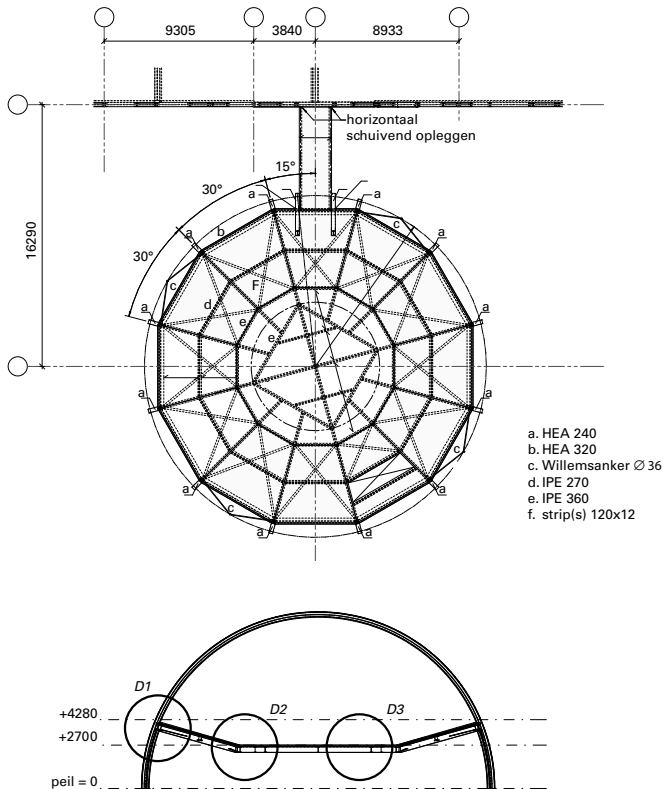
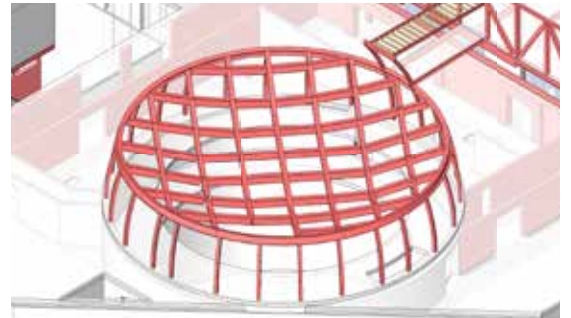


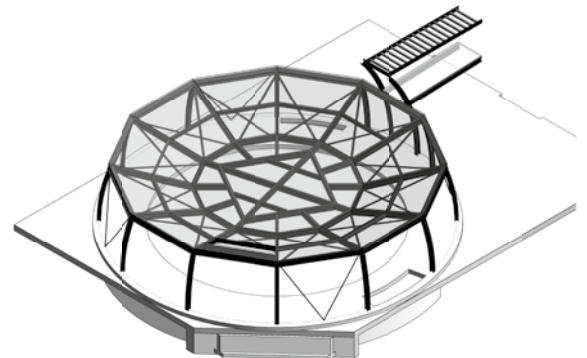
Ruimte voor optimalisatie



- a. HEA 240
- b. HEA 320
- c. Willemsanker \varnothing 36
- d. IPE 270
- e. IPE 360
- f. strip(s) 120x12

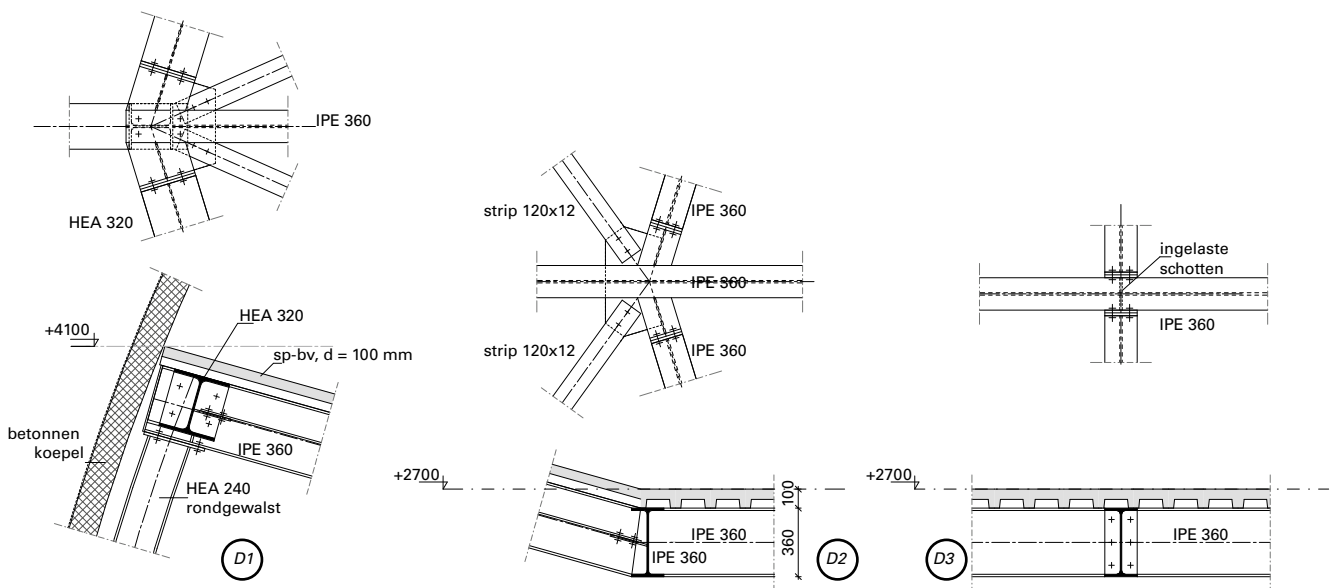


*Binnen de opdracht was ruimte voor optimalisatie.
Boven: het DO-ontwerp. Onder: de constructie zoals is uitgevoerd.*



De kruisvormige basisspanen zijn duidelijk herkenbaar.

Doorsnede over de koepel met auditoriumvloer.



Van links naar rechts: details van de drukring, trekking en de vlakke vloer in het midden.



Auditoriumvloer. De basisspanen doen hun werk, want de binnenring is nog niet gesloten.



Bekisting met steigerbuizen. De geodetische koepel is reeds deels ingevuld met eps-blokken.

Drie elementaire vormen: een kubus, een koepel en een balk. Daarmee is het Museumplein in Kerkrade voltooid. Voor de engineer & build-opdracht van de gebouwen Cube, Columbus en de Connector vertrekken bouwpartners vanuit DO, waarin ruimte is gelaten voor optimalisatie.

ir. R.W.H. Peters en ir. L.M.N. Mevis RO

Robert Peters is projectleider/constructeur en Leon Mevis is directeur van Advies- en Ingenieursbureau Van de Laar in Eindhoven.

Het Cube-gebouw (21x21x21 m) huisvest een Design Museum en labs. In Columbus, met opvallende koepel, zijn het Earth Theater en het National Geographic 3D-Theater ondergebracht. De Connector, die lijkt te zweven boven maaiveld, verbindt de bouwdelen met het bestaande Discovery Centre Continium. In dit langwerpige volume bevinden zich de entrees en algemene functies van het complex. Vanuit de Connector zijn alle drie de musea ook ondergronds bereikbaar. De kelder vormt een ondergrondse wereld die de voormalige mijnbouw representeert. Het ontwerp bevat onalledaagse elementen die constructieve vraagstukken voor het bouwteam opleveren. Het project is aanbesteed als engineer & build-opdracht op basis van een Defi-

nitief Ontwerp. In het DO is vastgelegd wat van de aannemer wordt verlangd. Met principedetails, 3D-impressies en een technische omschrijving zijn de bouwkundige en esthetische kwaliteit vastgelegd. De aannemer krijgt de vrijheid om optimalisaties door te voeren, zolang deze volgens de opdrachtgever geen afbreuk doen aan die kwaliteit.

Fietswielconstructie

In de koepel, op 2 tot 4 m boven maaiveld, bevindt zich de vloer van het National Geographic Theater, ook wel 'fruitschaal' genoemd, die is uitgevoerd in staal. De vloerconstructie, met een diameter en een overspanning van 22 m, wordt gedragen door twaalf kolommen, die langs de omtrek van de vloer zijn geplaatst. Bij de uitwerking van de constructie is veel staal ($\pm 50\%$) bespaard ten opzichte van het DO door gebruik te maken van de geometrie van de vloer, waarbij constructeur, aannemer en staalleverancier intensief hebben samengewerkt. Het DO bestond uit een grid van HEB 500-profielen (h.o.h. 2 m) die in twee richtingen momentvast waren verbonden en gedragen werden door 26 kolommen. De vloer is nu opgebouwd uit een buiten- en binnenring, respectievelijk 22 en 10 m in diameter. De constructie volgt de vorm van de theatertribune. De buitenring ligt 2 m

hogher dan de binnenring, waardoor vanzelf constructiehoogte ontstaat. Voor de overspanning van 22 m is een constructiehoogte van 2 m met een verhouding van ongeveer 1:10 een goed uitgangspunt voor een 'fietswielconstructie', waarbij de buitenring als drukring en de binnenring als trekking fungeert. De 'spaken' die de binnen- en buitenring verbinden, dienen als hoofdliggers, het deel binnen de binnenring wordt met liggers overspannen. De staalconstructie is voorzien van een staalplaat-betonvloer. Deze geeft de gehele constructie een behoorlijke extra stijfheid, maar om geen eisen te hoeven stellen aan de verbinding tussen vloer- en draagconstructie is deze hier niet mee gerekend. Omdat de staalconstructie bij de montage en de betonstort al stabiel moet zijn, ligt het voor de hand om de stabiliteitsvoorzieningen in het vloervlak ook op de eindsituatie uit te rekenen. Tussen de twaalf gebogen kolommen zijn op drie plaatsen V-vormige stabiliteitsvoorzieningen (trekstaven) opgenomen. De V-vorm is gekozen omdat het goed de vorm kan volgen en zo binnen de contour van de afwerking kan blijven. Kruisverbanden zouden uit het vlak van de koepel te veel naar binnen komen. Voor de berekening van de constructie is gebruik gemaakt van het EEM-programma AXIS-VM. De vloer is berekend op een gelijkmatig verdeelde belas-

Projectgegevens

Locatie Museumplein Kerkrade • Opdracht Continium Kerkrade • Architectuur Shift Architecture Urbanism, Rotterdam • Uitvoering Mertens Bouwbedrijf Weert • Staalconstructie Mertens Staalconstructie Weert • Constructeur ontwerp t/m DO ABT, Delft • Constructeur ontwerp vanaf DO Advies- en Ingenieursbureau Van de Laar, Eindhoven • Gevelleverancier/-monteur Munco, Asten • Fotografie René de Wit, Van de Laar, Shift en Mertens

ting van 5,0 kN/m². Daarnaast zijn ook diverse belast-onbelast situaties bekeken. Omdat de constructie geheel binnen en los van de spuitbetonnen koepel staat, wordt deze niet door wind belast. Omdat de vloer feitelijk als tribune wordt gebruikt is conform NEN-EN 1991 wel 10% van de opgelegde vloerbelasting als horizontale belasting op de constructie gerekend. Ondanks de overspanning en excentrische belastingen als gevolg van belast-onbelast situaties blijven de maximale doorbuigingen beperkt tot een totale doorbuiging van 48 mm (0,002·L).

Stempelvrij

De constructie werkt pas als beide ringen en tussenliggende koppelingen geheel gereed zijn. Het tijdelijk stempelen van de binnenring is dan een gangbare methode, maar in dit geval bevindt zich hieronder de projectieruimte van het Earth Theater waarvan de eerstvolgende vloer 13 m onder maaiveld en 15 m onder de auditoriumvloer ligt.

Uiteindelijk wordt een basis ontworpen bestaande uit een kruisvormige constructie, opgebouwd uit een portaal en twee halve portalen met momentvaste verbindingen in het midden. Deze basisconstructie wordt op het eigengewicht van de staalconstructie berekend. Hierna kunnen alle onderdelen worden gemonteerd, zonder onderstempeling. Vervolgens wordt de stortvolgorde van de vloer bepaald: van binnenuit gelijkmatig naar buiten toe om de excentriciteit van de (stort)belasting zoveel mogelijk te beperken.

Bekisting uit steigerbuizen

Een ander vraagstuk is de spuitbetonnen koepel van Columbus. Hoe kan het beste de ondersteuningsconstructie van de bekisting worden gemaakt? De aannemer stelt een verloren bekisting voor bestaande uit een geometrische koepel van steigerbuizen waarin eps-panelen worden geplaatst, waartegen aan de binnen- en buitenkant een laag spuitbeton kan worden aangebracht.

Voor het gebruik van standaard steigerbuizen, met een afmeting van Ø 48,3 mm (t = 3,25 mm), prefereert de aannemer eenvoudige verbindingen van stervormige platen die worden gekoppeld met slechts een bout per buis. Maar zo'n verbinding heeft een zeer

beperkte capaciteit, met name door de kleine wanddikte en doordat de bout behalve op afschuiving ook op een moment wordt belast. De oplossing wordt gevonden in de uitvoeringsvolgorde. De koepel wordt van onder naar boven in ringen van telkens 2 à 2,5 m hoog opgebouwd. De constructieve betonschil die aan de buitenzijde van de ondersteuningsconstructie wordt aangebracht, wordt in twee lagen opgespoten. Wanneer de tweede laag wordt aangebracht, is de eerste laag, waar de wapening in zit, al grotendeels op sterkte en vormt een trekband die de functie van de steigerbuizen en de verbindingen overneemt. De verbindingsplaten zijn 10 mm dik en er worden bouten M12 en M16 kwaliteit 9.10 genomen, waarbij over de gehele lengte van de verbinding geen draad op de bout mag zijn. Van de verbindingen (met M12- en M16-bouten) wordt de uiterste capaciteit bepaald. Met een EEM-model zijn alle fasen berekend en is gekeken welke verbindingen waar moeten worden toegepast.

Zwevend V-olufte

De Connector, het verbindende bouwdeel, heeft twee vakwerken, 85 m lang en 4,5 m hoog. Door de diversiteit aan ondersteuning is de draagconstructie onder het vakwerk niet duidelijk af te lezen, waardoor de constructie lijkt te zweven. Daarnaast kraagt de staalconstructie aan drie zijden uit, wat dit effect versterkt. De ondersteuningsconstructie bestaat uit verschillende elementen.

- Vier portalen die tevens de dwarsstabiliteit verzorgen. Aan de uitkragende bovenregels is één van de gevelvakwerken opgehangen.
- Een liftschaft met uitkragende liggers waaraan de gevelvakwerken zijn opgehangen.
- Een betonschijf met daaroverheen een aan weerszijden uitkragende stalen ligger.
- Een oranje portaal bij de schuine kop dat buiten de constructie staat en waaraan het gevelvakwerk is opgehangen.
- Een V-kolom.

In het oorspronkelijke ontwerp waren zeer zware liggers opgenomen (tot HLM 1000x748) die door een grote doorbuiging hoge eisen stelden aan de aansluiting van onder andere de pui die onder de eerste verdiepingvloer staat. In overleg met de architect is buiten, op

de meest doelmatige plaats, een V-kolom toegevoegd. Niet stiekem ergens op een half-verborgen plaats, maar vol in het zicht en rood. Door de afwijkende vorm en kleur ervaren men dit element nauwelijks als onderdeel en ondersteuning. Dit resulteert bovendien in een aanzienlijke materiaalbesparing door de toepassing van relatief courante HEM 1000-liggers in plaats van HLM-liggers.

Gevouwen staalplaat

Als uit een staalplaat gevouwen krult hij rond de betonnen schijf naar boven: de hoofdtrap in de Connector. De balustrades zijn uitgevoerd in 20 mm dikke staalplaat. Deze dragen enerzijds op de vloer en anderzijds op een stalen ligger die tegen de kop van de betonnen schijf is gemonteerd en onderdeel uitmaakt van het bordes. Door volledige belasting en belast-onbelast situaties treden forse krachten op in de verbinding tussen betonschijf en trap. Daarom is in de betonnen schijf een staalplaat met zware, aangelaste stekken ingestort om alle afschuif- en wringkrachten over te dragen. De treden, gevouwen staalplaat met beton gevuld, zijn gemonteerd tussen de trapboom en de betonschijf. Na het vullen van de treden zijn geen verbindingen meer zichtbaar.

Gezette staalplaat

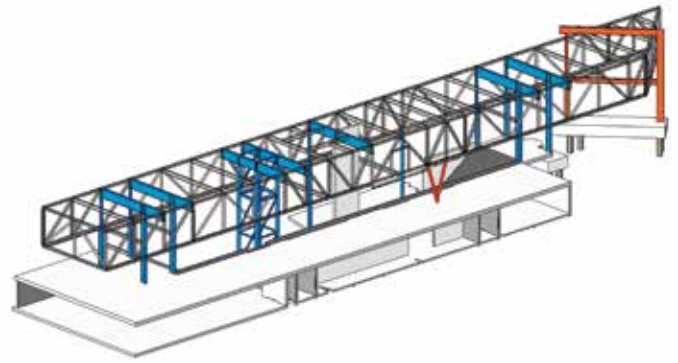
Vermeldenswaardig is ook de gevel van Cube die oorspronkelijk is opgebouwd uit geëxtrudeerde aluminiumprofielen. Maar vanwege zettingen, glansgraad, invloed van de naastgelegen spoor en de mogelijkheid om beschadigde delen te repareren of te vervangen, zijn gezette staalplaten gebruikt in twee maten die schijnbaar willekeurig worden geplaatst om het beeld van de architect in stand te houden.

Lean bouwen

Voor dit project gold een extreem korte voorbereidings- en bouwtijd. De opdracht op basis van DO werd in augustus 2014 verstrekt. In november 2014 gingen de eerste palen de grond in en in oktober 2015 werd het gebouw opgeleverd. Dit betekent dat de fundering en de kelder al in aanbouw waren, terwijl de bovenbouw nog helemaal moest worden uitgewerkt, wat een vooruitziende blik van alle partijen vereiste en ook oog voor elkaar. •



Links Columbus, rechts de Connector en op de achtergrond de Cube.



Steunpunten: uitkragende liggers (blauw), portaal (oranje), V-kolom (rood).



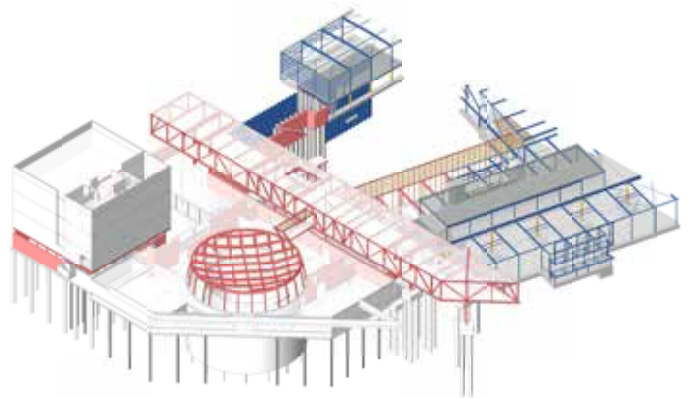
Connector in aanbouw. Voor bouwsnelheid is de trap al aangebracht.



Entreehal. Links de toegang naar Columbus en Cube en centraal de hoofdtrap.



Links Cube. De gevel is uitgevoerd in gezette staalplaat.



Aanbestedingstekening (mei 2014). 3D-constructie van 2e verdieping/dak.