

Open en gesloten structuren voor grote overspanningen

Geodetische koepel in hout

De meeste gerealiseerde geodetische koepels – ook in hout – zijn aan de buitenzijde niet meer als zodanig herkenbaar. In Bristol is onlangs een geodetische speelkoepel gebouwd waarbij wél de structuur, door de open constructie, nog duidelijk in het zicht is. Hierdoor blijven ook de bijzondere verbindingen duidelijk te zien.



Tekst: Carla Debets
Foto's: Adviesbureau Lüning, Doetinchem

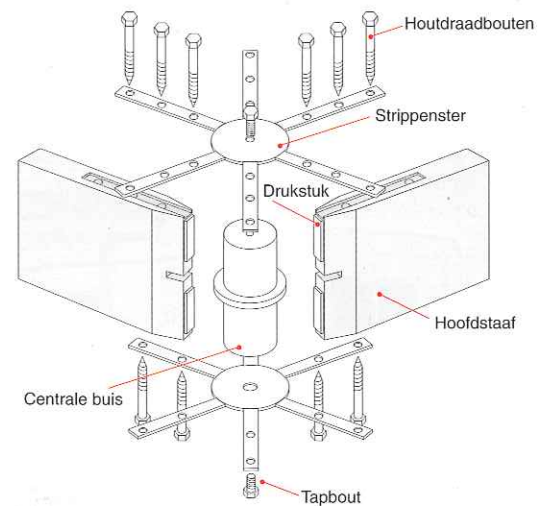
Open structuur De speelkoepel in Bristol heeft een open structuur. Aan de knooppunten (connectoren) hangen de klimtunnels, de junglebruggen en het ruimtelijk doolhof.

Het principe van geodetische koepels is eenvoudig', legt Emil Lüning, van het gelijknamige Adviesbureau voor technische houtconstructies bv uit Doetinchem, uit. 'Neem eerst een balk opgelegd op twee steunpunten en zet daar in het midden een last op. Dan krijg je

allerlei materiaalconcentraties die je niet wilt hebben. Verleg het belastingspunt naar boven, tot de vorm van een driehoek – vergelijkbaar met een driehoek over een kampvuur waar een pan soep aan hangt – en het gevolg is dat alle delen gelijkmatig belast worden. De driehoek

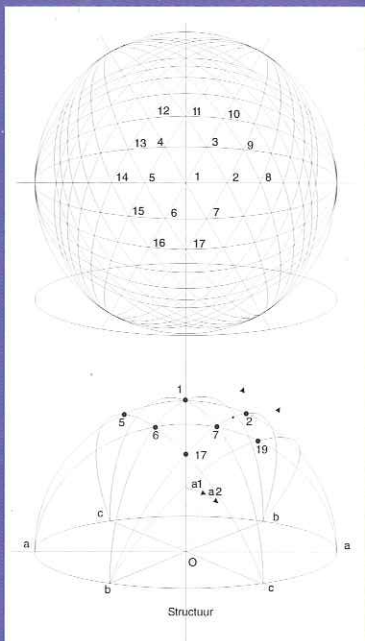
zorgt niet alleen voor stijfheid maar ook voor enkel trek- en drukkrachten en is daardoor veel efficiënter. Een geodetische koepel combineert de grootste sterkte met de grootste stijfheid.'

Onder de naam GeoDomeDesign werkt Lüning samen met Oranjewoud, die vooral het



Connectoren In de connectoren worden de functies voor het opnemen van druk, trek, buiging en dwarskracht gesplitst. Bij de ontwikkeling van de knooppunten is ook aandacht besteed aan het economische fabriceren in verband met het grote aantal.

Wat is een geodetische koepel?



Theoretisch betekent een geodetische lijn de kortste verbinding tussen twee punten langs een gedefinieerd oppervlak, in dit geval een bolsegment. Maar er is een extra accent nodig om de verdeling geodetisch te noemen. De symmetrie van het lijnenspel moet een relatie hebben met het boloppervlak of het middelpunt van de bol. Het is niet een figuur die op eenvoudige wijze in het platte vlak in een cirkel te tekenen is en daarna omhoog wordt geprojecteerd naar een daarboven gelegen bolsegment.

De bovenste figuur is een bovenaanzicht. In de onderste figuur is een horizontaal vlak getekend door het middelpunt O van de bol. Kanteling van de verticale vlakken door de lijnen a-a t/m c-c geeft de snijpunten 2 t/m 7 ten opzichte van knooppunt 1. De starthoek a1 bepaalt daarbij de fijnheid van de verdeling (van de staven en de knooppunten).

management en de contracting voor zijn rekening neemt, en ARC² architectuurstudio voor het architectonisch inzicht. De opdracht in Bristol werd verkregen van Nijha bv uit Lochem. Al met al een puur Nederlands 'product' dus.

Houten speelkoepel

De koepel in Bristol heeft een diameter van 25 m en een hoogte van circa 12,5 m.

De vorm is gebaseerd op een geodetische verdeling met het principe van kantelende vlakken en het toevoegen van een soort 'zonnebloemring' voor aansluiting op de fundering.

De open structuur bestaat uit massief houten azobé staven van 100 x 100 mm, met lengtes tussen 2,65 m en 3,55 m. De koepel heeft 25 steunpunten, 325 staven en 101 connectoren, waar de houten staven bij elkaar komen. Zowel voor de steunpunten op de fundering als voor de 'connectoren' ontwikkelde Lüning speciale verbindingen. Het principe van de connector is geotrooieerd.

'Een geodetische koepel is door zijn vorm extreem stijf en kenmerkt zich door zeer kleine vervormingen. Bovendien is de constructie statisch onbepaald. Dat betekent, dat alle elementen een vaste lengte hebben. Maatvoering is dus erg belangrijk', stelt Lüning. 'Het storten van betonnen funderingen kun je in dit verband nauwelijks nauwkeurig noemen. Een speciale schoenconstructie – bestaande uit hamerkopbouten, ankers en een halve buis, die afgeleid is van de onderlinge verbinding tussen de

houten staven – moet die onnauwkeurigheid dus kunnen corrigeren en is daarom in drie richtingen verplaatsbaar én verdraaibaar. De posities van deze onderste staven exact vaststellen is essentieel en het inmeten – met behulp van theodoliet of total station – doen we dus altijd zelf. Als je beneden al verkeerd begint, betekent dit dat je bij de andere verbindingen niet meer uitkomt.'

Het principe van de 'connector' – de verbinding tussen de zes staven onderling – is een centrale stalen buis die zorgt voor het doorgeven van de drukkrachten uit de (houten) staven. Drukstukken aan de staafinden moeten de vlakke kopse kanten van de houten staven naadloos laten aansluiten op de ronde buis. Anders kan bij hout splijtinggedrag optreden. Omdat door windbelasting ook zuiging kan ontstaan, heeft de verbinding tenslotte stripjes, die zorgen voor het opnemen van trekkrachten. Voor de berekening van deze connectoren – maar ook voor de totale geodetische koepelconstructie – ontwierp Lüning een speciaal computerprogramma.

Vrije uitbouwmethode

De geodetische koepel is eenvoudig op de bouwplaats samen te stellen uit een geprefabriceerd bouwpakket. Hiervoor is de vrije uitbouwmethode ontwikkeld. Dit betekent dat de connector in principe is berekend op het bevestigen van uitkragende staven, dus zonder dat deze aan het andere einde worden ondersteund. Dat betekende voorheen vooral bij gro-

Projectgegevens

Principaal: City Council Bristol

Opdrachtgever: Nijha, Lochem

Ontwerp: GeoDomeDesign, een samenwerkingsverband van ARC2 architectuurstudio, Utrecht; Adviesbureau Lüning, Doetinchem, en Oranjewoud, Heerenveen

Interieur: Nijha, Lochem

Start bouw: 8 april 2002

Oplevering: 12 juli 2002

Stichtingskosten: 452.000 Euro



Aansluiting fundering Het bevestigen van de staven aan de oplegging dient zo nauwkeurig mogelijk te gebeuren in verband met het statisch onbepaalde karakter van de structuur. Wanneer bij de onderste aansluitingen al maatverschillen optreden, vormen de hogere verbindingen zeker een probleem.

tere koepels gigantische hulpkolommen.

Om deze vrije uitbouwmethode mogelijk te maken, krijgen de connectoren wat meer verbindingsmiddelen. In dat geval speelt de windbelasting een ondergeschikte rol. Een en ander is ook afhankelijk van een grof of een fijn raster. De koepel in Bristol heeft een grof raster; in dat geval is de montage maatgevend.

De constructie wordt altijd zo rank mogelijk ontworpen; er wordt steeds gezocht naar optimalisatie. In principe kan de constructiehoogte een half procent van de diameter zijn. Dit is in verhouding nog dunner dan een eierschaal die een dikte heeft van circa een negentigste van de diameter. Met dit systeem zijn vrije overspanningen van meer dan 300 meter realiseerbaar. In Bristol zijn massieve staven van 100 x 100 mm toegepast, omdat de constructie alleen wordt belast vanuit de knooppunten. Indien ook belasting op de staven plaatsvindt – bijvoorbeeld ook bij toepassing van gesloten constructies, met dakbedekking – wordt de doorsnede van de staven meer rechthoekig. □