



Bijzondere ontwerpkeuzen bij verbinding tussen Kruispleingarage en Schouwburgpleingarage

Parkeergarages gekoppeld

Nabij het nieuwe centraal station, in het hart van Rotterdam, is recent de Kruispleingarage opgeleverd. Deze garage is bereikbaar vanuit een ondergrondse parkeerstraat en rotonde, die ook toegang zullen bieden aan de bestaande Schouwburgpleingarage. De verbinding tussen deze garages is uitgevoerd in een aantal deelprojecten.

In de nieuwe situatie zijn zowel de Kruispleingarage als de Schouwburgpleingarage bereikbaar via een ondergrondse parkeerstraat. Die straat is op haar beurt toegankelijk vanuit de zuidelijke tunnelbuis van de Weenatunnel. De parkeerstraat komt uit bij een rotonde waarop automobilisten tussen beide garages kunnen kiezen.

Dit artikel concentreert zich op de verbinding tussen de Kruispleingarage en de Schouwburgpleingarage. Deze verbinding is opgesplitst in contracten die door diverse aannemers zijn uitgevoerd: de tunnelmoot rotonde (hierna 'moot rotonde'), de tunnelmoot tramplaat (hierna 'moot tramplaat'), de verbindingstunnel en aanpassingen aan de bestaande Schouwburgpleingarage (fig. 2).

Het ontwerp kent enkele spraakmakende bijzonderheden: het evenwicht van de moot rotonde, het bouwen van een tunnel rakelings langs een bestaande woontoren en het realiseren van de doorbraak tussen de moot rotonde en de Kruispleingarage.

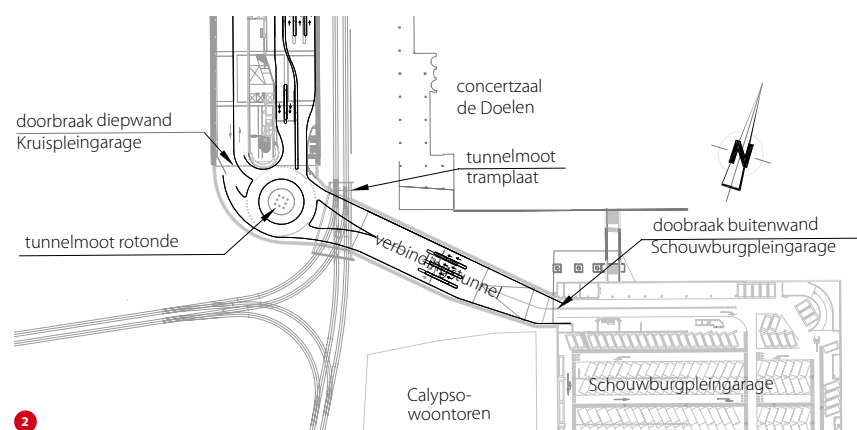
Rotonde

Vanwege de ligging van de rotonde ten opzichte van de aansluitende ondergrondse delen en de functie als rotonde, ontstond een halfronde betonnen moot met een kleine boogstraal. De overspanning van het dak en de keldervloer van wand naar wand is te groot voor een optimaal ontwerp. Daarom zijn in het midden van de rotonde acht kleurrijke staal-beton-kolommen ontworpen (foto 3). De strook rond de kolommen op dak- en vloerniveau is omwille van dwarskrachtcapaciteit verzaamd uitgevoerd. Door de geringe hart-op-hartafstanden van de kolommen is eerder sprake van dwarskracht dan van pons. Zowel het dak als de wanden zijn minimaal 900 mm dik, met uitzondering van de genoemde kolomstrook die 1400 mm dik is. De keldervloer is minimaal 1000 mm dik en is ter plaatse van de kolomstroom 1250 mm dik. De gehele moot is in het werk gestort met een betonsterkteklasse C53/65 in drie fasen: keldervloer, wanden en vervolgens het dak.

Bouwput

Voor de realisatie van de moot rotonde is gekozen voor een natte ontgraving in een bouwput met onderwaterbeton (met

alleen een stempel- en gewichtsfunctie), damwanden, stempels en groutankers. Het alternatief om de bouwput te realiseren met volledige spanningsbemaling en dus een droge ontgraving, zou resulteren in een te grote grondwaterstandsverlaging en daarmee te grote risico's op gronddeformaties. Daarnaast beperkt de natte ontgravingsvariant de deformatie van de damwand en daarmee ook de invloed op de omgeving. De moot rotonde zelf is gefundeerd op vibro-combinatiepalen. Om de trillings- en geluidshinder voor de omgeving tot een minimum te beperken, zijn zo weinig mogelijk palen toegepast. Bijzonder detail van de onderwaterbetonvloer is dat die is losgehouden van de palen, om geen onbedoelde paalkopmomenten uit stempelkrachten te genereren en de drukkrachten in de palen te beperken. Hiertoe zijn pvc-buizen om de palen aangebracht, vóór de stort van het onderwaterbeton (fig. 4). Ook is de keldervloer losgehouden van de onderwaterbetonvloer. Dit is gedaan door houten bekistingsplaten aan te brengen onder de keldervloer. Op deze wijze kan de keldervloer vrij krimpen, zodat de spanningen ten gevolge van opgelegde vervormingen worden beperkt.



Kruispleingarage

Over het ontwerp en de bouw van de Kruispleingarage is een artikel verschenen in *Cement* 2013/8: 'Diepwanden op trek belast' (beschikbaar op www.cementonline.nl). Hierbij is het werk aan de ondergrondse parkeerstraat, die de Weenatunnel met de nieuwe Kruispleingarage en de oude Schouwburgpleingarage verbindt, onderbelicht gebleven. Het onderhavige artikel is een vervolg op dat artikel uit 2013 en gaat in op deze onderwerpen.



- 3 Moot rotonde met acht kleurrijke staal-beton-kolommen
- 4 Onderwaterbetonvloer is losgehouden van de palen met onder meer een pvc-buis



3

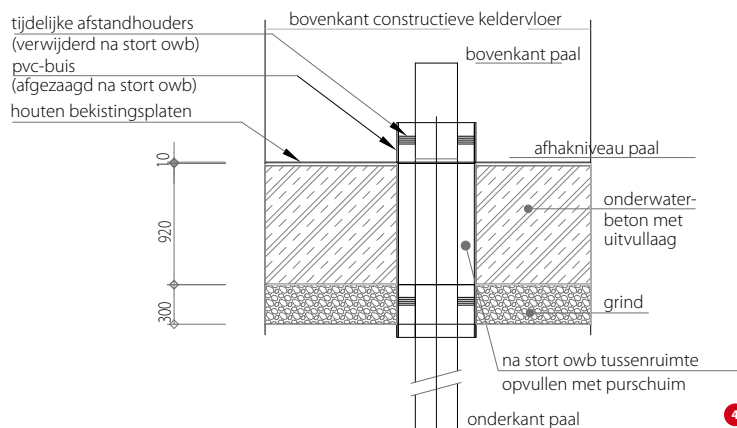
Doorbraak en dilatatie met Kruispleingarage

De wanden van de Kruispleingarage bestaan uit diepwandpanelen vanaf maaiveldniveau tot ongeveer NAP -42,00 m (zie artikel uit *Cement* 2013/8). Om de doorgang naar de moot rotonde te realiseren, moest een doorbraak worden gemaakt in deze diepwandpanelen. Daartoe is de diepwand in fasen gesloopt (foto 5). Hierbij bleef de balk, die op de diepwand was aangebracht, gehandhaafd. Deze balk had en heeft verschillende functies. Tijdens de bouw van de Kruispleingarage deed de balk dienst als gording voor stempels. In de eindfase heeft de balk de functie van op wringing en buiging belaste ligger, als draagbalk voor het dak van de moot rotonde. In het oorspronkelijke ontwerp was de balk ook bedoeld als gording van de bouwput van de moot rotonde. Maar omdat de aannemer een voorkeur had voor een andere stempelconfiguratie, is hier is in de uitvoering vanaf gezien.

Evenwicht

De rotonde is gebouwd in een bocht waardoor geen neutraal grond- en waterevenwicht kon worden gevonden uit symmetrie. Vanwege het beperkt aantal palen waren deze niet toerei-

kend om de resulterende horizontale kracht op te nemen. Dit heeft geresulteerd in bijzondere ontwerpkeuzen. Zo is de Kruispleingarage voorzien van zwaargewapende horizontale oplegnokken, waardoor horizontale krachten van de moot rotonde kunnen worden overgedragen naar de Kruispleinga-



4

- 5 De doorbraak vanaf de rotonde naar de Kruispleingarage; gefaseerde sloop van de diepwandpanelen onder de hoge betonnen draagbalk van het dak van de hier nog niet-gebouwde moot rotonde



rage. Samen met de palen zorgt dit voor het horizontale evenwicht.

Aan een onderbalk aan de -1 vloer van de Kruispleingarage zijn verticale oplegnokken voorzien. Deze zorgen voor de reactiekrachten tegen opdrijven en neerwaartse belastingen. Voor de van neerwaartse krachten is ook de dakbalk boven de doorbraak voorzien van een oplegnok. Samen met de palen zorgen de oplegnokken voor het verticale evenwicht. Het handhaven van diepwandpanelen als tijdelijke ondersteuning (foto 5) leverde een complexe bouwfaseringsop. De aanwezigheid van een voegafdichtend W9Ui-profiel maakte de detaillering van de oplegnokken en de balken zeer complex.

Tramplaat

Gedurende de werkzaamheden aan de ondergrondse tunnelmooten moest de exploitatie van het tramverkeer ongestoord kunnen doorgaan. Daarom is voor de bouw van de ondergrondse parkeerstraat een betonnen tramplaat gemaakt en is het tramspoor hiernaar verlegd. Ten tijde van de bouw van de moot rotonde is daaronder ontgraven en is de moot tramplaat

(keldervloer en wanden) gebouwd. De tramplaat dient dus als dak van een tunnelmoot. De plaat is gefundeerd op damwanden en buispalen (foto 6). De damwanden bevinden zich aan de uiteinden van de plaat en de twee rijen buispalen bevinden zich daarbinnen. Tussen de twee rijen buispalen zijn de keldervloer en de wanden gerealiseerd. De keldervloer loopt buiten de wanden door en is door middel van opgelaste wapeningsstaven schuifvast verbonden met dezelfde buispalen die ook het dak dragen. Dit is gedaan omdat anders de kelder en de wanden te zwaar aan het dak zouden gaan hangen.

Verbindingstunnel

De verbindingstunnel is de laatste schakel van de ondergrondse parkeerstraat en sluit direct aan op het -2 niveau van de Schouwburgpleingarage (foto 7). Omdat het -2 niveau van de Schouwburgpleingarage meer dan 1 m lager ligt dan de vloer van de moot rotonde en moot tramplaat is in het ontwerp van de verbindingstunnel een helling aangebracht die dat hoogteverschil overbrugt.

De verbindingstunnel is uitgevoerd in betonsterkteklasse

C28/35 (moot rotonde in C53/65). De constructieve dikten zijn wel gelijk aan die van de moot rotonde. Om zo weinig mogelijk dilatatie te krijgen, is besloten de verbindingstunnel als één monoliete tunnelmoot uit te voeren. Deze tunnelmoot is totaal ongeveer 75 m lang. Om de ongeveer 20 m is een krimpstrook (een later gestorte strook) opgenomen in de vloer, wanden en het dak. Zo worden de spanningen ten gevolge van de verhardingskrimpgereduceerd. De bouwput heeft een gelijk principe als die van de moot rotonde, dus uitgevoerd met onderwaterbeton, damwanden, stempels. Ook hier is de onderwaterbetonvloer losgekoppeld van de permanente vloer en de palen. De damwanden van de bouwput moesten worden aangesloten op de buitenwand van de Schouwburgpleingarage. Om geen nieuw damwandslot aan de Schouwburgpleingarage te hoeven maken, is gebruikgemaakt van jetgroutkolommen.

Windbelasting

De verbindingstunnel loopt rakelings langs de circa 70 m hoge Calypso-woontoren. Deze woontoren moet grote windbelastingen af kunnen dragen via de palen naar de grond. Daarom wordt de verbindingstunnel in de eindfase horizontaal belast en de bouwput in de bouwfase. In een vroeg stadium heeft hierover afstemming plaatsgevonden met de constructeur van de Calypso-woontoren. Zowel de bouwput als de verbindingstunnel zelf zijn berekend op horizontale gronddrukken van orde grootte 175 kN/m.

Probleem tijdens ontgraving verbindingstunnel

Tijdens het nat ontgraven is aan de buitenzijde van de bouwkuip ter hoogte van de aansluiting op de Schouwburgpleingarage (zijde van de Doelen) tot tweemaal toe plaatselijk grond weggezakt. Daarbij is zand van onder de -2 vloer van de Schouwburgpleingarage de bouwkuip ingestroomd. Het niveau van ontgraving lag op dat moment al voor een deel onder de onderkant van de -2 vloer van de Schouwburgpleingarage. Ook is grond ingespoeld door de groutkolom tussen garage en bouwput. Maatregelen in de vorm van een extra (kort) damwandscherm en groutkolommen naast de Schouwburgpleingarage hebben ervoor gezorgd dat de ontgraving alsnog kon worden gerealiseerd, het onderwaterbeton gestort en de bouwkuip drooggezet. Het incident heeft geleid tot een vertraging van ongeveer acht weken.

Doorbraak naar Schouwburgpleingarage

De aansluiting op de bestaande Schouwburgpleingarage wordt gerealiseerd door middel van een doorbraak in de betonnen buitenwand op het -2 niveau van de garage. De betonnen buitenwand van de Schouwburgpleingarage is voor de doorbraak versterkt met een nieuw gestorte betonnen schil rond de te maken sparing. Deze schil is gedilateerd uitgevoerd ten



6

opzichte van de verbindingstunnel. De dilatatie zorgt ervoor dat de te verwachten zettingsverschillen tussen de Schouwburgpleingarage en de verbindingstunnel kunnen optreden en voorkomt een belastingsafdracht naar de garage.

Schouwburgpleingarage

Om de aansluiting op de Schouwburgpleingarage mogelijk te maken, zijn vanuit het ontwerp diverse aanpassingen gedaan aan de bestaande constructie. Als randvoorwaarde voor deze aanpassingen gold dat netto geen belasting mocht worden toegevoegd. De paal draagkracht is immers al volledig uitgenut. Met het realiseren van de ondergrondse parkeerstraat kon de ingang van de parkeergarage op maaiveldniveau vervallen (fig. 8). De oude hellingbaan, die als toerit diende, is grotendeels gesloopt. Het deel van de hellingbaan boven belangrijke technische ruimten voor de bioscoop is gehandhaafd. Hiermee kon verplaatsing van de installaties worden voorkomen. Wel is de bovenste uitvulling op de hellingbaan verwijderd. De opening op maaiveldniveau wordt dichtgezet met kanaalplaten, waardoor de uitblaasbaarheid van de ventilatie van de garage vervalst. Daarom is in het bestaande dak een sparing gemaakt met nieuw te storten raveelbalken, waaraan nieuwe ventilatoren worden bevestigd.

- 7 Vlechtwerk van de verbindingstunnel met een aanzicht van de buitenwand van de Schouwburgpleingarage
- 8 Langsdoorsnede aansluiting verbindingstunnel op Schouwburgpleingarage



7

Uitvoering

Het aanpassen van een bestaande constructie brengt bepaalde risico's met zich mee. Dat is ook tijdens de uitvoering van de Schouwburgpleingarage gebleken. Regelmatig werden afwijkingen ten opzichte van beschikbare gegevens uit het archief geconstateerd. Zo bleek tijdens het inboren van stekken dat bestaande wanden minder dik waren dan ze op tekening stonden en bleken extra sparingen aangebracht.

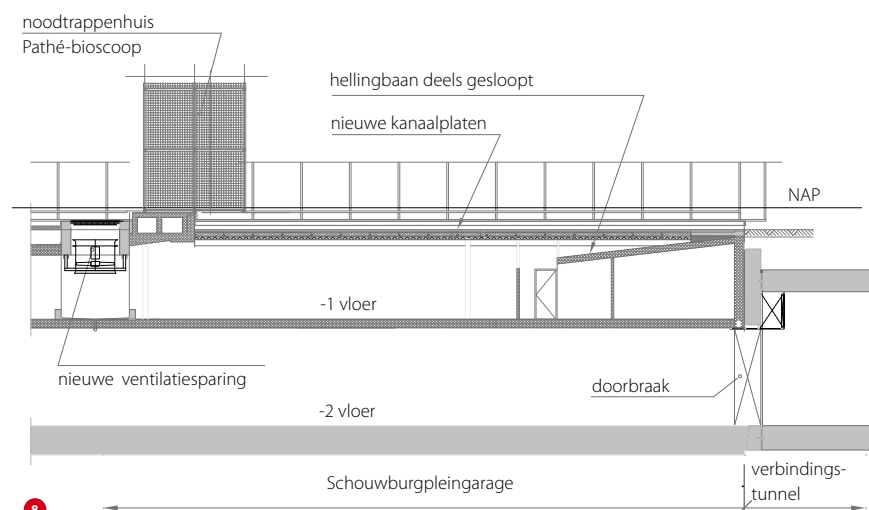
Chronologie

Vanwege de planning en om kosten te besparen, zijn projectonderdelen van de ondergrondse parkeervoorziening in verschillende bestekken ondergebracht. De chronologische volgorde van uitvoering was:

- 1 Bestek voorinvestering tramplaat (dak moot tramplaat), uitgevoerd door CFE nv en opgeleverd in 2005.
- 2 Bestek Weenatunnel: voorzieningen in- en uitrit opgenomen in bestek zuidelijke buis Weenatunnel, uitgevoerd door BAM Civiel bv en opgeleverd in 2009.
- 3 Kruispleinparkeergarage met tunnelmoot rotonde en tunnelmoot onder de tramplaat, uitgevoerd door Besix en opgeleverd in 2013.
- 4 Verbindingstunnel en verbouwingen aan de Schouwburgpleingarage, worden nog uitgevoerd door Van Hattum en Blankevoort, de oplevering wordt in het najaar van 2014 verwacht.

Tot slot

De complexe omgeving was bepalend voor het ontwerp en de uitvoering van de verbindingstunnel. Veel constructieve keuzen zijn gemaakt in verband met de bouwfase. De oplevering van de ondergrondse straat wordt eind september 2014 verwacht, waarna de maaiveldinrichting kan worden afgerond. Dan is het stationsgebied, naast een efficiënte mogelijkheid een parkeerplaats te zoeken, ook een mooi verblijfsgebied op maaiveld rijker. ☒



8

PROJECTGEGEVENS

- project** Aansluiting Kruispleingarage op Schouwburgpleingarage
- opdrachtgever** Gemeente Rotterdam
- constructief ontwerp** Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam
- architectonisch ontwerp** Maarten Struijs, Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam
- aannemer verbindingstunnel / aanpassingen Schouwburgpleingarage** Van Hattum en Blankevoort
- aannemer moot rotonde / tunnel onder tramplaat** Besix