bestek Kunstwerken (vervangen bruggen over het Twentekanaal en de Meyerinkstraat en het aanpassen van de brug over de Eefsche Beek) is gerealiseerd door Hollandia en in oktober 2003 aanbesteed voor een aanneemsom van € 7,4 miljoen. De bruggen over het Twentekanaal werden in de week van 1 tot met 6 mei 2005 tijdens een stremming van het treinverkeer van 132 uur vervangen. Tegelijkertijd werden de overige aanpassingen aan de infrastructuur uitgevoerd.

Het Integraal Spoorbestek (uitvoering baan- en spoorwegaanpassing, bovenleiding, beveiliging en kabels en leidingen) is gerealiseerd door BAM en in november 2003 aanbesteed voor een aanneemsom van € 4,6 miljoen.

Historie brug. Situatie tot 1 mei 2005.

De voormalige overbrugging bestond uit twee enkelsporige vakwerkbruggen (54,6 m.) met aan weerszijden vollewandligger aanbruggen (14,2 m.), bouwjaar 1931, gefundeerd op laaggelegen landhoofden en kanaalpijlers. De onderbouw was gefundeerd op staal. Deze overbrugging is eerst in het veld naast de bestaande



Brug met werktrein Railpro. (Foto: Martin Uitvlugt)

lage spoorbaan Zutphen - Deventer gebouwd. Pas na het omleggen van het spoortracé over de gereede bruggen is het Twentekanaal aangelegd. De aanleg van de Twenthekanalen, zoals het project oorspronkelijk heette, was al voor de Eerste Wereldoorlog in voorbereiding. In 1919 is voor de aanleg de Wet op de Twenthekanalen aangenomen. Het doel was de Twentse industrie met het stroomgebied van de Rijn te verbinden. Dat zou zowel de aanvoer van grondstoffen als het transport van eindproducten vergemakkelijken. In sommige vroege stukken werd dan ook voor het hoofdkanaal de term Twenthe-Rijnkanaal gebruikt. Uiteindelijk werden uit het originele plan alleen het hoofdkanaal van Zutphen naar Enschede en een zijkanaal naar Almelo gerealiseerd. In 1921 werd met planning en ontwerp begonnen vanuit een RWS-kantoor in Zutphen. Pas in 1929 was de Rijksfinanciering zover dat men kon gaan uitvoeren. Onder leiding van de project ingenieur dr. ir. L. Wentholt, kwamen toen onder andere de karakteristieke witte betonnen boogbruggen over het gehele kanaal en de twee sluiscomplexen tot stand. Vrij gedurfde ontwerpen in een voor die tijd betrekkelijk nieuwe techniek van gewapend beton.

Voor de plaats van een architect of 'esthetisch' adviseur/vormgever in het toenmalige voornamelijk civieltechnische ontwerpproces, verwijzen wij naar het Hoofdstuk Bruggen in provinciale wegen van de NBS-publicatie 'Bruggen, visie op architectuur en constructie'.

Voor de 'esthetische' inbreng in de kunstwerken Twenthekanaal was ir. D. Roosenburg aangetrokken. De samenwerking met de ontwerpteam en met ir. Wentholt bleek zeer vruchtbaar. Opmerkelijk was de voorziening in de onderbouw van de bruggen om de originele hoogte van 5,5 m. boven kanaalpeil te kunnen opvijzelen naar 7 m., bij gebleken behoefte. Het Twentekanaal is na 1929 aangewezen als werkverschaffingsproject.

Daarom is het eigenlijke kanaal zoveel mogelijk met de hand uitgegraven. Dit om zoveel mogelijk werkeloze mannen in te kunnen zetten. De officiële opening van het kanaal was in augustus 1936, het zijkanaal werd in 1938 opgeleverd.



Zicht over het dek richting Deventer

De spoorbruggen over het Twenthekanaal en de onderbouw, oorspronkelijk ook nog voor een (smalspoor) trambrug, zijn in 1931 gebouwd, voor Rijksrekening, volgens bestek no 1578 HS, Bestek en voorwaarden van de N.V. Maatschappij tot Exploitatie van Staatsspoorwegen te Utrecht. Dit bestek werd aanbesteed op 16 juni 1931 en voor een bedrag van f 96.100,- gegund aan de Firma Begeman. Ook de overige spoorwerken, de verhoging en verlegging van de hoofdbaan Zutphen-Deventer, de nieuwe aansluiting van het spoor uit Hen-gelo op de hoofdbaan en de overbrugging van de spoorlijn Zutphen - Winterswijk - alle veroorzaakt door de aanleg van het Twenthekanaal - kwamen voor Rijksrekening. Tegen het einde van de Tweede Wereldoorlog waren de spoorbruggen doelwit van bombardementen van RAF en 2nd tactical Airforce. Na de Slag om Arnhem in september 1944 en de spoorwegstaking kreeg al het spoortransport een militair karakter en werden de bombardementen verhevigd. De bruggen overleefden miraculeus genoeg alle aanslagen. Het Duitse Oberkommando der Wehrmacht had het Twenthekanaal echter benoemd tot Hauptkampflinie en gaf opdracht alle bruggen over het Twenthekanaal te vernielen. In de nacht van 4 op 5 april, met de Canadese patrouilles al in Zutphen, blies een Sprengmeister van de Pioniere (genie) van de Wehrmacht de bruggen op. Met nog betrekkelijk weinig springstof in voorraad, werd zeer spaarzaam een aantal knooppunten in het midden van de momentenlijn van de vakwerken uiteen geblazen. Dat bleek in ieder geval effectief. Op de oostelijke brug was tot 2005 nog de knik te zien die de hoofdligger op het landhoofd maakte. In de zomer van 1945 is daarna met schaarse en geïmproviseerde middelen, voor een spaarzame toelage uit de 'Wederopbouwpot' en met hulp van de Britse Genie de oostelijke spoorbrug hersteld. Als er maar een verbinding was. De westelijke spoorbrug is uiteindelijk in zomer 1948 hersteld en in gebruik genomen, voor een bedrag van f 77.045,- met f 8.981,-meerwerk. Toegegeven, te laat, het had in het voorjaar moeten zijn, maar er werd geen boete opgelegd. De oorzaak was namelijk de hoge waterstand in de IJssel in de strenge winter van 1947/48. De grilligheid van het IJsselpeil is op deze locatie een factor waar altijd rekening mee moet worden gehouden. De trambrug is niet meer teruggekomen, de EDS staakte de exploitatie op



Landhoofd in aanbouw.



Aflassen geboorte koker dwarsdrager.

Deventer, mede door de brandstofschaarste. Alle witte betonnen boogbruggen, al dan niet geheel volgens het originele ontwerp herbouwd, werden nu op 7 m. boven kanaalpeil aangelegd.

Bij een kanaalverbreding in 1973/74 werd de steunberm aan de kanaalzijde vervangen door een damwandscherm. Daardoor was de kanaalpijler instabiel geworden en verplaatsten beide pijlers zich naar binnen met enkele mm. per jaar. De voormalige overbrugging voldeed op de volgende punten niet meer aan de eisen welke gesteld worden aan het D4 / V100 programma:

- Vermoeiing;
- De hart op hart afstand van de spoorstaafondersteuning was te groot;
- De onderhoudsstaat van de spoorbevestiging werd slecht;
- Instabiele kanaalpijlers.

Hierdoor was het noodzakelijk dat de voormalige overbrugging vervangen moest worden door een nieuwe overbrugging.

Nieuwe situatie

De doorvaarthoogte ter plaatse van de overbrugging van het Twentekanaal is ten opzichte van oude overbrugging met 1 m. vergroot. Als gevolg hiervan zal het nieuwe BS-niveau eveneens 1 m. hoger liggen. Ten behoeve van de nieuwe sporen lay-out is de positie van de nieuwe brug ten opzichte van de oude brug over het Twentekanaal aangepast. De nieuwe brug is in noordoostelijke richting iets verplaatst en enigszins



Booghelft zijde Deventer hangt boven de aansluitingen op rijvloer.



Invaren 2e boogdeel. (Foto: Martin Uitvlugt)

gedraaid. Het wisselcomplex aan de noordzijde van het Twentekanaal is vervangen door twee nieuwe wissels en een kruis. Hierdoor zijn de gewijzigde sporen van het baanvak Zutphen-Deventer geschikt gemaakt voor 130 km./uur. De aansluiting van het baanvak Zutphen-Hengelo is qua snelheid beperkt tot 80 km./uur. De hart op hart afstand van de sporen is ter plaatse van de overbrugging van het Twentekanaal gewijzigd van 6,60 m. naar 4,25 m. (de minimale D4/V100 eis).

Bouwmethode

Voor de bouw van de nieuwe brug en de benodigde aanpassingen van de lay-out van de sporen was het in verband met het minimaliseren van de duur en aantal buitendienststellingen noodzakelijk het werk in een beperkt aantal fasen uit te voeren. De realisering bestaat uit drie fasen: een voorbereidingsfase, ombouwfase en een afwerkfase.

Vorbereidingsfase

In de voorbereidende fase zijn ter plaatse van de huidige overbrugging van het Twentekanaal vier hulpbruggen ingebracht ten behoeve van het realiseren van de fundering van de nieuwe brug. Gedurende deze periode vonden de voorbereidingen van de spoortechnische ombouw (spoor, bovenleiding en beveiliging) plaats.

Ombouwfase

Bij aanvang van de buitendienststelling zijn de bestaande vakwerkbruggen gedemonteerd en uitgevaren.

Vervolgens is de onderbouw aangepast ten behoeve van de nieuwe situatie. Hierbij is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van prefab elementen. Tenslotte is de nieuwe dubbelsporige brug ingeschoven en afgemonteerd. Het vervangen van de overbrugging van het Twentekanaal nam ongeveer 60 uur in beslag. Tegelijkertijd zijn de onderdoorgang Meyerinkstraat vernieuwd en de bruggen over de Eefsche Beek verschoven. In dezelfde buitendienststelling van het spoorverkeer is ook de spoor situatie geoptimaliseerd, onder meer door het wijzigen van de wisselsituatie ten noorden van de brug over het Twentekanaal en een boogcorrectie in het spoor richting Deventer. De totale buitendienststelling nam ongeveer 130 uur in beslag.

Afwerkfase

Direct na de ombouwfase in de grote buitendienststelling zijn gedurende een aantal nachtelijke buitendienststellingen de sporen voegloos gemaakt. Bovendien zijn er nieuwe inspectiepaden aangelegd en werden de laatste kabels op de goede diepte gebracht. Het landhoofd werd tenslotte voorzien van de talud afwerking die door middel van geprofileerde prefab betonplaten naadloos aansluit.

Constructief ontwerp

Het ontwerp van de brug is een doorontwikkeling van de Dintelhaven spoorbrug. De innige samenwerking tussen de constructeurs en architecten leidde bij de deze brug tot de volgende randvoorwaarden voor het ontwerp van de boogbrug.

- naar elkaar toe leunende bogen
- oorsprong van de bogen buiten de hoofdligger
- geen of minimalisatie van het bovenwindverband
- toepassing tuien
- elegante vorm.

Deze randvoorwaarden zijn in het ontwerp van de boogbrug over het Twentekanaal goed zichtbaar. In de voorontwerp fase (1997) was de vormgeving van de brug (architect Marlies Janssens) nagenoeg gelijk aan het ontwerp van de Dintelhaven spoorbrug, hetgeen door het succes van deze niet vreemd was. Na deze fase lag het project gedurende enkele jaren in de ijskast door invloeden van buitenaf.

Begin 2002 is dan gestart met het maken van het definitief ontwerp. Door deze bezinningsperiodes en verandering van architect is het ontwerp van de brug op verschillende plaatsen gewijzigd:

- kleurstelling, geheel zwarte brug;
- een in hoogte variërende driehoekige boogdoorsnede;
- minder boogkoppelingen;
- consoles ten behoeve van tui-aansluitingen aan de hoofdligger.

De brug over het Twentekanaal is een volledig gelaste spoorbrug. De overspanning van de brug is 91,5 m. tussen de hoofdopleggingen. De



Overzicht over het werk.



De bogen worden afgelast in een beschermde omgeving.

pijlhoogte van brug is 16,2 m. De hart op hart afstand tussen de opleggingen in breedte richting bedraagt 16,5 m. Deze maat is nodig gebleken in verband met de benodigde afmetingen van de passeerpaden op de onderranden.

HSL FLY-OVER BARENDRECHT

B.H. Hesselink P.M.S.E. Adviseur Holland Railconsult

Als onderdeel van het project HSL Zuid, Kunstwerken Barendrecht is de HSL Fly-over gebouwd in de periode van najaar 2001 tot voorjaar 2003. Deze fly-over vormt een belangrijk kunstwerk in het tracé van de HSL Zuid (Hogesnelheidslijn Amsterdam - Parijs). Het betreft hier de enige ongelijkvloerse kruising van de beide HSL sporen in Nederland die het mogelijk maakt om de rijrichting van de trein in Nederland (rechts) aan te sluiten op de rijrichting in België en Frankrijk (links). De fly-over is gebouwd over de drukke sporenbundel op het baanvak Dordrecht - Rotterdam, afb.1. De reden voor de keuze van de locatie Barendrecht (grondgebied gemeente Rotterdam) is gelegen in het feit dat het de eerste locatie is komend vanaf de Belgische grens waar de hogesnelheidstrein vaart mindert, zodat een fly-over een relatief beperkte lengte kan hebben. (Ontwerpsnelheidsafname van 300 km./uur tot 140 km./uur). De bestaande fly-over (conventioneel spoor en geen onderdeel van het project) is te zien op de voorgrond, de HSL Fly-over ligt daar parallel achter. De HSL Fly-over bestaat uit een achttal staal-betonnen trogbruggen gebouwd volgens het "Staalbeton" principe met een totale lengte van 630 m. De langste brug heeft een totale lengte van 120 m. en de grootste overspanning bedraagt 48,9 m. (over de onderdoorgang Bergambachtstraat). De maximum hellingspercentages bedragen 2,2 % stijging en 3,5 % daling. Het is de eerste keer dat een spoor fly-over in de vorm van een trogliggerbrug in staal-beton "Verbundbau" is gerealiseerd in Nederland.

Ontwerp

In de variantenstudie voor de keuze van een brugconstructie zijn er vier verschillende varianten voor de vrije kruising onderzocht:

- Betonnen trogbrug
- Staalbeton trogbrug
- Pergola-constructie ter plaatse van de sporen HL tot en met LL en spoor 80.
- Stalen boogbrug

De constructievarianten zijn onderling vergeleken op de aspecten: techniek, bouwmethoden en bouwtijd, kwaliteit, onderhoud, vormgeving en bouwkosten. Vervolgens zijn de aspecten van de verschillende varianten afgewogen. Het resultaat van de variantenstudie geeft aan dat een staalbeton trogbrug de meest aantrekkelijke constructievariant voor de vrije kruising is. Met name de aspecten bouwmethode en bouwtijd waren doorslaggevend in de uiteindelijke keuze. Door de stalen hoofdliggers zijn er minder buitendienststellingen van onderliggende sporen noodzakelijk en is de bouwtijd op locatie aanzienlijk korter. De vrije kruising bestaat uit acht brugdelen met - van noord naar zuid - respectievelijke lengten van circa 63, 64, 109, 105, 120, 64, 50 en 49 m. De overspanningen zijn zodanig gekozen, dat:

- de overspanningen niet te groot worden in verband met de haalbare overspanning bij deze constructievorm.
- de steunpunten geplaatst kunnen worden op aanvaardbare



2. Transport brugsectie naar de bouwplaats.

- plaatsen tussen de sporen op maaiveldniveau.
- de lengtes per brugdeel niet te groot worden ten einde langgelast spoor zonder compensatielassen c.q. -inrichtingen te kunnen toepassen.
- de bouw van de brugdelen en steunpunten nog goed uitvoerbaar is.

Constructie onderbouw

De onderbouw van de fly-over wordt uitgevoerd als vrijstaande kolommen voor de tussenondersteuning en als zogenaamde rempijlers voor de eindsteunpunten per brugdeel. Ter plaatse van de uiteinden van de fly-over zullen landhoofden worden gebouwd. De tussenondersteuning worden uitgevoerd als vrijstaande kolommen met een diameter van 1,10 m. geplaatst op een funderingspoer met een dikte van 1,50 m. Ter plaatse van elk einde van een brugdeel worden rempijlers geplaatst. De constructie van deze pijlers is zodanig gekozen dat alle langskrachten vanuit de bovenbouw door deze rempijlers worden opgenomen. De afmetingen van de rempijlers zijn bepaald op basis van een langskrachtenberekening. De conclusie van deze berekening luidt dat voegloos spoor mogelijk is doch dat de rempijlers zo stijf mogelijk dienen te worden ontworpen. Hiertoe zijn wanden op een doorgaande funderingspoer geplaatst. Gekozen is voor wanden met een elliptische doorsnede. Er is rekening gehouden met een zettingstijd van circa 1 jaar van de beide aan de landhoofden aansluitende grondterpen, teneinde de buigende momenten in de funderingspalen ten gevolge van de grondophoging te beperken.

Constructie bovenbouw

De statisch onbepaalde staal-beton trogbruggen zijn opgebouwd uit twee stalen vollewandliggers met hiertussen een boven de tussensteunpunten in lengterichting meewerkend betondek. De vollewandligger is opgebouwd uit een lijfplaat van 2400 mm. hoog met een dikte van 25 mm., een bovenflens van 1250 mm. breed met een dikte variërend van 40 tot 80 mm. en een onderflens van 1300 mm. breed met een dikte variërend van 40 tot 50 mm. Het betonnen rijdek, dik 550 mm., bestaat uit geprefabriceerde elementen die na het plaatsen van de staalconstructie op de onder-



1. Luchtfoto HSL Fly-over

flenzen van de vollwandligger worden uitgelegd. In de langsrichting van de brug worden de platen door middel van een stortvoeg monoliet met elkaar verbonden. In de prefab platen worden stalen platen opgenomen, welke na het aanbrengen van de prefab platen door middel van bouten met aan de stalen hoofdliggers gelaste platen worden verbonden tijdens de montage. Bovendien zijn de uvels aan het lijf en de onderflens van de hoofdligger aangebracht, zodat samen met de wapening die uit het prefabelement steekt voor een goede samenwerking wordt gezorgd tussen hoofdligger en vloerplaat. Doordat het beton in het veld in de trekzone ligt gaat het beton hier scheuren. Hierdoor werkt het beton in het veld minder mee in de krachtsopname. In de staal-beton trogbrug komt spoor in ballast te liggen. Het dienstpad wordt bovenop de bovenflens van de stalen hoofdligger aangebracht. Aan de buitenzijde van de hoofdliggers worden, op advies van de architect, gebogen platen aangebracht.

Detailering vloer

Het betondek is opgebouwd uit prefab beton platen breed 3 m. In de bouwfase kunnen deze platen beschouwd worden als losse elementen opgelegd op de onderflens van de stalen liggers met in langsrichting voegen ertussen. In deze fase is het geen continue plaat en kan alleen in dwarsrichting belasting afdragen naar de oplegpunten ter plaatse van de stalen liggers. Pas nadat de voegen tussen de vloerdelen zijn doorgekoppeld en aangestort én de schuifvaste aansluiting aan weerszijden met de stalen liggers tot stand is gebracht, werken de

twee stalen liggers en de tussenliggende prefab vloer tezamen als composietligger.

In de detailleringfase zijn de volgende detailberekeningen uitgevoerd aan de vloer:

- Schuifverbinding tussen stalen liggers en de betonnen rijvloer
- Benodigde wapening in dwars- en lengterichting van de prefab elementen
- Krachtsoverdracht in lengterichting in de stortvoeg tussen de prefab elementen
- Krachtsoverdracht in dwarsrichting in de stortvoeg tussen stalen liggers en prefab elementen
- Beschouwing scheurwijdte en afstand

De bovenrand van de stalen ligger moet gesteund worden om als gedrukte rand stabiel te blijven. De verticale schotten hart op hart 6 m. verzorgen dit en dragen de kracht door middel van inklemmomenten over op de prefabplaten. Deze inklemmomenten zijn zeer lokaal van aard en rondom de verticale schotten gesitueerd. Ten behoeve van het bepalen van de inklemmomenten op de prefabplaten is de maatgevende trog in een computerprogramma (EEM model ANSYS) gemodelleerd en hierin (niet-lineair door middel van een grote verplaatsingen som) doorgerekend. De stalen hoofdligger is volledig, inclusief schotten, door middel van 3D buig/schijf oppervlakte elementen gemodelleerd en het betonnen dek door middel van 3D balk elementen. Door de grote inklemmomenten wordt de wapening in de dwarsvoegen ter plaatse van de verticale schotten extra zwaar uitgevoerd. Hierdoor kan de wapening in de prefab platen beperkt blijven doordat deze niet het



3. Inhijsen troglijgger.



5. Hulpconstructie en prefab platen.

grote inklemmoment hoeven over te dragen. In de deze fase zijn er twee varianten uitgewerkt voor de schuifverbinding:

- DEMU ankers door het lijf van de stalen ligger
- Deuvels met overlappende wapening.

De variant met DEMU ankers viel af doordat deze zeer arbeidsintensief was en de stalen hoofdlijgger te veel verzwakte.

Alternatief ontwerp

Het bestekontwerp ging uit van de volgende fasering voor de bovenbouw:

1. fabricage hoofdlijggersecties in de hal (sectielengtes circa 20 á 30 m.);
2. transport secties naar de bouwplaats;
3. samenstellen hoofdlijggersecties tot hijssecties op de bouwplaats;
4. inhijzen hoofdlijggersecties op de onderbouwsteunpunten;
5. maken in-situ lassen op hoogte in de hoofdlijggers;
6. inhijzen en positioneren van prefab betonnen vloerelementen op de onderflenzen van de stalen hoofdlijggers;
7. vlechten en aanstorten betonnen randstrook in het werk (verbinding vloer en stalen liggers);
8. opstorten ballastkeerwanden en aanbrengen overige voorzieningen.

Het passingsrisico gerelateerd aan het aangepast bestekontwerp ten aanzien van het inhijzen van de prefab betonnen vloerelementen werd door de aannemer onacceptabel hoog geacht. Het grote probleem hierbij was het feit dat een drietal rijen aan beide vloerranden uitste-



4. Fixeren hoofdlijggers door tussengelegen hulpconstructie

kende wapening overlappend aan een woud van stalen deuvels aangebracht op het lijf van de stalen I-liggers zou moeten worden ingehesen, waarbij de stekken bij het neerlaten op de onderflens van de hoofdlijggers de deuvels zouden moeten passeren. Rekening houdend met realistische plaatsingstoleranties van deuvels en vloerwapening en met de aanwezigheid van een horizontale boogstraal in de fly-over werd dit passingsrisico na detailanalyse uitvoeringstechnisch als onacceptabel beschouwd. Door de aannemer werd een alternatief uitgewerkt waarbij de vloer in het werk gestort zou worden met verloren bekistingsplaten in de vorm van voorgespannen prefab betonnen vloerplaten, (afb. 5).

Dit alternatief maakte het mogelijk om de essentiële verbinding tussen betonnen vloer en stalen hoofdlijggers tot stand te brengen met maximale flexibiliteit ten aanzien van het positioneren van de vloerwapeningsstaven zodat deze de deuvels van de hoofdlijggers voldoende nauwkeurig overlappen. De vloerplaten dienden te worden ingehesen in buitendienststellingen van de onder de fly-over gelegen reizigerssporen. Door de vereenvoudiging en lichtere uitvoering van de betonnen vloerplaten, (4,8 ton in plaats van 24 ton plaatgewicht), kon het risico op problemen in de buitendienststellingen worden beperkt. Buitendienststellingen zijn nodig geweest voor het centrale deel van de fly-over (op drie van de acht bruggen). Als randvoorwaarden voor het alternatief werden hierbij gesteld dat het profiel van vrije ruimte voor de (reizigers)-sporen onder de fly-over en bovenkant spoor van het HSL spoor over de fly-over niet zouden worden aangetast (handhaving verticaal alignement). Door introductie van de prefab betonnen vloerplaten betekende dit in de praktijk een reductie in de constructieve hoogte van de betonvloer van 550 mm. naar 445 mm. Hierdoor is de hoeveelheid vereiste wapening met circa 45% toegenomen ten opzichte van het aangepaste bestekontwerp. Hierbij werd de verloren prefab betonnen vloerbekistingsplaat wel beschouwd als dekking voor de in-situ vloerwapening. De vloerelementen zijn verankerd in de in-situ vloerstort door de hijsogen van de vloerelementen hierin te verankeren. Op de onderflenzen van de stalen hoofdlijggers zijn voor het inhangen van de vloerplaten stalen L-profielen aangelast, voorzien van neopreen oplegstrippen. Nadat de vloerplaten (4,95 x 3 x 0,13 m.) zijn ingehesen worden de voegen tussen



6. Hulpconstructie en wapening dek.



8. Wapening rijdek

de vloerelementen en de voegen tussen vloerelementen en hoekstaal aangegoten met gietmortel om het vloerveld te fixeren en gereed te maken voor de in het werk gestorte betonvloer.

Uitvoering

Na afstemming van het alternatief ontwerp met alle betrokken partijen, elders genoemd, werd besloten de fly-over vloer op deze manier uit te voeren. De productie van de stalen hoofdliggers was toen reeds in volle gang. De fasering is als volgt geweest:

1. fabricage hoofdliggersecties in de hal (sectielengtes ca. 20 á 30 m.);
2. machinaal aanbrengen Köco deuvels Ø 22 mm. en stiftdeuvels M20 op kwartslag gekantelde hoofdliggersecties;
3. verfwerk van de secties in de spuiterij;
4. transport liggersecties naar de bouwplaats;
5. samenstellen liggersecties tot hijssecties op de bouwplaats door laswerk op maaiveld op de bouwplaats van in elkaars verlengde geplaatste secties;
6. montage stalen randelementen voorzien van bolling en leuningwerk op hijssecties;
7. inhijzen hoofdliggersecties op de onderbouwsteunpunten. Het hijswerk werd gedaan door de Kil.
8. fixeren hoofdliggers door toepassing van een hulpconstructie met herinzetbare jukken 3 m. hart op hart (afb. 5 en 6), waarmee de vorm van de stalen hoofdliggers tijdens het storten van de betonvloer kon worden gegarandeerd door ophanging van de onderflenzen en afstempeling van de bovenflenzen



7. Deuvels aan de binnenzijde van de stalen hoofdliggers zorgen voor goede aansluiting aan de betonvloer.



9. Fly-over nagenoeg gereed.

9. van de I-liggers op elkaar;
9. maken in-situ lassen op hoogte in de hoofdliggers in laskooien;
10. inhijzen van voorgespannen prefab betonnen vloerelementen als verloren bekisting op de L-stalen aan de onderflenzen van de stalen hoofdliggers;
11. aangieten vloerelementen met gietmortel
12. vlechten wapening vloer inclusief verbinding vloer-stalen liggers en versterkte vloerstroken ter plaatse van verstijvingsschotten in I-liggers;
13. in het werk storten van de betonnen vloer;
14. opstorten ballastkeerwanden en aanbrengen overige voorzieningen.

Door de goede samenwerking van alle betrokkenen en tijdig onderling overleg kon het werk uiteindelijk naar tevredenheid van alle partijen worden gerealiseerd.

Opdrachtgever: NS Railinfrabeheer bv, Management-groep Betuweroute
 Adviseur: Holland Railconsult
 Architect: Holland Railconsult
 Besteksonwerp: Holland Railconsult
 Aannemer: Combinatie Dive-Under Barendrecht vof (bestaande uit Van Hattem & Blankevoort bv, HBG Civiel bv, Mercon Steel Structures bv
 Mercon Steel Structures bv & HBG Civiel steel structures bv

Staalbouw:
 Prefab betonnen vloerelementen: Alvon Bouwsystemen bv
 Adviseur aannemer: Delta Marine Consultants bv

BRUG OVER DE GROOTE BEEK IN SON EN BREUGEL

ir. F.G. de Haas, DHV

Algemeen

In Son en Breugel wordt na de omlegging van de A50 bij Son en Breugel het centrum opnieuw ingericht. Een onderdeel van deze herinrichting betreft de vervanging van de brug over de Groote Beek. De bestaande brede brug met kleine overspanning wordt gesloopt (afb. 1) en vervangen door een open brug met een overspanning van circa 23 m.

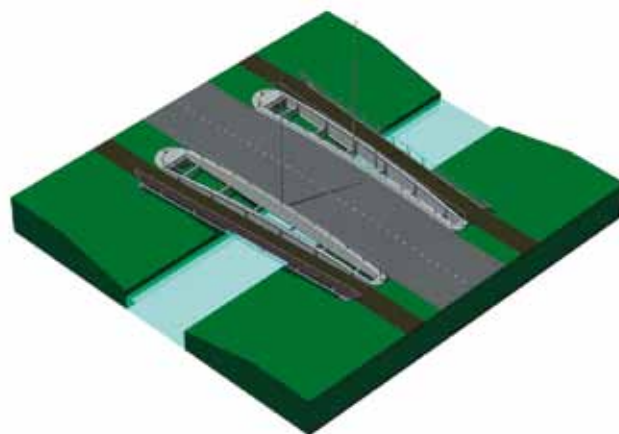
Projectbureau Kloppend Hart van de gemeente is opdrachtgever. Het architectonisch ontwerp is gemaakt door Verburg Hoogendijk architecten. De aannemer van de brug is Strukton.

De nieuwe brug bestaat uit een betonnen middenstuk voor auto en fietsverkeer met een breedte van 8 m. en twee stalen bruggen langs de zijkant van de brug voor voetgangers met een breedte van 2 m. (afb. 2). Als markering van de brug zijn in het midden van de randbalken twee lichtmasten geplaatst van 12 m. hoog met een cilindrisch toplicht. De betonnen overspanning is ontworpen voor verkeersklasse 60 en de stalen bruggen voor voetgangers en een veegwagen/strooiwagen (verkeersklasse 6 is hiervoor gehanteerd).

Architectuur

Uitgangspunt voor het ontwerp van de brug over de Groote Beek was het onderliggende stedenbouwkundige ontwerp van Buro Sant en Co uit Den Haag waarin wordt gepleit de nieuwe brug zodanig te ontwerpen dat de gebruiker de loop van de Groote Beek zal kunnen ervaren. In de bestaande situatie, met de brede doorgaande weg vanuit Eindhoven, was het onmogelijk om te ervaren dat men een beek passeerde. In het stedenbouwkundige plan is de doorgaande route van uit Eindhoven om Son en Breugel heen gelegd, waardoor de 'dorpsweg' weer in ere hersteld kon worden. Het nieuwe profiel van deze dorpsweg kent twee varianten namelijk:

1. Een weg in het midden met aan weerszijden bomen en hagen met daartussen parkeervoorzieningen en zodanig aangepast dat er weer ruimte is voor een dubbele rij bomen;
2. Een groenstrook in het midden en aan weerszijden daarvan een verkeersstrook met daarnaast eveneens



2. 3D-visualisatie van de brug (Verburg Hoogendijk Architecten)

bomen en hagen met daartussen parkeervoorzieningen. De overgang van deze twee verkeerssituaties is zodanig gepland dat ze precies valt op de plaats van de Groote Beek.

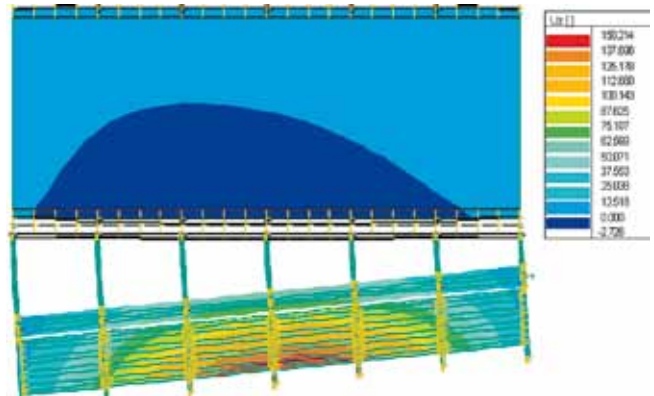
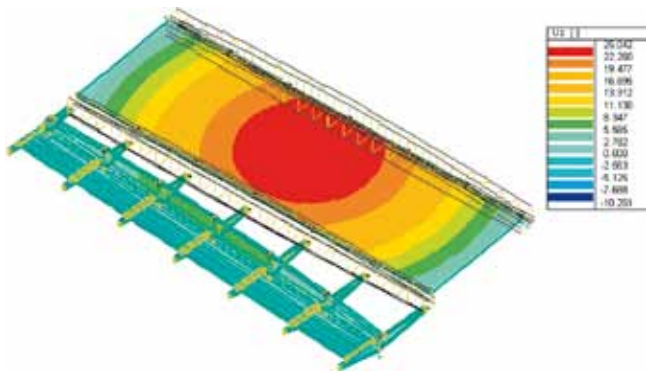
Dit was voor Verburg Hoogendijk Architecten een belangrijke randvoorwaarde voor de uiteindelijke vorm van de brug. Om te voorkomen dat de brug, vanwege z'n functionele randvoorwaarden, overspanning 23 m. en totale functionele breedte brug ongeveer 20 m., een grote vierkante overspanning zou worden zijn de voetgangersstroken als het ware losgeknipt. Door nu ook nog de looprichting van de voetgangerspaden aan weerszijden van de Groote Beek te volgen kwamen deze losgeknipte voetgangersstroken schuin in het platte vlak te staan. Hierdoor kreeg de brug een middendeel voor al het gewone verkeer en aan beide zijden aangehangen stroken voor de voetgangers. Door dit opknippen van functies werd het weer mogelijk te ervaren dat men over een beek ging en dit is nog eens versterkt door het middendeel van de brug extra op te buigen. De kleurstelling van de brug is in overeenstemming van de kleur van de toegepaste bestratingsmaterialen zwart en grijs.

Kenmerken van het architectonische ontwerp zijn

- betonnen randliggers, waarvan de bovenzijde gelijktijdig zowel in hoogte als breedte verloopt;
- het opgebogen betonnen brugdek;



1. Sloop van de bestaande brug



3. links: Mode shape 1 - Uz - Mass Combi 1 $f_1=3.712$ Hz
rechts: Mode shape 2 - Uz - Mass Combi 1 $f_2=4.385$ Hz



4. Montage van de brug

- de twee stalen voetgangersbruggen aan weerszijden van het betonnen brugdek, ieder gedragen door een enkele stalen hoofdligger, waarvan het niveau en de breedte van de bovenflens verlopend zijn;
- excentrische positie van de stalen hoofdligger tussen voetpad en de betonnen brug.

Constructie

Voor de stalen bruggen is het constructieve ontwerp door DHV uitgevoerd. Ten behoeve van trillingen van de stalen brug is een trillingsberekening gemaakt van de stalen brug met een elementen programma (afb. 3).

In overleg met Betonson is gekozen voor een lambda-z ligger (omgekeerde T-balk met druklaag) met een verlopende hoogte van het lijf om de gebogen vorm van het dek te verwezenlijken. Voor de randliggers is de architectonische vorm door de architect bepaald (afb. 4). De stalen bruggen en de betonnen brug worden

geplaatst op twee landhoofden die gefundeerd worden op mortelschroefpalen. Na aanbesteding is voor dit trillingsvrije paalsysteem gekozen vanwege de nabijheid van gemetselde op staalgefundeerde gebouwen. De opgeleverde brug is te zien in afb. 5.

Betrokken partijen:

Opdrachtgever:	Projectbureau Kloppend Hart
Architect:	Verburg Hoogendijk architecten
Constructeur:	DHV Ruimte en mobiliteit B.V.
Aannemer:	Strukton betonbouw B.V.
Prefableverancier:	Betonson
Staalleverancier:	Aa-Dee Machinefabriek Staalbouw Nederland B.V.

Kosten voor de opdrachtgever:

Aanneemsom:	€ 374.800,-
Trillingsvrij paalsysteem:	€ 14.630,- extra



5. Brug gereed



Bedrijfsresultaat Holland Railconsult

Holland Railconsult richt zich als advies- en ingenieursbureau op het genereren van oplossingen voor de capaciteits-, veiligheids- en milieu- en inpassingsvraagstukken voor een van de drukstbereden spoorwegnetten ter wereld. Vanuit dit perspectief helpen wij onze klanten in binnen- en buitenland in de spoorwereld, maar ook daarbuiten, met advies, innovatieve ontwerpen en realisatie van projecten op het gebied van infrastructuur en vervoersystemen. Onze medewerkers geven vanuit een maatschappelijke betrokkenheid op professionele en ondernemende wijze vorm aan bereikbaarheid. Holland Railconsult heeft 1300 medewerkers in dienst en heeft vestigingen in Nederland (5), Portugal, Duitsland en Polen. Holland Railconsult is een van de hoofdsponsors van de NBS.

In Nederland is het bedrijf marktleider. In het buitenland ontwikkelt het zich tot een specialist met de focus op het ontwerp en de realisatie van infrastructuur voor openbaar vervoer. Vanaf 1 januari 2004 is de Holland Railconsult Holding-structuur van start gegaan. Onder deze holding ressorteren Holland Railconsult B.V., waarin de Nederlandse activiteiten zijn ondergebracht, en Holland Railconsult International, waarin de buitenlandse activiteiten onder de naam Movares zijn samengebracht.

Holland Railconsult Holding behaalde in 2004 een alleszins redelijk resultaat. Met een omzet van 134 miljoen euro, een lichte daling ten opzichte van 2004, werd een jaarresultaat van 3 miljoen euro gerealiseerd. Dit komt neer op een rendementspercentage van 2,2%. De resultaten uit internationale activiteiten zijn enigszins achtergebleven bij de verwachting. De tegenvallende resultaten in het buitenland werden echter ruimschoots gecompenseerd door de meevallende omzet op de thuismarkt. Zo vroeg de deelname aan de grote projecten HSL-Zuid en Betuweroute aanzienlijk meer capaciteit dan aanvankelijk was begroot.

Reagerend op de teruglopende in-

vesteringen in grote projecten en het ongunstige economische klimaat werd de personeelsformatie in 2004 teruggebracht. De verwachting is dat het personeelsbestand ook in 2005 nog iets zal dalen.

Reagerend op de bedrijfsresultaten, stelt bestuursvoorzitter ir. J.W. Jol: "De huidige grote projecten, HSL-Zuid en Betuweroute, lopen geleidelijk af. De omzetzijde die hieruit voortvloeit, zal zich naar verwachting in 2005 voortzetten". Daar staat tegenover dat Holland Railconsult in verschillende marktsegmenten reële groeikansen heeft. De komende jaren zal naar verwachting het aandeel van beheer en onderhoud en assetmanagement toenemen ten koste van het aandeel in de nieuwbouwprojecten. Jol: "De verwachting is dat een aan-trekkende economie ook positieve gevolgen zal hebben voor de infrastructuurmarkt. In onze visie blijven nieuwe infrastructurele projecten onontbeerlijk om de economische groei en de daarmee verbonden mobiliteitsvraag in ons land veilig te stellen".

De scopeverbreiding die Holland Railconsult nastreeft, uit zich op meerdere terreinen. Zo profileert het bedrijf zich steeds vaker op het terrein van beleidsadvies, project- en procesmanagement.

Scopeverbreiding betekent ook dat expertise ingezet wordt in andere markten, zoals de energiemarkt. Ook geografische verbreding, zoals het betreden van nieuwe markten in andere landen, wordt actief nagestreefd. Daarnaast biedt ook scopeverdieping mogelijkheden. Dit komt bijvoorbeeld tot uiting in een andere rolverdeling tussen opdrachtgevers en opdrachtnemers. Ir. J.W. Jol: "In onze visie zouden ingenieursbureaus vaker een risicodragende partij kunnen zijn voor werkzaamheden die tot hun core business behoren. Ook bij design- & constructieprojecten kunnen ingenieursbureaus in de toekomst vaker als hoofdopdrachtnemer optreden".

De internationale activiteiten van de Holland Railconsult Holding zijn ondergebracht in Movares. De vooruitzichten in het buitenland zijn gunstig. In Frankrijk en Portugal leiden opdrachten met goede samenwerkingspartners tot een duidelijke presentie in de lokale markten. In beide landen is Movares actief betrokken bij het realiseren van hogesnelheids-

lijnen. In Frankrijk is dat bijvoorbeeld de Ligne Grande Vitesse Rhin-Rhône. Hierbij wordt samengewerkt met de Franse partner Setec aan het traject Dijon-Mulhouse, een stuk van ruim 140 km nieuw dubbelspoor met aanpassingen. De vestiging in Duitsland richt zich voornamelijk op beveiligingsadviezen en adviezen op het gebied van assessments en certificering. Verdere buitenlandse projecten zijn onder meer uitgevoerd in Slowakije, Polen en Slovenië. Het feit dat we in verschillende landen goed lopende vestigingen en interessante projecten hebben, legt een goede basis voor verdere gezonde groei in het buitenland. Het jaarverslag van de Holland Railconsult Holding is aan te vragen via: info@hollandrailconsult.nl (bron: persbericht van Holland Railconsult)

Boekverkoop NBS

Op ons bureau in Zoetermeer zijn voor begunstigers van de NBS nog exemplaren aanwezig van de volgende publicaties:

'Bruggen. Visie op architectuur en constructie'. (2004)

Winkelprijs € 34,95; NBS-prijs € 29,95

'Over Bruggen'. Pentekeningen van bruggen met begeleidende teksten door H.A. Breuning. (2004) Deze tweedelige boekenserie is niet in de handel verkrijgbaar.

NBS-prijs voor twee delen € 50,-

'De Zeilbrug over de Schinkel'. W. de Wagt. (1999)

Winkelprijs € 12,95; NBS-prijs € 8,-

'Beweegbare bruggen en hun levensduur'. B.H. Coelman. (2001)

Winkelprijs € 12,95; NBS-prijs € 9,-

Alle prijzen inclusief btw.

Meer informatie over deze boeken kunt u op onze website vinden.

www.bruggenstichting.nl (klik op "publicaties" en dan op "lijst publicaties")

Calatravabridgen in Haarlemmeer

In juli 2004 opende Koningin Beatrix de drie bruggen over de Hoofdvaart, die werden ontworpen door de beroemde Spaanse architect Santiago Calatrava. Reeds nu, nog geen jaar na de opening, vertonen deze bruggen ontsierende roestplekken. De gemeente wil nu dat de aannemer, die de bruggen gebouwd heeft, binnen een maand begint met het roestvrij maken van de bruggen.

(bron: Goudse Courant 11-05-05)

Indrukwekkende pyloonbrug in Emmen

Om op de fiets of te voet uit de nieuwe vinexwijk 'Delftlanden' in het Noordbargerbos te komen, moet je om Emmen heen over de zuidelijke rondweg. Ontwerpbureau IPV-Delft heeft een spectaculair ontwerp gemaakt dat hoog boven de vierbaansweg uittorent: een landmark. Het natuurgebied Noordbargerbos mocht niet zomaar door een nieuwe fietsroute doorsneden worden. De ontwerpers werden voor de opdracht gesteld om de route eerst over de rondweg heen te voeren en die daarna te laten aansluiten op het nieuwe fietspad dat tussen het bos en de rondweg loopt. De brug kreeg daarom een scherpe bocht, die de vorm van het ontwerp voor een belangrijk deel bepaalt. Het ontwerp heeft een enorme dynamiek, doordat het brugdek met een fraaie boog om de schuinstaande pyloon gekruld is, terwijl het krachtenspel op de tuen helemaal in balans is. De pyloon staat precies tussen de beide rijbanen van de rondweg in. Het brugdek ligt langs een vloeiend gevormde buis van bijna 80 meter lang. Die buis hangt aan de tuen en rust op drie steunpunten. Het brugdek steunt op spanten aan één kant van deze hoofdbuis. De dragende hoofdconstructie bevindt zich dus naast het brugdek, waardoor je vanaf de brug een fantastisch zicht hebt op de architectuur en op de constructie van de brug. Fraaie zilverkleurige hekwerken beschermen de fietser of voetganger voor de hoogte die overbrugd wordt. De ovale handregel is speciaal voor dit ontwerp uit aluminium geëxtrudeerd; hierin herken je de vorm die ook in de spanten terugkomt. Deze pyloonbrug zal ongetwijfeld hét herkenningspunt worden voor de hele wijk, een baken waarop men zich vanuit de auto op de snelweg kan oriënteren. (bron: IPV Delft, 015-7502577 of www.overbruggen.nl)

Monumentale draaibrug over het Merwedekanaal twee jaar buiten bedrijf

De Bolgerijensebrug in Vianen, de laatste draaibrug over het Merwedekanaal, is nu al twee jaar buiten bedrijf. In die tijd wordt de brug, sinds 1998 in bezit van de provin-



Pyloonbrug in Emmen in aanbouw. (foto: IPV Delft)

cie Zuid-Holland, gerenoveerd. De eerste versie van deze brug dateert van 1886 en verbindt de Bloemendaalseweg aan de westkant met de Bolgerijsekade aan de oostkant. Rond het jaar 2000 was er sprake van dat deze brug, sinds 1999 een rijksmonument, zou verdwijnen. De bruggen over het Merwedekanaal, die meer dan 100 jaar geleden werden gebouwd, zijn karakteristieke ijzeren monumenten van de Industriële Revolutie. Ze waren weliswaar oersterk, maar uiteindelijk toch niet meer in staat om het zwaardere vrachtverkeer te dragen. Toen besloten werd de Bolgerijensebrug als monument en daadwerkelijke oeververbinding te blijven gebruiken, werd wel besloten hem geschikt te maken voor bediening op afstand, in dit geval vanuit het sluiscomplex in Vianen. Voorlopig zou deze brug tussen Vianen en Gorinchem de enige blijven die nog met de hand door een brugwachter bediend moest worden via een draaimechanisme in het midden op de brug. Dat moest wel worden opgeknapt, maar die klus werd nooit uitgevoerd. Door nog meer achterstallig onderhoud moest de brug op non-actief worden gezet. Samen met de Rijksdienst voor de Monumentenzorg zal de provincie een restauratieplan opstellen. Al die tijd blijft de brug midden in het kanaal liggen en vormt zo geen obstakel voor de scheepvaart. Het wegverkeer wordt al die tijd omgeleid via de Zwaanskuikenbrug, die in 2001 vervangen is door een ophaalbrug. (bron: Utrechts Nieuwsblad 21-05-05)

RAAD VAN ADVIES



Techniekles op de basisschool

In december ging het project Verbreding Techniek Basisonderwijs (VTB) bij 30 scholen in de regio Haaglanden van start. In mei werden nog eens 39 scholen voor dit project geselecteerd. Deze scholen besteden meer aandacht aan techniek met als doel kinderen enthousiast te maken voor techniek. De scholen krijgen elk 12.000 euro van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap en de landelijke techniek-branches, waarmee ze techniekmaterieel kunnen aanschaffen, experts kunnen inhuren of excursies naar bedrijven kunnen organiseren. In de regio Haaglanden was er zo veel belangstelling voor deelname, dat twintig scholen moesten worden teleurgesteld. De actie is ook elders in het land populair. In de Haaglanden komt het aantal deelnemende scholen nu op 69. Het streven is erop gericht dat binnen enkele jaren het techniekonderwijs op 200 basisscholen in de Haaglanden een vaste plek heeft gekregen. (bron: Goudse Courant 10-05-05)

Zweden en Noorwegen verbonden door nieuwe brug

Op 10 juni 2005 begroetten de Noorse en Zweedse koninklijke families elkaar hartelijk op de nieuwe Svinesundbrug, die beide landen verbindt. De ruim zeventienhonderd meter lange brug, die bestaat uit een grote enkele boog met aan beide zijden een tweestrooksweg, wordt omgeven door een bergachtig landschap. Deze nieuwe brug moet een reeds bestaande, in de naaste omgeving liggende brugverbinding ontlasten. Dagelijks passeren circa 15000 auto's de Idefjord, die nu voornamelijk over de nieuwe brug zullen rijden. Vooral de Noren zijn blij met de nieuwe snelle verbinding, die in totaal 150 miljoen euro heeft gekost. Zij gebruiken die namelijk om in het tot de Europese Unie behorende Zweden producten te kopen, die daar veel goedkoper zijn dan in hun eigen land. Personenauto's, die de brug gebruiken moeten twee euro voor een enkele reis betalen.

BEGUNSTIGER

De gelegenheid bestaat om begunstiger van de Nederlandse Bruggen Stichting te worden. Dit houdt in dat men in ieder geval viermaal per jaar het tijdschrift "BRUGGEN" zal ontvangen.

Voorts zal de stichting bevorderen dat bij evenementen, die de Nederlandse bruggenbouw betreffen, begunstigers voordeel genieten. Dit geldt met name voor publicaties van de NBS. De begunstigersbijdrage is minimaal € 17,50 per jaar voor particulieren en € 70,- per jaar voor instellingen en bedrijven. Voor aanmelding is het voldoende om een bedrag te storten op de postbankrekening van de stichting (postrekening 58975) ten name van de penningmeester van de NBS te Delft. U kunt zich ook via de website aanmelden:

www.bruggenstichting.nl



Pyloonbrug in Emmen.