



Afzinktunnels Dordtsche Kil en Oude Maas

ir. W.M. 't Hart, en ir. Ch.J.A. Hakkaart, Bouwcombinatie HSL Drechtse Steden

Naast de brug over het Hollands Diep kruist het hsl-tracé in Zuid-Holland nog twee grote rivieren, de Dordtsche Kil en de Oude Maas. Beide kruisingen worden gerealiseerd met een afzinktunnel. Afwijkend van de gebruikelijke ontwerpcriteria bij afzinktunnels zijn de hoge snelheid in combinatie met de eis voor directe spoorstaafbevestiging en het feit dat de tunnelbuizen deel uitmaken van de primaire waterkering.

Ontwerpcriteria

De bepalende functionele criteria voor het tunnelontwerp zijn de geschiktheid voor treinen met snelheden tot 300 km/h en voor een doorgaand railsysteem met een directe spoorstaafbevestiging. De hoge snelheid betekent dat niet alleen de vrije ruimte voor trein en bovenleiding bepalend is, maar dat er extra ruimte dient te worden voorzien voor de drukgolf. Een trein die op hoge snelheid een tunnelbuis binnenrijdt, veroorzaakt druk- en onderdrukgolven. De drukverschillen die hierdoor tussen het inwendige van de trein en de tunnelbuis ontstaan, dienen te worden beperkt in verband met het reizigerscomfort. Op grond van uitgebreide studies had de opdrachtgever in de richtlijnen vastgelegd dat een vrije buisdoorsnede van 45 m² (enkel spoor) vereist was, in combinatie met drie luchtschachten per oever en drukvereffenings-

openingen in de middenwand na elke 25 m.

De hoge snelheid in combinatie met de eis voor directe spoorstaafbevestiging stelt bijzonder stringente eisen aan het zettings- en vervormingsgedrag van de tunnels. Deze eisen zijn als volgt:

- de globale totale zetting van de tunnel, na bevestiging van de rails, mag niet meer zijn dan 30 mm;
- het zettingsverschil over een voeg ten gevolge van de treinbelasting dient te worden beperkt tot 0,75 mm, dan wel tot 2 mm ten gevolge van de andere belastingen;
- indien de zettingsverschillen over een voeg niet tot het bovenstaande kunnen worden beperkt, dient een overgangsplaat (pendelplaat) te worden aangebracht. De maximale helling van deze plaat mag 1:350 niet overschrijden.

Het moge duidelijk zijn dat dit voor een civiele constructie 'op staal' zeer hoge eisen zijn. Immers deze eisen hebben er voor het overgrote deel van het hsl-tracé toe geleid dat een volledig onderheide constructie, de zogenoemde zettingsvrije plaat, wordt gerealiseerd.

De eis dat het direct bevestigde spoor doorgaand moet zijn, is voor een afzinktunnel uniek. Buiten de afzinktunnels is deze eis namelijk vertaald naar een maximum ongedilateerde lengte voor een kunstwerk van 35 m. Dit is echter voor afzinktunnels geen praktische lengte.

Een uniek gegeven voor deze tunnels is tevens dat de tunnelbuizen deel uitmaken van de primaire waterkering. De toeritten van beide hsl-tunnels lopen namelijk niet over een primaire kering heen. Dit heeft tot gevolg dat de toegepaste veiligheidsfactoren in de betonberekeningen hoger zijn dan gebruikelijk in de VBC. Tevens is de bovenbelasting door grond op de tunnels daardoor hoog. De tunnels lopen tot ver in de oevers en de primaire dijken liggen op het tunneldak.

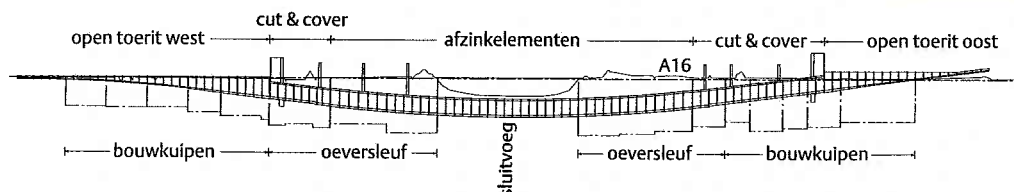
Randvoorwaarden

Naast bovenstaande technische eisen zijn bij de inschrijving nog twee belangrijke randvoorwaarden gesteld. De beschikbare ontwerp- en bouwtijd tot de mijlpaal 'aanleg railsystemen' was minder dan vier jaar en het bekende bouwdok Barendrecht werd door de opdrachtgever 'om niet' ter beschikking gesteld als productielocatie. Gezien de beschikbare bouwtijd is gekozen voor één dokking en hiermee lag, gegeven de benodigde tunnelbreedte en het oppervlak van het bouwdok, de maximaal haalbare lengte van de afzinktunnels vast. Dit heeft ertoe

Tabel 1 | Tunnel Dordtsche Kil van west naar oost

open toerit west	681 m	1 moten
cut & cover west	161 m	7 moten
zinkdeel	974 m	5 elementen van 135 m; elk 6 moten 2 elementen van 150 m; elk 6 moten
cut & cover oost	374 m	16 moten
open toerit oost	440 m	20 moten

1 | Langsdoorsnede tunnel Dordtsche Kil



geleid dat ten opzichte van het referentie-ontwerp van de opdrachtgever er voor gekozen is om de lengte van het afgezonken deel van de tunnels in te korten ten koste van diep gelegen cut & cover-delen.

Tunnel lay-out en doorsnede

De lay-out van de tunnel Dordtsche Kil (fig. 1) is weergegeven in tabel 1.

De lay-out van de tunnel Oude Maas (fig. 2) is weergegeven in tabel 2.

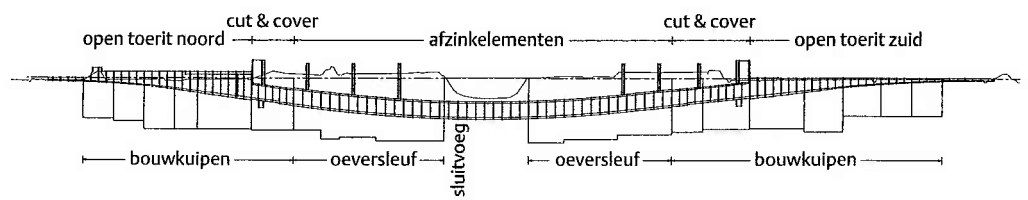
De dwarsdoorsnede van de gesloten delen bestaat uit twee buizen (fig. 3). De vereiste vrije ruimte in verband met de drukgolfproblematiek is gevonden in de breedte. In verband met de beperking van diepgang op de Dordtsche Kil is de buitenwanddikte van deze tunnel beperkt tot 950 mm. De wanddikte van de tunnel Oude Maas is 1100 mm. De middenwand is in beide gevallen 800 mm dik.

Over de gehele lengte van de tunnels worden ter weerszijden van het spoor perrons aangebracht. In de gesloten delen fungeren de binnenperrons als evacuatiepad in geval van calamiteiten. Daartoe krijgen deze perrons een vaste maat ten opzichte van bovenkant spoor. Gezien de verlopende verkanting van het spoor betekent dat de hoogte van de binnenperrons ook verloopt. Bij de vluchtuurdeuren, hart-op-hart 150 m, dienen de beide binnenperrons ter weerszijden van de deur op dezelfde hoogte te liggen. Zo wordt zelfs iets simpels als een perron, bij de hsl tot een ware uitdaging.

Verticale fixatie zinkelementen

De zettingseisen gepaard aan de hoge bovenbelastingen leiden tot een voor zinktunnels onconventionele verticale fixatie ter plaatse van zowel de mootvoegen als de zinkvoegen.

Traditioneel worden zinktunnels voorzien van een fixatie met 'be-



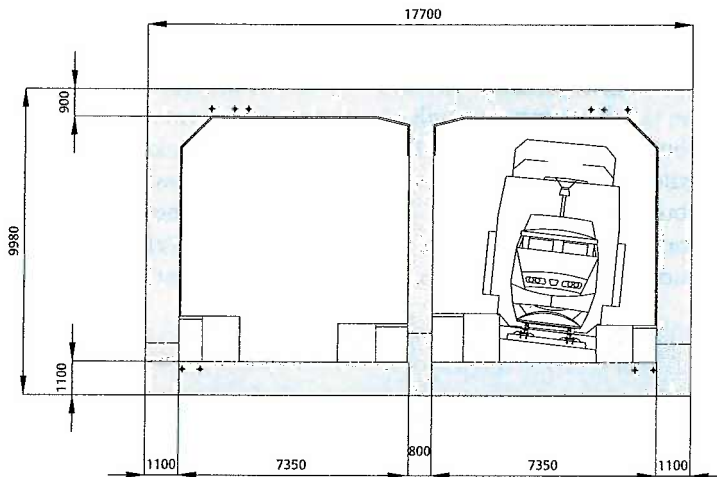
Tabel 2 | Tunnel Oude Maas van noord naar zuid

open toerit noord	572 m	27 moten
cut & cover noord	116 m	6 moten
zinkdeel	1054 m	7 elementen van 150 m, elk 6 moten
cut & cover zuid	215 m	10 moten
open toerit zuid	684 m	32 moten

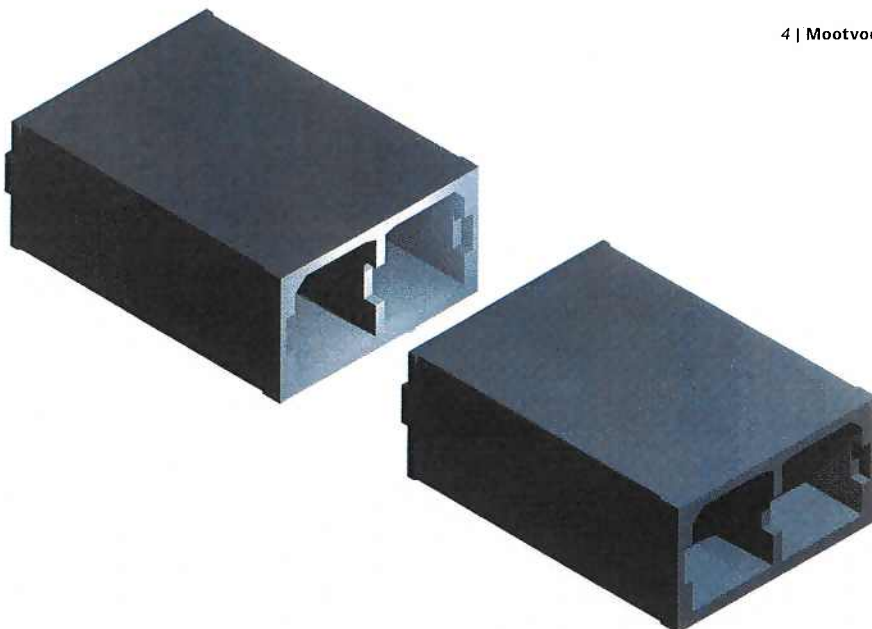
2 | Langsdoorsnede tunnel Oude Maas

tonkragen' in vloer en dak. Gezien de hoge bovenbelasting was de capaciteit hiervan onvoldoende en is voor verdeuveling in de wanden gekozen. In het verleden is hiervoor wel een type visgraatverdeuveling gebruikt; in verband

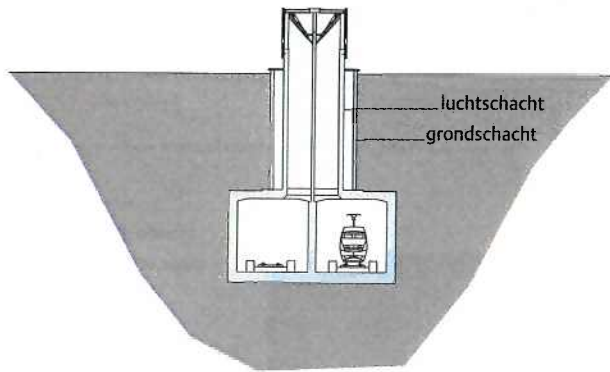
met de stringente zettings- en verplaatsingseisen viel ook deze oplossing af. Gekozen is voor een tandverbinding waarbij zowel in de buitenwanden als de middenwand een vaste constructieve tand wordt gemaakt (fig. 4).



3 | Dwarsdoorsnede afzinkelement



4 | Mootvoegen



5 | Grondschaft

Gezien de grootte van de op te nemen kracht bleek dat constructief de volledige dikte van de wand nodig was. Voor de middenwand was dit geen probleem, echter voor de buitenwanden lag dit vanzelfsprekend anders. Daar moest immers aan de buitenzijde minimaal 500 mm betondikte blijven in verband met de waterafdichting.

De oplossing is gevonden om ter plaatse van de voegen de wanden naar buiten toe te verdikken. De waterdichting loopt in deze 'knobbels' buiten om de tand.

De tanden bevinden zich zowel in de mootvoegen als in de afzink-

voegen, met uitzondering van de overgangen naar de cut & covers. De tanden in de mootvoegen worden in het bouwdok gemaakt. Voor de tanden in de zinkvoegen is dit echter onmogelijk. Wel wordt in het ene element de opening aangebracht. De console kan pas na het afzinken en na de consolidatie worden gemaakt.

Overgang zinkdelen naar cut & cover

Ter plaatse van de overgang tussen de onderheide gesloten delen en de zinkdelen was een verticale fixatie geen optie. Gezien het verschil in constructief gedrag waren de krachten niet opneembaar.

Op deze overgang wordt een zogenoemde pendelplaat toegepast. De plaat wordt aangebracht ter plaatse van het spoor en is aan de ene zijde scharnierend opgelegd op het onderheide cut & coverdeel en aan de andere zijde scharnierend op het zinkelement. Deze plaat zal zo kort mogelijk voor het aanbrengen van het spoor worden aangebracht. Het zinkelement zal worden voorbelast door aanbren-

gen van tijdelijke overhoogte op maaiveld. Hierdoor zal vóór het aanbrengen van de pendelplaat een primaire zetting zijn opgetreden, behorende bij een overmaatse belasting. De eventuele seculaire zetting, alsmede vervormingen ten gevolge van de mobiele belasting, kunnen worden overbrugd door de plaat, binnen de gestelde eisen van een hoekverdraaiing van 1:350. Als beheersmaatregel is de pendelplaat in principe nastelbaar uitgevoerd.

Luchtschachten

De luchtschachten zijn een uniek fenomeen voor een afzinktunnel en dienen uitsluitend ter beperking van de drukgolven in de tunnel. De schachten lopen vanaf het tunneldak tot boven het maaiveld. Een gedeelte van de schachten staat op de zinkelementen. Tijdens het ontwerpen bleek dat de langsvormingen van de 150 m lange zinkelementen ten gevolge van temperatuur zodanig waren, dat ontoelaatbare momenten optraden in de schachten en het tunneldak. Om dit probleem

6 | Overzicht bouwdok





op te lossen zijn dubbele schachten voorzien. De zogenoemde grondschacht (fig. 5) keert de grond en kan schuiven over het tunneldak. Binnen deze schacht wordt de eigenlijke luchtschacht gemaakt. Deze schacht is waterdicht en vast verbonden met de tunnel. De ruimte tussen de schachten wordt opgevuld met water.

Toeritten

De toeritten worden voornamelijk geconstrueerd binnen traditionele kuipen met combiwanden/damwanden en onderwaterbeton. Wellicht minder traditioneel is de toepassing van zogenoemd 'open onderwaterbeton'. Normaal gesproken heeft onderwaterbeton zowel een waterafsluitende als een stempelende functie. Bij het open onderwaterbeton echter worden ontlastbuizen ingestort, waardoor geen waterdruk tegen de vloer kan optreden. De waterkerende functie, die natuurlijk wel nodig is, wordt gewaarborgd door de diepergelegen laag van Kedichem. Het onderwaterbeton

functioneert als stempel en als een deksel dat het tekort aan grondgewicht voor het verticale evenwicht compenseert, en kan hierdoor relatief dun blijven. Overigens is dit niet overal vlekkeloos verlopen, aangezien er op een aantal plaatsen teveel lekwater door de ontlastbuizen stroomde. Dit heeft geleid tot te grote debieten en daarmee tot overschrijding van de toegestane bemaling. Toch heeft deze oplossing in combinatie met relatief lage ontwerpwaterstanden (1 in 20 jaarswaterstand in plaats van MHW1994), gecombineerd met beheersmaatregelen, voor de bouwphase geresulteerd in een belangrijke optimalisatie.

Tevens is de keus gemaakt om, ondanks de zeer diepe kuipen, één hooggelegen stempelraam aan te brengen. Qua investering lijkt dit kostbaar, maar dit heeft zeker met betrekking tot de productie en dus de planning zijn vruchten afgeworpen.

De paalfunderingen bestaan voor de diepste delen uit MV-palen,

vervolgens vibro-combipalen en voor de ondiepere delen uit voorgespannen betonpalen. Bij de betonpalen is, mede op grond van een risico-analyse, besloten preventief te investeren in driezijdig uitwendige ribbels, een hoge betonsterkteklasse (B 65) en een hoog voorspanniveau (7 N/mm^2). Alhoewel causaal verband helaas niet is aan te tonen, is relatief weinig paalschade opgetreden.

Status van het werk

Begin 2003 is het ontwerp afgerond en het werk buiten in volle gang. Het bouwdok Barendrecht (foto 6) zal rond de bouwvakvakantie worden geïnundeerd en het afzinken van de tunnels is gepland in dit najaar.

Op alle vier de oevers zijn de bouwkuipen grotendeels gereed en is het betonwerk aan zowel de gesloten delen als de open toeritten in volle gang (foto 7). ■