

Tunnelbak van 420 m lengte in Eindhoven

Constructie met complexe facetten

ing. H.J. Vennix, gemeente Eindhoven

ir. M.G.M. Schamp, AAC Infra v.o.f. Raadgevende Ingenieurs

ing. E. van der Poel, Colijn Werkendam

Op de kruising van de westelijke radiaal Noord-Brabantlaan - Cederlaan en de Ring in Eindhoven werd tussen 2001 en 2003 een 420 m lange tunnelbak aangelegd, één van de grootste infrastructuurprojecten in de stad tot nu toe. Deze scheidt ongelijkvloers het verkeer op de Ring (hier Beukenlaan geheten) en een vrijliggende busbaan (foto 1). Het € 20 miljoen kostende project heeft Eindhoven van één van zijn drukste en gevaarlijkste kruispunten verlost.

De tunnelbak is het sluitstuk van de centrale verbindingssas in Eindhoven, die het station en de binnenstad van Eindhoven met Veldhoven, Meerhoven en Eindhoven Airport verbindt. Over de as rijdt de Phileasbus, een in de regio ontwikkelde nieuwe wijze van Hoogwaardig Openbaar Vervoer (HOV). Door de ligging van de kruising,

in een stedelijk gebied met aan weerszijden parallelwegen en bebouwing, moesten zowel tijdens de voorbereiding als de uitvoering de nodige problemen worden opgelost. De omgeving legde aan het verkeerskundig ontwerp nogal wat beperkingen op. Uiteindelijk heeft dat geleid tot een ontwerp dat juist voldeed aan de minimale

eisen voor wegbreedte, hellingspercentage en dergelijke.

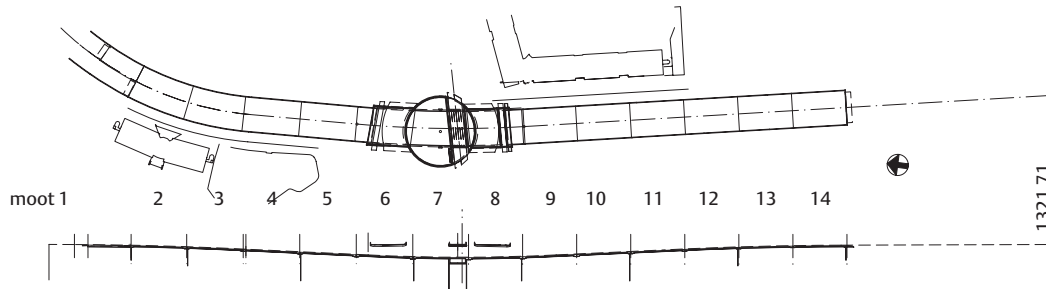
Tijdens de constructieve uitwerking is gezocht naar zo dun mogelijke constructies. De wanddikte is geoptimaliseerd, hetgeen een 0,88 m grotere nettobreedte opleverde. Door het toepassen van betonbarriers in plaats van verhoogde midden- en zijgeleiders is veel ruimte gewonnen. Er is nu 17,00 m asfalt beschikbaar voor het verkeer, tegen 13,80 m in het verkeersontwerp.

Door het kruisingsvlak ten opzichte van de bebouwing zo hoog mogelijk te leggen is 0,50 m gewonnen. In combinatie met een kleinere constructiehoogte van het brugdek hoefde de tunnelbak circa

1 | De Ring (Beukenlaan) in de tunnelbak, het kruisend verkeer op de westelijke radiaal Noord-Brabantlaan - Cederlaan maakt gebruik van de rotonde boven de tunnelbak, de rechte busbaan kruist in de rotonde de tunnelbak



2 | Verdeling van de tunnelbak in moten



0,70 m minder diep te worden, waardoor de hellingspercentages minder werden.

Geometrie

De geometrie van de tunnelconstructie kan complex worden genoemd. De lengteas ligt in een verticale en horizontale boog. In dwarsrichting draait de verkanting om de lengteas van een dakprofiel naar een profiel 'op één oor'. Ter hoogte van de rotonde verbreedt de doorsnede zich in een komvorm. Het middelpunt van de kom ligt excentrisch ten opzichte van de lengteas van de tunnel en van de rotonde. De rotonde ligt enigszins excentrisch van de tunnelbak en het rechte HOV-viaduct in de rotonde kruist de tunnel onder een hoek.

De geometrie vereiste zowel in de uitwerking en uitvoering bijzonder veel aandacht voor een juiste maatvoering.

Bouwput

Voor de bouwput zijn in de voorontwerpfase diverse varianten opgesteld: een bouwput met lange damwanden in waterremmende lagen of met korte damwanden in hoger gelegen waterremmende lagen en onderwaterbeton, een V-polder en waterdichting door middel van folies. Mede vanwege ruimtegebrek is in het bestek uitgegaan van een bouwput met lange stalen damwanden (fig. 3), voor de moten 7 en 8 zelfs tot 25 m, en het toepassen van bemaling. Voor de damwanden was een typenummer aangegeven, waarvoor in het bestek het benodigde weerstandsmoment was opgenomen.

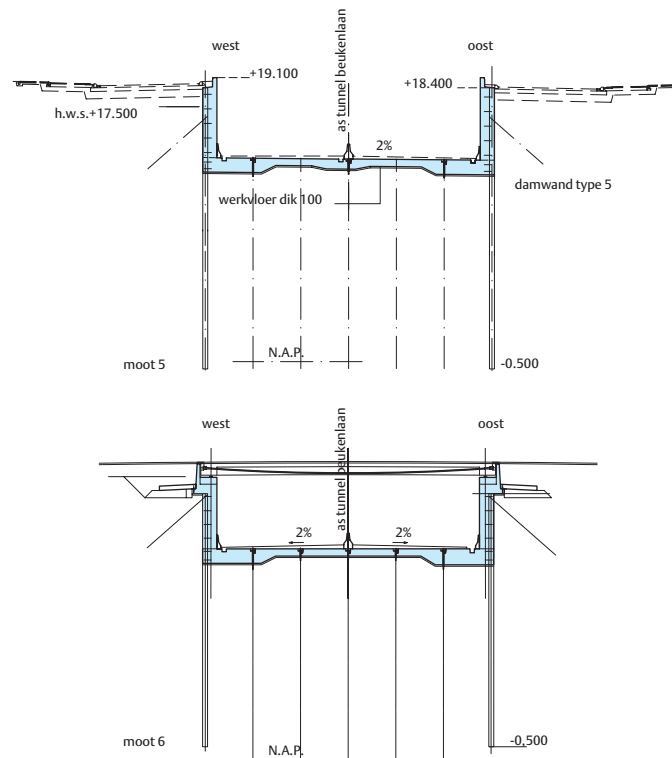
De aannemer bood als variant korte damplanken in de hoger gelegen waterremmende lagen aan, met als bijkomend voordeel minder trillingen naar de omgeving en een kleiner bemalingsdebiet. De vloer van de waterkelder, het diepste punt van de tunnelbak, moest nu wel met onderwaterbeton worden gestort omdat de damplanken door de waterremmende laag staken. De bouwkuip is met dwarsschermen opgedeeld in veertien compartimenten van 30 m (fig. 2). Elk compartiment is afzonderlijk bemalen en ontgraven. In totaal is ruim 40 000 m³ grond afgevoerd. De damwanden zijn in de bouw fase voorzien van tijdelijke grout-

ankers. Vanwege later uit te voeren rioleringswerken naast de tunnel mogen deze ankers in de gebruikssituatie niet meer functioneren en zijn na realisering van het betonwerk doorgebrand. De damwand maakt nu deel uit van de constructie.

Constructie

De gewapend-betonvloeren zijn op staal gefundeerd met plaatselijk grondverbetering. De vloerdikte bedraagt 500 mm met verzwaringen aan de zijkanten, 700 mm dik bij de hooggelegen en 1000 mm dik bij de laaggelegen moten (fig. 3). Op de vloer zijn de betonnen wanden gestort in dezelfde dikte als de aansluitende vloer, waarbij

3 | Dwarsdoorsneden over de moten 5 en 6



4 | Opgelaste stiftdeuvels voor de samenwerking tussen beton en damwandprofiel



5 | Cannelures in de wanden van de tunnelbak



de damwanden dienst doen als wapening. Opgelaste stiftdeuvels (foto 4) verzorgen de samenwerking tussen beton en damwandprofiel.

Omdat een groot deel van de moten permanent of wisselend in het grondwater ligt, wordt de opwaartse waterdruk opgenomen door verticale groutankers (Leeuwankers), die met schotels in de betonvloeren zijn verankerd. De damwanden nemen ook een deel van de opwaartse belasting op. De moten zijn onderling gekoppeld door deuvels die verschillen in verticale belasting op de aansluitende moten kunnen opnemen en lengteverandering van de moten mogelijk maken. Hoewel de onbehandelde dam-

wandplanken na verloop van tijd zullen worden aangetast door corrosie, loopt de constructie hierdoor geen gevaar. Bovendien bevinden de plankdoorsneden met de grootste spanning zich permanent in het grondwater, waar nauwelijks corrosie kan optreden.

Om weerspiegeling op de betonnen wanden tegen te gaan is hierin een verticaal cannelurepatroon opgenomen (foto 5). De bekisting, bestaande uit staalprofielen met systeembruggen en een betonplexplaat voorzien van trapeziumvormige hardhouten latten voor de cannelures, werd met centerpennen aan de damwand vastgezet en met schoren aan de vloer bevestigd.

De voorgespannen dekken zijn afgewerkt met prefab betonschorten, de 'kom' met natuursteen. De wanden van de tunnelbak zijn voorzien van een afdekkap met een RVS-leuning. Het busbaanviaduct is bekleed met een gezette staalplaat.

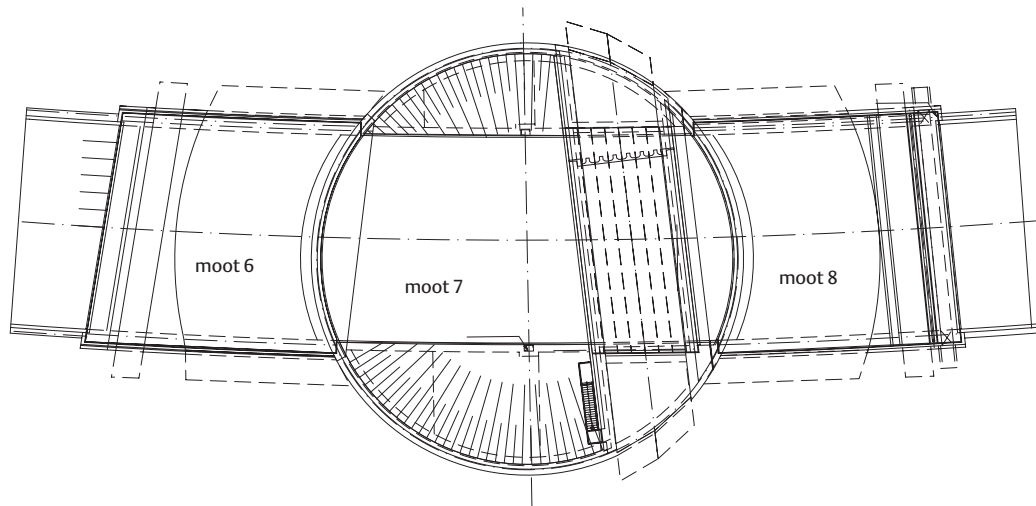
Opbouw middelste moten

De middelste moten (6, 7 en 8) wijken qua vorm en constructieve functie af van de overige (fig. 6). Moot 7 vormt het hart van de rotonde en heeft een komvorm. In deze moot bevinden zich de waterkelder en de technische ruimte van waaruit waterhuishouding en verlichting van de tunnelbak worden geregeld. De betonnen kom is ter plaatse bekist en gestort.

Over het rechthoekige volume van de technische ruimtes loopt het prefab dek voor de HOV-lijn, dat op maaiveldniveau de tunnelbaan overkluist. Het dek is opgebouwd uit prefab liggers, voorzien van een druklaag en opgelegd op een wand van de technische ruimte en een betonnen pijler (foto 1). Het dek is ter hoogte van de betonnen pijler horizontaal gefixeerd door een buigslappe voeg. Hoewel het dek alleen bestemd is voor de Phileas-bus, is de constructie ontworpen voor verkeersklasse 60.

Op een deel van de wanden van de moten 6 en 8 is een voorgespannen plaat opgelegd voor drie rijstroken voor verkeersklasse 60, een fietspad en een voetpad. Het is een massieve, in het werk gestorte vloer met een dikte van 800 mm, voorgespannen door 26 kabels en achteraf geïnjecteerd.

Door de gebogen vloerrand aan de binnenzijde van de platen zijn de eerste zes kabels vanaf de binnenzijde ook gebogen, waarbij de eerste kabel de vloerrand volgt en de zesde bijna evenwijdig met de hoofdrichting loopt. De voorspanning in de dubbelgekromde kabels zorgt dus niet alleen voor opwaartse kracht, maar ook voor een kracht evenwijdig aan de plaat. Deze krachten zijn door zachtstaalwapening opgenomen.



Kruising leidingen

Omdat een aantal leidingen de Beukenlaan kruist, is onder het fiets- en voetpad van één van de dekken een inkassing van 1000 x 500 mm² gemaakt en is over de volle lengte van het dek een aantal loze leidingen ingestort. De loze leidingen in het dek waren voor de buigspanningen in de plaat geen probleem, maar kwamen bij de opleggingen in conflict met de wapening en de spankoppen van de voorspankabels, hetgeen met veel passen en meten is opgelost.

Tijdens de bouw moest het drukke verkeer op de Ringweg doorgaan. De auto's werden op tijdelijke wegen direct langs de bouwput geleid. Het plaatselijk verkeer dwars over de ring mocht tijdelijk worden gestremd, maar fietsers en voetgangers moesten te allen tijde het werk kunnen kruisen. Daarvoor is een tijdelijke fiets- en voetgangersbrug gemaakt, waarin tevens kabels en leidingen werden opgenomen. Vooral het verleggen van de stoomleiding voor de warmtehuishouding van het nabije Evoluon was een logistiek en technisch lastig project. Om de wegwerkzaamheden op maaiveldniveau trapsgewijs te kunnen uitvoeren werd de tunnelbak gefaseerd in gebruik genomen. Eind 2003 waren tunnelbak en rotonde gereed.

Hiermee is een even omvangrijk als complex werk tot een goed einde gebracht, vooral omdat alle deelnemende partijen eensgezind hebben samen gewerkt en door de inzet van hun vakmanschap. ■

Projectgegevens

opdrachtgever:

Gemeente Eindhoven

directievoering:

Dienst Stedelijke Ontwikkeling en

Beheer Eindhoven / adviesgroep

Wagemaker, Rosmalen

constructief ontwerp:

AAC Infra v.o.f. Raadgevende Ingenieurs, Rotterdam / Eindhoven

hoofdaannemer:

Combinatie Rasenberg (wegenbouw) -

Strukton (betonconstructie, door

Colijn, Werkendam)

leverancier prefab liggers

busbaan:

Betonson, Son



Met Phileas op reis

De Phileasbus (foto 7) is een in Eindhoven ontwikkelde nieuwe vorm van hoogwaardig openbaar vervoer, genoemd naar wereldreiziger Phileas Fogg uit Jules Verne's "Reis om de wereld in tachtig dagen". De elektrisch aangedreven bus rijdt als een tram, echter niet op rails maar via geleiding in het betonnen wegdek. Met het proefproject HOV-Eindhoven regio kan worden aangetoond dat het HOV-systeem voldoet aan de hoge eisen van reiziger en vervoerder en toch betaalbaar kan zijn. Verder is het creëren van interesse uit de markt van belang voor de concurrentiepositie van de Nederlandse regionale voertuigindustrie. Het concept is een nationaal en internationaal demonstratieproject voor kleine- en middelgrote steden.