



De ponswapening in het kelderdek is zeer zwaar uitgevoerd middels gelaste kranen.

Het kelderdek voor de eerste fase van de bouwkuip is zelf ook weer gefaseerd aangebracht.

Kelder geëngineerd op hoge belasting

De bouw van een ondergrondse fietsenstalling bij Den Haag CS vergt technische hoogstandjes vanwege onder meer de grote belastingen uit toekomstige hoogbouwtorens boven op de stalling en de verkeersklasse op het bovenliggende plein.

Samen met ABT, Voorbij Funderingstechniek en Croonwolters realiseert Mobilis momenteel een ondergrondse fietsenstalling voor 8500 fietsen bij Den Haag Centraal. Den Haag stimuleert hiermee het gebruik van de fiets voor een schone en leefbare stad. De comfortabele en innovatieve stalling moet een gastvrij en groen visitekaartje voor de stad gaan vormen. De stalling is gelegen onder het Koningin Julianaplein, dat gedeeltelijk bebouwd wordt met een L-vormig bouwvolume met twee torens op de uiteinden. Het resterende deel wordt een groen plein voor ontmoeting en recreatie en forensenstromen. Het moet geschikt zijn voor zwaar verkeer zoals een brandweerwagen. De constructie is derhalve uitgerekend op verkeersklasse 60. Niettemin moet de onderliggende fietsenstalling een prettig en open karakter krijgen, met zo min mogelijk en zo slank mogelijke kolommen.

Dat vraagt om bijzondere oplossingen, vertelt bouwmanager Gideon Goedhart van ABT, die door Mobilis is betrokken als ontwerpcoördinator. "Toen we in 2016 begonnen met het uitwerken was de grote vraag wat er bovenop zou komen. De

bovenbouw wordt namelijk ontwikkeld door een andere bouwcombinatie en die is minder ver in zijn uitwerking. Moeilijkheid daarbij zijn de hoge belastingen uit de bovenbouw en de nadrukkelijke wens voor zeer slanke kolommen in de fietsenkelder. Uiteindelijk is het door goede en intensieve samenwerking gelukt heldere uitgangspunten hiervoor te definiëren."

Funderen op CSM-wand

Duidelijk was dat de bovenbouw deels gefundeerd moest gaan worden op een deel van de CSM-wanden (Cutter Soil Mix) waarmee de bouwput van de kelder is gemaakt. "Dat is niet gebruikelijk en kun je ook niet zomaar uit een norm halen. Wij moesten dan ook aantonen dat de gerealiseerde wanden daarvoor constructief sterk genoeg waren. Dat hebben we gedaan door zogenaamde liners op te nemen in de wanden. Liners zijn buizen over de gehele diepte van de wand die je weer uit kunt nemen en waarvan je het ingesloten materiaal in stukken kunt beproeven. Vergelijkbaar dus met boorkernen, maar dan over de gehele diepte van de wand. Daaruit bleek dat de draagkracht ruim



1 // Het kelderdek is zwaar gewapend vanwege de vereiste verkeersklasse. 2 // Nadat het eerste deel van het kelderdek gestort was, kon het uitgraven van fase 2 beginnen. 3 // Tijdens het uitgraven van fase 2 worden de stempels aangebracht.

voldoende was. De diepte van de wanden is daar ook op aangepast want die moesten nu niet alleen de bouwkuip afsluiten, maar ook op een voldoende draagkrachtige laag komen te staan. Hiervoor is het dragende deel van de wanden op de draagkrachtige laag van 19 meter diepte gezet, terwijl voor het niet-dragende deel 15 meter diepte volstond.”

Tunnel onder hoogbouw

In het ontwerp moest, vooruitlopend op politieke besluitvorming hieromtrent, ook rekening worden gehouden met een tunnel die te zijner tijd mogelijk onder de fietsenkelder kan komen te liggen, onder het deel waar een van de hoogbouwtorens wordt gerealiseerd. “Dat betekent dat je de palen voor die toren dus niet over het gehele oppervlak kunt verdelen, maar dat je ze naar buiten toe moet plaatsen. De toren gaat wel tot 90 meter hoog. Vanwege de hoge belastingen en de geringe funderingsruimte is gekozen voor een heel dicht palenstramien met buischroefpalen met een diameter van 900 mm die tot 30 meter diep gefundeerd zijn”, vertelt Goedhart.

Omdat de latere zakking van de palen heel exact komt in deze situatie, zijn twee Stat Rapid tests uitgevoerd. In Nederland wordt dit zeer zelden gedaan. Er was dan ook grote belangstelling vanuit de geotechnische branche. Bij deze test laat een grote machine een zwaar gewicht via een veerconstructie op de paal vallen, waarna de paalvorming exact wordt gemeten. Aan de hand daarvan kan de draagkracht worden berekend. Deze test is uitgevoerd op twee palen nabij plekken waar eerder al sonderingen waren uitgevoerd. De resultaten van de test waren ruim binnen de vooraf gestelde marges.

De palen zijn aangebracht vanaf maaiveld. Na het ontgraven zijn de palen op het niveau van de keldervloer afgesneden. Boven het kelderdek wordt de hoogbouw gedragen door kolommen met een diameter van 1100 mm. Een aantal van deze kolommen dienen niet alleen druk- maar ook trekkrachten op te kunnen nemen door de windbelasting op de toren.

Slanke kolommen

Het overige deel van de keldervloer is gefundeerd met VSP-C-palen die eveneens vanaf maaiveld op diepte zijn aangebracht. Deze Voton Verdringende Schroef Paal is een trillingsvrije grondverdringende stalen buispaal die schroevend op diepte wordt gebracht door middel van een verloren stalen casing met aangelaste schroefpunt en groutinjectie. Om opdrijven tegen te gaan zijn onder de vloer eveneens gewi-ankerpalen aangebracht.

Op de vloer van het kelderdek onder het pleindeel komen slanke kolommen (ø 500) in een ruim stramien van 11,6 x 7,8 meter. De gestelde verkeersklasse 60 en de hoge veiligheidsklasse vanwege de mogelijk grote mensenmassa op het plein, zijn er debet aan dat deze kolommen zwaar gewapend zijn uitgevoerd in hogesterktebeton C80-95. De kolommen staan op een relatief dunne vloer in betonklasse C30-37. Om dit beton bij elkaar te houden is rondom de kolomvoet ringwapening opgenomen.

Ponskransen

Nog lastiger was de pons aan de bovenzijde van de kolom, waar het betondek 60 cm dik is, met daarop een grondpakket van 60 cm én met verkeersklasse 60. Hier moest zware ponswapening worden aangebracht. Dat liet zich niet uitvoeren in wapeningsstaal. Daarom is gekozen voor ponskransen van staal-



1/2 // In de keldervloer was ook ringwapening nodig om de ponskrachten op te nemen.

3 // In het kelderdek van fase 1 zijn de buitenste kolommen van de hoogbouw opgenomen.

4 // Zware kolommen maken in de fietsenkelder zichtbaar waar de hoogbouw begint.





profielen in de vorm van een kerstster. Daarvoor zijn zware HE-profielen aan een ronde kern gelast. Daaromheen is als dwarskrachtwapening een heel spinnenweb van wapeningsstaal gelegd.

Aan deze ponswapening werden zeer hoge eisen gesteld. De staalkwaliteit is met S355 niet bijzonder hoog, maar het staal moest in de gevolgklasse CC3 worden uitgevoerd. Herleidbaarheid van het staal tot de producent en de controle van elke lasnaad zijn het gevolg daarvan. Binnen ABT heeft de kennisgroep hoogwaardig rekenen de kransen volledig berekend in Diana. Hiermee is het mogelijk het constructieve gedrag van de verschillende materialen in detail te analyseren, waardoor binnen de kaders van constructieve veiligheid tot het meest efficiënte ontwerp gekomen kan worden.

In de kern van de kransen zijn sparingen gemaakt waarmee de krans gekoppeld kan worden aan een stalen plaat met stek-einden op de kop van de onderstaande kolommen.



Gefaseerde stempeling

Omdat de bouwkuip in de directe omgeving van bestaande gebouwen wordt gerealiseerd en de omgeving daarmee een belangrijk aandachtspunt is, is er gekozen voor een gefaseerde realisatie van de kuip. Eerst is door het bedrijf Bodembouw rondom een CSM-wand aangebracht. Deze CSM-wand met een dikte van 550 mm en een diepte variërend van 15 tot 19 meter, is om de 1,2 meter voorzien van HEA 320-profielen. Deze dragen bij aan de stijfheid van de wand. Vervolgens is in de kuip een damwand aangebracht waardoor er twee bouwfasen ontstonden.

Fase één was het stempelen en uitgraven van het pleindeel. Dat vormt ongeveer veertig procent van het oppervlak en is het verst van de bestaande bebouwing gelegen. Na het storten van de keldervloer en het kelderdek van deze fase, is de tweede fase uitgegraven. Dit is de L-vorm waarop de bovenbouw grotendeels wordt gerealiseerd.

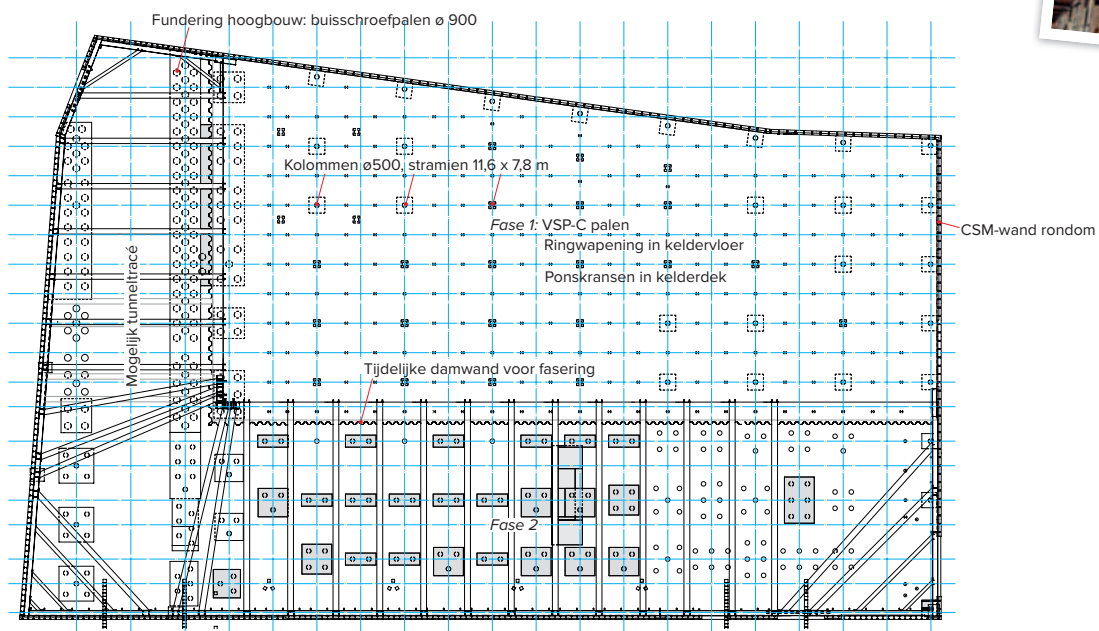
Door eerst fase 1 te realiseren en de keldervloer en het kelderdek daarvan te storten, blijft de stempeling van fase 2 beperkt tot relatief korte lengtes. Hierdoor ontstaat een zeer stijf stempelraam, waardoor de CSM-wanden optimaal worden gesteund. Na het ontgraven van fase 2 wordt de damwand tussen de twee bouwkuipen weggeslepen, waarna de vloeren kunnen worden doorgestort. De bedoeling is dat dat naadloos en vrijwel onzichtbaar wordt uitgevoerd, gezien de hoge eisen die gesteld worden aan de vlakheid van de vloer en het plafond.



1 // Bij het ontgraven van fase 2 wordt het dichte stramien van de schroefpalen voor de hoogbouw zichtbaar. 2 // Door de korte overspanning en een groot aantal zware stempels worden de CSM-wanden maximaal gesteund. 3 // Slanke kolommen op een ruim stramien dragen bij aan een prettige sfeer in de fietsenstalling.

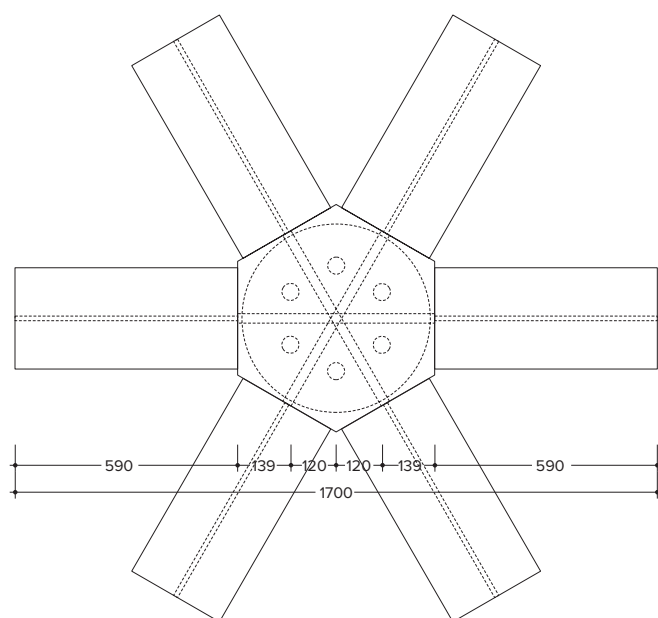
Door te bouwen in twee fases kan een stijf stempelraam worden gerealiseerd

Projectgegevens // **Locatie:** Koningin Julianaplein, Den Haag // **Opdrachtgever:** Gemeente Den Haag // **Ontwerp:** KOW, Den Haag, kow.nl // **Adviseur constructies, geotechniek, bouwkunde en bouwfysica:** ABT, Delft, abt.eu // **Uitvoering (DBM-contract):** Mobilis, Apeldoorn, mobilis.nl // **Bouwuip:** Voorbij Funderingstechniek, Amsterdam, voorbijfunderingstechniek.nl // **Installaties:** Croonwolder&dros, croonwolderendros.nl

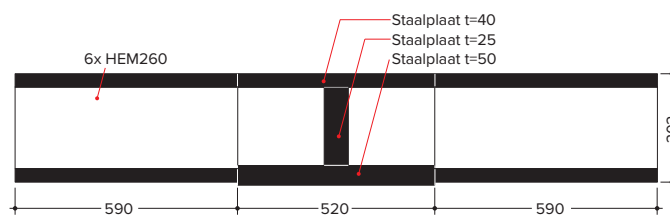


STEMPELPLAN FASE 2

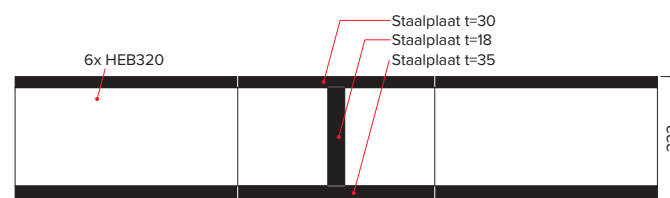
1:1000



BOVENAANZICHT PONSKRANS KELDERDEK



DOORSNEDE ZWARE KRANS



DOORSNEDE LICHTE KRANS

1:20