

Kruising N14 / N44 bij Wassenaar

Fasering meerlaagse kruising stelt bijzondere eisen aan constructie

ir. R. van Limbergen, Royal Haskoning

ir. J.P.A. Koolen, Royal Haskoning

ing. G.J.A. Mühren MBA, Delta Marine Consultants

Voor de opwaardering tot N14 wordt de Noordelijke Randweg van Den Haag verbreed tot 2 x 2 rijstroken. Een onderdeel is de bouw van een nieuwe ongelijkvloerse kruising van de N14 met de N44, de weg van Den Haag via Wassenaar naar Amsterdam. De nieuwe meerlaagse kruising was in juni 2004 gereed en is gedeeltelijk in gebruik genomen. De fasering en de lay-out van de kruising stelden bijzondere eisen aan het constructief ontwerp.

Voor de kruising van de N14 met de N44 is door de directie Zuid-Holland van Rijkswaterstaat een nieuw verkeerskundig ontwerp gemaakt, bestaande uit drie niveaus. De N44 ligt in een verdiepte bak, op maaiveldniveau liggen de kruisingen en aansluitingen voor het afslaande verkeer en het doorgaande verkeer op de N14 gaat er via een nieuw viaduct overheen (fig. 2).

De kruising is gebouwd op dezelfde locatie als het bestaande viaduct, met de eis dat het verkeer op beide wegen minimale hinder mocht ondervinden. De fasering en het ontwerp zijn hierop afgestemd.

Fasering

De bouw van de bakconstructie vereiste een tijdelijke omlegging

van de N44 naast de bouwkuip.

Het bestaande viaduct (foto 3) bood geen ruimte om deze omlegging onderdoor te voeren. Het nieuwe viaduct voor de N14 biedt die ruimte wel, omdat de afritten voor het afslaande verkeer ter weerszijden van de N44 zijn geprojecteerd. Het viaduct bestaat daartoe uit drie overspanningen en is daarom als eerste gemaakt en daarna de bakconstructie (foto 4).

Het viaduct is in twee delen gebouwd; het eerste deel direct naast het bestaande viaduct, waarna het verkeer, nog met twee keer één rijstrook, hierover is geleid. Daarna is het bestaande viaduct gesloopt, is op die plaats het tweede deel van het nieuwe viaduct gebouwd en was het gehele viaduct beschikbaar met 2 x 2 rijstroken.



Tracé N14 met locatie kruising met N44 bij Wassenaar

De nieuwe N14 loopt vanaf de aansluiting op de A4 bij Leidschendam tot aan het Hubertusviaduct bij Madurodam in Den Haag. Het werk aan de weg wordt in fasen aangepakt (fig. 1). In 1998 is begonnen met de bouw van het aquaduct onder de Vliet, bij de aansluiting op de A4 [1]. Direct ten westen hiervan bevindt zich het Sijtwende-project [2]. Westelijk van het Sijtwende-deel kruist de N14 de N44. De ombouw van deze kruising is het onderwerp van dit artikel. De nog ontbrekende schakel van de N14 is de Hubertusduintunnel. De bouw hiervan start eind 2004.



Nieuwe situatie kruising N14 / N44

Hierna moest de bakconstructie worden gebouwd die onder het nieuwe viaduct doorgaat. In de bouwfase wordt de waterafsluitende laag in de bouwkuip gevormd door een met trekpalen verankerde vloer van onderwaterbeton. Het is niet praktisch om onder een viaduct damwanden en palen aan te brengen. Er moet dan gewerkt worden met technieken die kostenverhogend zijn en veel tijd vergen. Bovendien zouden de heiwerkzaamheden en het ontgra-

3 | Oorspronkelijke situatie
viaduct over N44



4 | Bakconstructie in uitvoering onder nieuwe viaduct



ven van de bouwkuip invloed kunnen hebben op de fundering van de pijlers van het nieuwe viaduct. Om de middelste overspanning van het nieuwe viaduct niet groter te maken dan strikt noodzakelijk, was aanvankelijk voorzien de pijlers te funderen op de wanden van de bouwkuip. Dit zou kunnen door de pijlers uit te voeren als stalen buispalen die worden opgenomen in de damwand, een stalen combiwand met een dragende en grondkerende functie. Toch is voor een functiescheiding gekozen: enerzijds zouden de pijlers bij ontgraven teveel vervormen, ander-

zijds vormt de aanhechting van de onderwaterbetonvloer aan de buispalen een risico door trillingen in de buispalen ten gevolge van verkeer over het viaduct. Er is voor gekozen de buispalen van het viaduct in buispalen met een grotere diameter te heien, die onderdeel vormen van de combiwand van de bouwput. De heiwerkzaamheden in het deel onder het viaduct, te weten de trekpalen (vibro-combinatiepalen) onder de vloer en de buispalen en damwanden van de bouwkuip, zijn uitgevoerd voordat het viaduct is gebouwd.

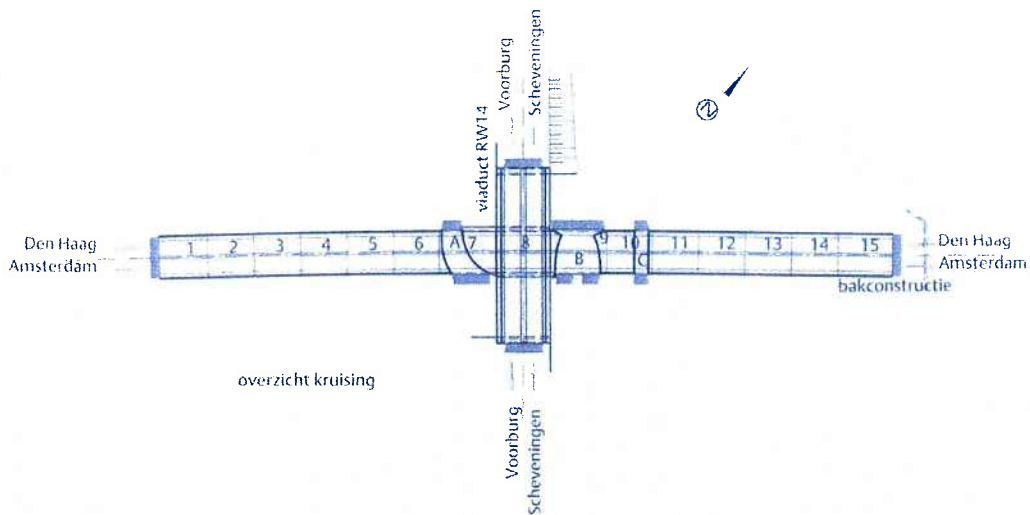
Het constructief ontwerp wordt beschreven in de bouwvolgorde: eerst het viaduct voor de N14, dan de bakconstructie voor de N44 en ten slotte de maaivelddekken voor het kruisende verkeer (fig. 5).

Viaduct

Omdat het viaduct boven de in gebruik zijnde N44 is gebouwd, werden voor het rijdek prefab liggers gekozen. De overspanningen bedragen respectievelijk 24, 20 en 28 m. Het dek is opgebouwd uit voorgespannen kokerliggers, type SKK 900, die in dwarsrichting met voorspankabels aan elkaar zijn gekoppeld. Op deze wijze ontstaat een samenwerkend rijdek zonder toepassing van een in het werk gestorte druklaag op de kokers. De kokerliggers hebben een werkende breedte van 1,50 m. Elk viaductdeel bestaat uit acht liggers en is dus 12 m breed. In totaal zijn 48 kokerliggers toegepast.

De prefab liggers zijn vrij opgelegd op rubber oplegblokken. Ter plaatse van de pijlers is een tandoplegging gemaakt, opdat de onderslagbalk beperkt onder het dek uitsteekt, een wens van de architect. De pijlers bestaan uit zes stalen buispalen Ø711 mm (foto 6), die over de gehele hoogte zijn gevuld met beton. De pijlers hebben een beperkte capaciteit om horizontale belastingen op te nemen. Met het oog op een mogelijke aanrijdbelasting tegen het dek zijn de liggers bij de pijlers doorgesloten met een buigslappe voeg. Hierdoor werkt het dek als schijf en worden de hon-

5 | Bouwvolgorde: viaduct in N14, bakconstructie in N44, maaivelddekken A, B en C



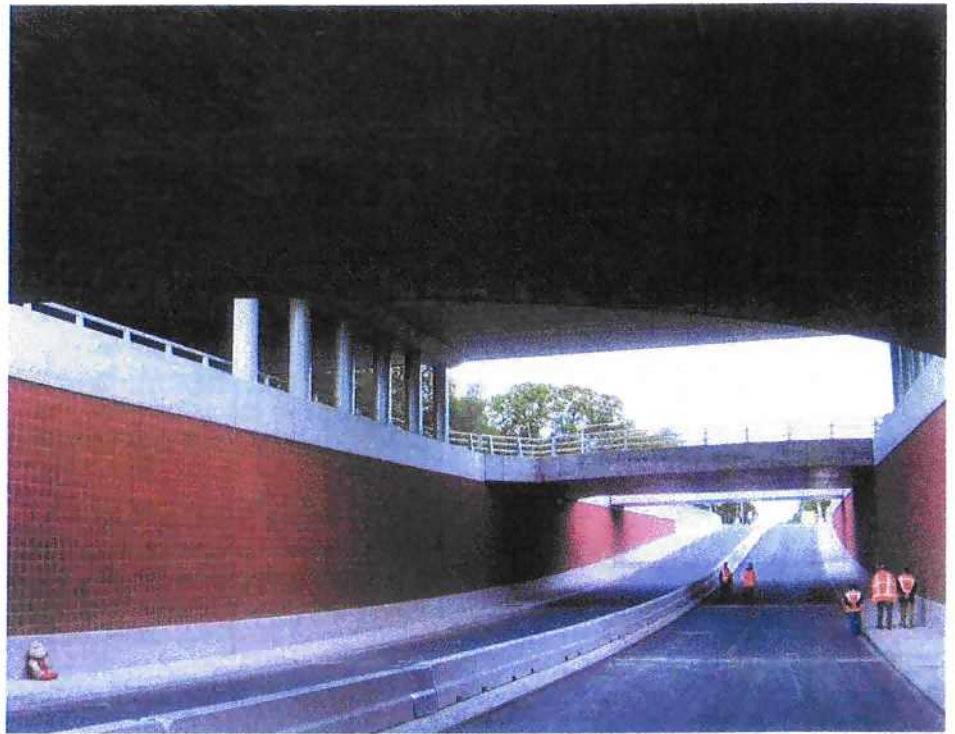
zontale belastingen in beide richtingen afgedragen naar de landhoofden.

De landhoofden zijn hoog gefundeerd op een verankerde combi-wand van buispalen Ø660 mm met daartussen damwandplanken L607. In het verkeerskundige ontwerp zijn de afritten van de N14 vlak langs de doorgaande weg aan de zuidwest- en de noordoostzijde gesitueerd. Aan deze zijden wordt het hoogteverschil overbrugd met een verticale grondkering. Aan de tegenoverliggende zijden is meer ruimte en wordt het hoogteverschil overbrugd met een talud.

De grondkeringen bestaan uit stalen damwanden met om esthetische en akoestische redenen een voorzetwand, die ook is toegepast voor het landhoofd. De voorzetwanden zijn gefundeerd op een betonnen console, die met stifdeuvels aan de damwand is bevestigd.

Bakconstructie voor N44

Het dwarsprofiel van de N44 blijft zoals het was: gescheiden rijbanen met elk twee rijstroken. Wel is rekening gehouden met een mogelijke opwaardering tot auto-snelweg. De benodigde inwendige breedte van de bakconstructie is daarom vastgesteld op 18,20 m. De verdiepte bak is uitgevoerd als een U-vormige betonconstructie, gefundeerd op (trek-)palen. De bak is gebouwd in een bouwkuip met gestempelde stalen damwanden en een vloer van onderwaterbeton B 25 met een dikte oplopend van 850 naar 1250 mm. Vanwege de oneffenheden in deze vloer werd voor het maken van de constructievloer een uitvullaag van zand aangebracht met een gemiddelde dikte van minimaal 200 mm, inclusief een werkvloer van 70 mm dikte. Bij de hoogst gelegen moten aan de uiteinden van de bak is geen onderwaterbeton toegepast, omdat een beperkte bemaling volstond die binnen de gestelde cisen bleef.



Vanwege het verhoogde risico op paalbreuk door lokaal hoge conusweerstand is de gehele bakconstructie gefundeerd op vibro-combinatie palen. Bovendien heeft het gekozen paalttype een hoge wrijvingsweerstand, gunstig voor de trekcapaciteit. De vibro-combinatie paal wordt gevormd door een dikwandige stalen buis Ø508 mm, voorzien van voetplaat, in de grond te heien. Als de buis op diepte is, wordt hierin een prefab betonpaal 320 x 320 mm² geplaatst, voorgespannen tot een werkspanningsniveau van ten minste 6 N/mm². De ruimte tussen kern en buis wordt gevuld met grout B 35 tot onder het niveau van de onderwaterbetonvloer. Vervolgens wordt de casing getrokken, waarbij het grout de vrijkomende ruimte opvult en zorgt voor een goede aansluiting met de grond. De prefab kern is ter hoogte van de onderwaterbetonvloer driezijdig geribbeld en wordt uiteindelijk verbonden met de constructievloer om in de gebruiksfase te dienen als trek- en/of drukpaal. De onderwaterbetonvloer heeft

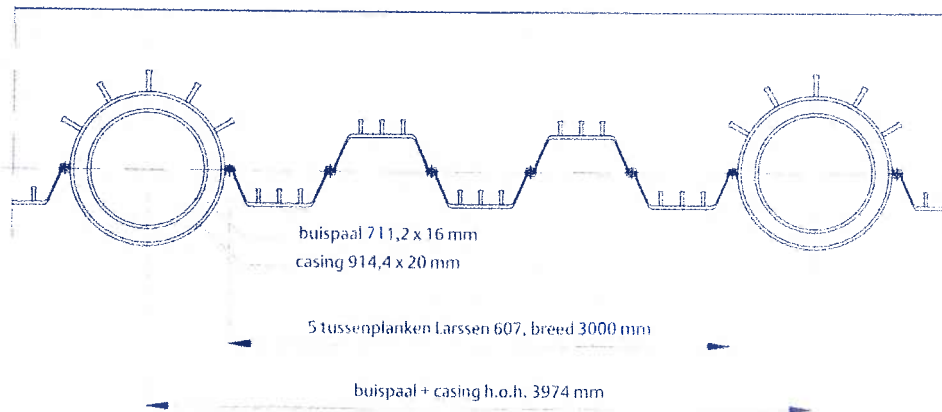
alleen in de bouwfase een constructieve functie.

De bak wordt aan beide zijden beëindigd waar de bovenkant van de vloer 700 mm boven de hoogste grondwaterstand ligt. Dit is voldoende om opvriezen en verwerking van de wegconstructie buiten de bak te voorkomen. Aan de Delflandzijde bedraagt het polderpeil maximaal NAP + 0,40 m, aan de Rijnlandzijde maximaal NAP + 0,10 m. De lengte van de bakconstructie is op basis hiervan vastgesteld op 320 m, verdeeld in vijftien moten van 20 à 25 m met daartussen dilatatievoegen.

De vloerdikte varieert van 600 mm aan de uiteinden tot 1000 mm in het diepste deel. De achterzijde van de wand is hellend uitgevoerd, gedeeltelijk 10:1 en gedeeltelijk 12,5:1. Hierdoor varieert de wanddikte van 0,55 m aan de uiteinden tot 1,3 m in het diepste deel, waar de wandhoogte 7,5 m bedraagt. Aan de voorzijde van de wand is over het grootste deel een inkassing van 170 mm aangebracht voor een geluidsabsorberende voorzetwand met gepeforceerde

Fig. 1 Viaduct in N14 op pijlers en dekken A, B en C over bakconstructie

7 | Verdeueling grondkering moot 8 voor aanhechting met betonwand



bakstenen, een zogenoemde Akustiekzeegel (foto 6). Hetzelfde type wand is toegepast voor de voorzetwanden van de grondkering en van het viaduct.

Speciale aandacht verdient het diepste deel van de bakconstructie, moot 8, gelegen onder het viaduct. Het ontwerp van de wanden van deze moot is afwijkend ten opzichte van de andere moten. Door de bouwfasering van de kruising wordt de grondkering uit de bouwfase geïntegreerd in de wand van de moot. De grondkering kan niet worden getrokken, aangezien het viaduct dan reeds is gebouwd. Uiteindelijk heeft de combiwand vier functies:

- onderdeel van de bouwkuip in de bouwfase;
- onderdeel van de permanente wand van de bakconstructie;
- bekisting van de betonnen wand;
- casing voor de buispalen van het viaduct.

De grondkering ter plaatse van moot 8 bestaat uit een damwand (type L607) gecombineerd met buispalen (Ø914 x 20 mm). De

betonnen wand van de bak is tegen de grondkering aangestort. Om een samenwerkende constructie te verkrijgen zijn de casings en damwanden voorzien van stifdeuvels (fig. 7). De wand is in het ontwerp uitgerekend als uitragende staal-betonligger. De minimale dikte van de betonwand van deze moot werd hiermee beperkt tot 500 mm bij een kerende hoogte van 7,5 m. De vervorming van de buispalen van zowel het viaduct als de grondkering is nauwkeurig berekend om te garanderen dat beide constructieonderdelen onafhankelijk van elkaar werken.

De afwatering van de bakconstructie gaat door een systeem van kolken (aan elke zijde één per moot), in de vloer ingestorte rioleringsbuizen en een waterkelder met pompinstallatie. De waterkelder ligt onder moot 9. Het diepste punt van de N44 ligt in moot 8, maar de uitbouw voor de pompenruimte is daar moeilijk te realiseren. Vanaf een kolk op het diepste punt ligt een rioleringsbuis onder afschot naar de kelder. De inhoud van de kelder is, in

combinatie met de pompcapaciteit, gedimensioneerd op een maatgevende regenbui volgens de kromme van Braak, met een overschrijdingsfrequentie van 1 keer per 250 jaar. De kelder is zodanig ingericht dat de eerste 4 mm regenval wordt afgevoerd naar de rioering en de rest wordt geloosd op open water. De pompen bevinden zich in een ruimte naast de bak. Boven de pompen is een ruimte voor de schakelkasten van de pompinstallatie en de verlichting, toegankelijk vanuit de bak en door een toegangsluik op maaiveld.

Maaivelddekken

Op de bakconstructie voor de N44 liggen drie dekken op maaiveldniveau voor het kruisende auto-, fiets- en voetgangersverkeer. De architect heeft de vorm van de dekken overeen laten komen met de geometrie van de wegen die eroverheen gaan. Dek A is horizontaal gekromd ('de banaan'), dek B is als het ware in het veld ingesnoerd ('de zandloper') en dek C, een fiets- en voetgangersviaduct, is recht.

Vanwege de vormgeving is gekozen voor in het werk gestorte betonconstructies. Gezien de overspanning en de beschikbare constructiehoogte zijn de dekken voorzien van voorspanning (tabel 1) en uitgevoerd in B55. De maaivelddekken zijn statisch bepaald opgelegd op de wanden van de

Tabel 1 | Voorspanning maaivelddekken

maaivelddek	verkeersklasse	constructiehoogte	voorspanning	voorspangraad ¹⁾
A	60	1,221	19 x 12 strengen Ø 15,7	45%
B	60	1,221	25 x 12 strengen Ø 15,7	48%
C	30	1,291	13 x 12 strengen Ø 15,7	51%

¹⁾ De voorspangraad is hier gedefinieerd door de verhouding tussen het opbulgende moment van de voorspanning en het maximaal optredende neerwaartse moment.

bak. De dekdikten zijn 850 mm voor de dekken A en B (verkeersklasse 60) en 650 mm voor dek C (verkeersklasse 30).

Vanwege de bijzondere vormen zijn de dekken berekend met het eindige elementenprogramma FSA Prima Win, uitgaande van het principe van gedeeltelijk voorgespannen beton. De voorspanning balanceert de permanente belastingen en een deel van de veranderlijke (mobiele) belasting. De trekspanningen die optreden onder de maximale verticale belasting worden opgenomen

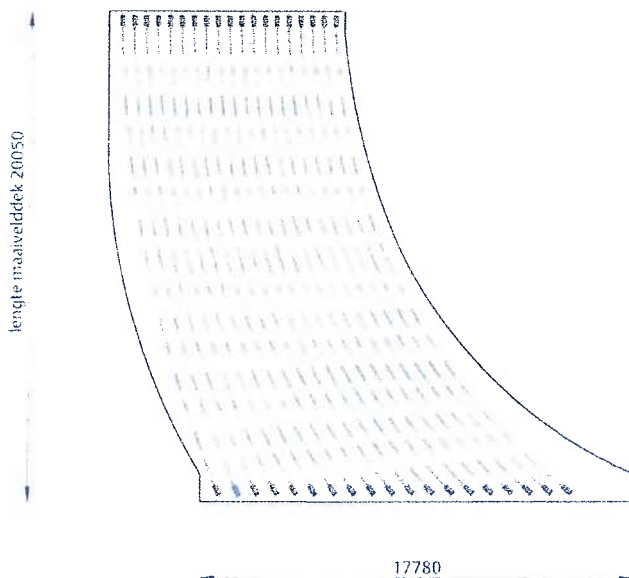
door zachtstaalwapening. Door dit principe kon het kabelverloop eenvoudig worden gehouden.

De voorspanning is in twee stappen aangebracht. Tijdens de uitvoering kwamen de gemeten verlengingen van de voorspankabels goed overeen met de berekende waarden uit het spanprotocol.

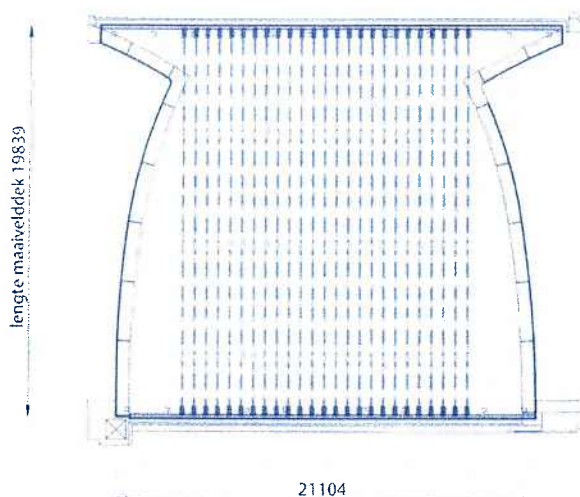
De voorspanning van het gekromde dek A (fig. 8) is in twee richtingen gekromd: zowel verticaal als horizontaal. Daarbij is de keuze gemaakt om in het horizontale vlak de zwaartlijn van de voorspankabels zo goed mogelijk

gelijk te laten lopen met de zwaartlijn van het dek. De krommingsdrukken in het horizontale vlak blijven hierdoor beperkt en zo wordt voorkomen dat in horizontale richting trekspanningen optreden.

Het kenmerk van maaivelddek B is de insnoering van het dek van een maximale breedte van 25 m naar een minimale breedte van 15 m. Door deze insnoering wordt de ligging van de voorspankabels grotendeels bepaald. Er is gekozen voor rechte kabels, waardoor de voorspanning alleen in het middengebied ligt (fig. 9). Dit resulteert wel in dwarsmomenten in het veld en in afwijkende oplegreacties. De middelste opleggingen vertonen een toename van de oplegdruk, terwijl de buitenste opleggingen een afname laten zien. Deze effecten zijn echter zodanig beperkt, dat de keuze voor een eenvoudig kabelverloop gerechtvaardigd is. De uitvoering van de maaivelddekken is zonder problemen verlopen. ■



8 | Strengenspatroon dek A



9 | Strengenspatroon dek B

Literatuur

1. Kreling, M., Aquaduct Vliet, Leidschendam. Rationeel ontwerpen en bouwen. *Cement* 2002, nr. 8.
2. Oremus, F., Sijtwende benut meervoudige mogelijkheden holle dijk. *Cement* 1999, nr. 8.

Projectgegevens

opdrachtgever:

Bouwdienst Rijkswaterstaat

architect:

Quist Wintermans Architecten

aannemer d&c-contract:

BAM Civiel

ontwerp:

Delta Marine Consultants (voorheen

Multiconsult Civiele Techniek)

Royal Haskoning