

cement/0303/zestien.doc

aantal woorden: 1968

aantal illustraties: 11

Constructie & uitvoering

Waterbouw

titel

Diepwanden bij Zestienhoven

auteur

ing. J.P.M. Hogerwerf, HSL-cluster Zuid-Holland Midden/Delta Marine Consultants

intro

Voor de HSL ten noorden van Rotterdam is een tunneltracé voorzien met een totale lengte van 4040 m. Vanwege de plaatselijk beperkte werkhoogte wordt een deel hiervan uitgevoerd met diepwanden. In dit artikel komen het ontwerp en uitvoering ervan aan de orde.

body

Het tunneltracé bestaat uit een opeenvolging van gesloten tunneldelen, open tunnelbakken en toeritten [1] en is gedeeltelijk gelegen in of eigenlijk onder een nog te ontwikkelen gebied 'Rotterdam Noordrand'. Deze locatie ligt globaal tussen de bestaande wijken Overschie en Schiebroek ten zuiden van Rotterdam Airport (fig. 1).

Het 1130 m lange diepwandgedeelte bevindt zich onder de aanvliegeroute van Rotterdam Airport en is onderverdeeld in een gestempelde open bak, een ongestempelde open bak en drie locaties waar de open bak wordt overkluist. De overkluizingen worden toegepast bij de kruisingen met de Hofpleinlijn, de Adrianalaan en in het verlengde van de landingsbaan van Rotterdam Airport ter plaatse van de zogenoemde 'ERESA'-zone (Extended Runway End Safety Area). Het ERESA-dak is vooral bedoeld om het veiligheidsniveau van de HSL te garanderen t.p.v. een gevarezone in het verlengde van de start- en landingsbaan van Rotterdam Airport. Het diepwanddeel sluit ten noorden van het nieuw te bouwen viaduct over het HSL-tracé ter plaatse van de Doenkade aan op het onderwaterbeton deel van toerit noord.

Waarom diepwanden

Uiteraard mag het vliegverkeer geen hinder van de bouw ondervinden. Als randvoorwaarde is in het Programma van Eisen een hoogtebeperking tijdens de bouw opgenomen. Dit zogenoemde obstakelvrije vlak bestaat uit een tweetal denkbeeldig trechtvormige vlakken voor respectievelijk dalende en stijgende vliegtuigen. Het is zonder toestemming van Rotterdam Airport verboden om met materieel in het obstakelvrije vlak te komen.

Uit deze vlakken blijkt dat ter plaatse van het HSL-tracé een hoogtebeperking geldt vanaf NAP + 4,50 m (fig. 2). Het maaiveldniveau ligt op circa NAP - 5,00 m. Kortom, een maximaal beschikbare werkhoogte van 9,50 m. De conventionele oplossing: een tunnel of open bakconstructie gefundeerd op palen, gemaakt in een open bouwput, was hier vanwege de hoogtebeperking niet mogelijk. Het diepwandconcept blijkt onder deze omstandigheden de beste en de goedkoopste oplossing: in de grond gevormde constructieve betonnen wanden, de zogenoemde diepwandpanelen, die reiken tot in de waterafsluitende laag van Kedichem. De panelen worden ter plaatse van de betonvloer en eventueel aan de bovenzijde op elkaar afgestempeld door betonnen stempels of door een tunneldek.

Geologisch profiel

Het diepwanddeel bevindt zich in een droogmakerijcomplex en moet als een kwelgebied worden beschouwd. Karakteristiek voor het gebied is de Holocene deklaag, bestaande uit veen en klei van de Westlandformatie, welke is gelegen op het Pleistocene pakket. Dit Pleistoceen wordt aangemerkt als het eerste watervoerend pakket. Onder dit pakket bevindt zich een waterscheidende laag van de formatie van Kedichem, de zogenaamde Eemlaag.

Het geologisch profiel ter plaatse van het diepwanddeel is als volgt samen te vatten (fig. 3):

- Holoceen pakket van NAP - 5,00 m tot NAP - 13,00 à - 17,00 m;
 - zandpakket tot NAP - 32,00 à - 35,00 m. Kenmerkend voor dit eerste watervoerend pakket is dat de stijghoogte zich gemiddeld op NAP - 4,00 m bevindt. Dit is ruim 1,00 m boven het huidige maaiveld!
- Tevens blijkt uit metingen dat het spanningswater brak is. Verziltiging van het freatisch grondwater dient zoveel mogelijk te worden voorkomen.

- Eemlaag vanaf NAP - 32,00 à - 35,00 m. De onderkanten van de panelen steken minimaal 1 m in de Eemlaag.

Open bakconstructie

In figuur 4 zijn principedoorssneden gegeven voor de gestempelde en de ongestempelde open bak. De paneelbreedte wordt bepaald door verschillende factoren zoals de beschikbare uitvoeringstijd, het beschikbare materieel en de grondgesteldheid. Op basis hiervan is gekozen voor een breedte van 6,50 m.

De diepwanden van de gestempelde bak worden aan de bovenzijde voorzien van een doorgaande betonnen gording met een doorsnede van $1,0 \times 1,5 \text{ m}^2$. Tussen deze gordingen worden de definitieve gewapend-betonnen stempels aangebracht met een hart-op-hartafstand van 6,50 m (foto 5). De ontgraving heeft plaats vanaf de buitenzijde van de bouwput, waardoor dit aanzienlijk wordt vereenvoudigd. Bij het noordelijke diepwanddeel worden de stempels weggelaten vanwege de vereiste vrije hoogte van de trein en het later door derden aan te brengen bovenleidingsstelsel.

Om het niveau te bereiken dat nodig is om de vloer te storten zijn in het algemeen tijdelijke stempels nodig die pas verwijderd kunnen worden nadat de vloer is uitgehard. Deze stempels worden aangebracht op het midden van elk diepwandpaneel, dus met een hart-op-hartafstand van 6,50 m (foto 6). Indien nodig is het diepwandpaneel voorzien van extra buig- en/of ponswapening.

De diepwandpanelen sluiten waterdicht op elkaar aan door middel van een voegprofiel. In de vloermoten tussen de diepwanden en in de langsgordingen worden dilatatievoegen aangebracht met een onderlinge afstand van 26 m. De dilatatievoegen worden steeds met de voeg tussen twee tegenoverelkaar liggende diepwandpanelen.

ERESA-deel

De ERESA-zone is een strook met een breedte van 150 m, $2 \times 75 \text{ m}$ vanaf het hart van de start- en landingsbaan. In deze zone mogen in de eindsituatie geen obstakels ten opzichte van het maaiveld aanwezig zijn, noch in positieve, noch in negatieve zin. Vanwege de schuine kruising met de HSL betekent dit dat het diepwanddeel over een lengte van 300 m gesloten moet worden uitgevoerd.

De tunnel bestaat uit een in-situ dekconstructie die een inklemming vormt met de diepwandpanelen. Het ontwerp is conform de gestempelde open bak, waarbij nu in de ontgravingsfase stalen stempels, $2 \times \text{HE400A}$, h.o.h. 6,50 m, op een oplegnok van de langsgordingen worden gemonteerd. Evenals bij de open bak heeft de ontgraving vanaf de buitenzijde van de bouwput plaats (foto 7). Nadat de vloer is gestort en de tijdelijke stempels zijn verwijderd, worden de staalprofielen in het dak ingebetonned. In het dak worden dilatatievoegen aangebracht, corresponderend met die in de vloer en de langsgordingen, om de 26 m.

De kruising met de G.K. van Hoogendorpweg loopt over het ERESA-dak. Deze weg is tijdelijk omgelegd en wordt in het voorjaar van 2003 weer teruggelegd, nadat de eerste dakmoten van de ERESA-tunnel gereed zijn.

Vanwege uitvoeringstechnische redenen is ervoor gekozen om de kruising met de Adrianalaan uit te voeren als een ERESA-dak.

Ontwerpaspecten

De waterdruk onder de vloer wordt via buiging afgedragen aan de diepwandpanelen. Om het inklemmingsmoment te kunnen opnemen, worden vooraf ter plaatse van de vloeraansluiting in de wapeningskorven van de diepwandpanelen stekankers opgenomen. Voor de verticale positie van de koppelingen is een tolerantie van plus of min 100 mm aangehouden. De toleranties in combinatie met de minimale en/of maximale waterdruk zijn in de berekening verdisconteerd. De dwarskrachtoverdracht wordt gerealiseerd door ter plaatse van de stekankers met multiplex een sponning te creëren. Nadat tussen de diepwanden gefaseerd is ontgraven, wordt het multiplex verwijderd, de sponning opgeruwd en worden de staafeinden ingedraaid (foto's 6 en 8). Ten gevolge van de waterdruk tegen de vloer ontstaat in het paneelgedeelte onder de vloer een trekkracht. Deze wordt door wapening opgenomen en via wrijving afgedragen aan de diepere grondlagen.

De diepwandpanelen zijn ontworpen volgens CUR-rapport 166, veiligheidsklasse 3; de berekeningen zijn uitgevoerd met het programma M-sheet. De panelen worden beschouwd als damwanden, bestaande uit lineair-elastisch materiaal. Door middel van een iteratief proces wordt de benodigde wapening en de daarbij behorende fictieve elasticiteitsmodulus van de diepwand bepaald. De relatie tussen het wapeningspercentage en de buigstijfheid is gebaseerd op de VBC 1995. Het wapeningspercentage en daarmee de effectieve elasticiteitsmodulus van de diepwand kan variëren

met de diepte. De wapeningskorven zijn hierdoor circa 30 m lang en hebben een massa van gemiddeld 18 ton (foto 9).

Viaducten Hofpleinlijn en Doenkade

De viaducten onder Hofpleinlijn en Doenkade bestaan uit prefab brugdekconstructies. Vooral het Hofpleinlijnviaduct is een technische uitdaging. In september van dit jaar moet tijdens een buitendienststelling van twintig dagen een wanden dak constructie worden gerealiseerd. Dit betekent ter plaatse van de aardebaan van de Hofpleinlijn het maken van tien diep wandpanelen en over een lengte van circa 70 m het aanbrengen van een prefab dekconstructie. Het dek wordt, nadat het gemonteerd is en de dwarsvoorspanning is aangebracht, in ter plaatse gestort beton 'momentvast' aan de diep wandpanelen verbonden.

Compartmenteringsschermen

Het diep wanddeel is, vanwege diverse kruisingen, opgesplitst in zeven compartimenten. Ter plaatse van de aansluitingen met de onderwaterbetondelen, de G.K. van Hoogendorpweg en de Hofpleinlijn worden als compartimenteringsscherm diep wandpanelen toegepast, bij de overige dwarschermen een cementbentonietwand in combinatie met een steunberm.

Met name de aansluitingen met de onderwaterbetondelen vereisten de nodige aandacht. Hier is ervoor gekozen het diep wand scherm constructief te verbinden met de aansluitende vloerdelen om verplaatsingsverschillen te voorkomen.

Uitvoering

Zoals uit het geografisch profiel blijkt, zal tijdens het ontgraven van de sleuven het Holocene pakket worden doorbroken. Zonder maatregelen vooraf zal het spanningswater via de sleuf rechtstreeks naar het maaiveld stromen. Om dit te voorkomen is het gebied opgehoogd met circa 2 m zand. Na consolidatie van het Holocene pakket worden de geleidebalken gesteld in een zandterp. De bovenzijde komt overeen met het maximale niveau van de bentonietspoeling, NAP - 2,50 m (foto 10).

De veiligheid op ontgraven van de diep wandpanelen (de zogenoemde sleufstabiliteit) is afhankelijk van de sleufafmeting (dus de paneelafmeting), de maximaal aanwezige wateroverspanning ten gevolge van de zandophoging en het niveau van de bentonietspoeling in de sleuf. Uitgangspunt voor de berekening is het reeds genoemde maximale niveau van de bentonietspoeling.

Uiteraard moet voorafgaand aan de ontgravingswerkzaamheden de aanwezige waterspanning van het Holocene pakket worden geverifieerd bij de dichtstbijzijnde waterspanningsmeters.

Aan de buitenzijde van elke zandterp is een werkweg aangelegd. Om ervan verzekerd te zijn dat het storten van het beton van de panelen een beheerst proces is, is de werkweg 1 m lager gelegd dan de bovenkant van de geleidebalk.

Met behulp van een lage graafmachine met een ingekorte giek wordt tussen de geleidebalken een sleuf gegraven van 30 tot 35 m diep. Nadat de sleuf op diepte is en de steunvloei stof is geregenereerd (= schoongespoeld), wordt 's nachts een wapeningskorf in de sleuf gehangen. Voor het inhangen van de wapeningskorven zijn goede afspraken gemaakt met Rotterdam Airport. Vanwege de nachtelijke sluiting van het vliegveld is de aannemer ontheffing verleend om van 2.45 tot 5.15 uur met zijn materieel door het obstakelvrije vlak te gaan. Dit geldt van de nacht van maandag op dinsdag t.m. de nacht van vrijdag op zaterdag. Elke nacht wordt een wapeningskorf voor een diep wand paneel ingehesen, geplaatst en op de geleidebalken gesteld. Afstandhouders zorgen ervoor dat de wapeningskorf gecentreerd in de sleuf hangt.

De volgende dag wordt het beton gestort. Na verharding van het beton wordt de bovenste 800 mm verwijderd en worden de langsgordingen gemaakt inclusief de betonnen stempels bij het diepe deel van de open bak. Bij de ERESA-tunnel worden de stalen stempels aangebracht. De ontgraving heeft plaats in den droge. Na de eerste ontgravings slag wordt het hulpwerk aangebracht om ten slotte te ontgraven tot het gewenste niveau. Vervolgens worden de stekeinden ingedraaid en de vloerwapening gevlochten (foto 11). Nadat de constructievloer is gestort, worden de tijdelijke stempels verwijderd en de vlucht- en inspectiepaden aangebracht. De ruimte onder de paden doet later dienst als kabelgoot.

Ten slotte

Het diep wanddeel is momenteel volop in uitvoering en verloopt volgens planning. Volgens contract wordt het eind november 2004 opgeleverd.

Literatuur

1. Castenmiller, J.C.M., Tracé met toekomstwaarde; Cut & Cover-Tunnel Rotterdam Noordrand. *Cement* 1999, nr. 6.

Projectgegevens

opdrachtgever en directie:

Projectorganisatie HSL-zuid

ontwerp en uitvoering:

HSL-cluster Zuid-Holland Midden: aannemerscombinatie HBG Civiel, BAM/NBM en Heijmans

Bijschriften

- 1 Situatie tunneltracé Rotterdam Noordrand
- 2 Langsdoorsnede obstakelvrije vlakken ter plaatse van ERESA-tunnel
- 3 Geologisch profiel ter plaatse van het diep wanddeel
- 4 Principedoorssneden gestempelde en ongestempelde open bak
- 5 Langsgording met betonnen stempels voor open bakconstructie
- 6 Betonnen stempels, tijdelijke stalen stempels en stekeinden voor open bakconstructie
- 7 Dubbele stalen stempels ter plaatse van ERESA-dak
- 8 Stekeinden voor aansluiting vloer met diep wandpaneel
- 9 Wapeningskorf diep wandpaneel, gereed voor transport
- 10 Diep wandstelling in bedrijf
- 11 Vloerwapening