





Het 360 meter lange busstation zal te zijner tijd in het midden worden afgemaakt, nadat de aansluiting op de Noord/Zuidlijn van de Amsterdamse metro is voltooid. Met gekleurde folie zal dan de tekst AMSTERDAM op de kap staan.

Koud gebogen glas bestand tegen brand

Koud buigbaar, gelaagd glas op stalen boogspanten was de sleutel bij de realisatie van de 360 meter lange overkapping van het busstation achter het Amsterdamse CS. Maar er moesten meer hobbels genomen worden, waaronder een brandhangendheid van 30 minuten.

Het begon allemaal in het voorjaar van 2001 toen László Vákár het ontwerpidee van Benthem Crouwel Architecten kreeg voor-gelegd voor de 360 meter lange gebogen glazen overkapping van het busstation achter Amsterdam CS. Vákár was destijds adviseur en hoofd Constructief Ontwerpen bij Holland Railconsult (nu Movares). Het samenwerkende team van constructeur en architecten stond voor de schier onmogelijke opgave de kosten van het ontwerpidee in overeenstemming te brengen met het beschikbare budget. Het betekende dat er maar liefst 46 procent bezuinigd moest worden.

“Maak de kap maar half zo groot”, was de eerste, laconieke reactie. Maar na een paar nachtjes slapen kwam Vákár toch met een belangrijk begin van een oplossing. In 1996 had hij namelijk een – toen nog zeer bijzondere – glasconstructie ontwikkeld: twee dunne geharde glasplaten, onderling verbonden met een kunststoffolie die onder spanning kruipt. Zo breekt het glas niet als het wordt gebogen. De folie blijft immers aan het glas hechten, terwijl de kruipeigenschappen het verschil in glaslengte als gevolg van de buiging opvangen. Hoe dunner de ruit, des te flexibeler. Een duur productieproces voor warm gebogen glas kon daardoor achterwege blijven en tevens is er veel minder glasdikte nodig. Dat scheelt in materiaalgebruik en in gewicht. Het glas is daardoor tevens gemakkelijker te monteren en de draagconstructie kan licht worden. Ook is het vlakke glas eenvoudiger te vervoeren dan warm gebogen glas.

Dit type glas wordt nu inmiddels al een aantal jaren onder de naam Freeformglass® door BRS Building Systems op de markt gebracht.

Kademuur draagt mee

Maar met het lichtere glas was het ontwerpteam er nog niet. Het oorspronkelijke plan was niet efficiënt genoeg. In dit plan rustte een vakwerkconstructie van de kap aan de ene zijde op kolommen langs de noordgevel van het CS. Aan de andere – open – zijde waren de spanten op vorkvormig stalen poten opgelegd. Om dit ontwerp voldoende stijfheid en stabiliteit te geven zou een relatief zware profilering van de draagconstructie nodig zijn, waardoor de winst van het lichte glas verloren ging. Besloten werd om in plaats van de vakwerkconstructie op hoge kolommen, te kiezen voor boogspanten en die door te zetten tot op het maaiveld. De kosten voor de daar te maken fundering kwamen niet voor rekening van het busstation, omdat er gebruik gemaakt kon worden van de nieuwe kadeconstructie die hier toch al moest komen. In totaal gaat het om 29 spanten h.o.h. 12,5 meter.

De slanke en aanzienlijk goedkopere boogspanten zijn gemaakt van samengestelde profielen. Als lijf zijn twee 12 mm dikke



Busstation IJseilanden

// Locatie: Stationseiland, Amsterdam

// Opdrachtgever: DIVV, Amsterdam

// Bouwperiode: april 2011 – nov. 2011

staalplaten gebruikt met een hoogte van 825 mm en een tussenruimte van 142 mm. Als onderflens is een plaat van 45 x 206 mm gebruikt. De bovenflens is dunner en breder (30 x 300 mm). Op de bovenflens en dwars door het lijf zijn om de drie meter strippen (90 x 20 mm) gelast. Tussen de strippen worden de gordingen van UPE 330 vastgebouwd. Glasdragers van IPE 140A-profielen met een geëxtrudeerd aluminium glaslijst zorgen voor ondersteuning van de lange zijden van de glasplaten (3 x 1,1 m). Om deze slanke draagconstructie stabiel te maken zijn in twee vakken (waarvan één reserve) windverbanden aangebracht tussen verzwaarde boogspanten. Daarmee is aan de veiligheidsregels voldaan.

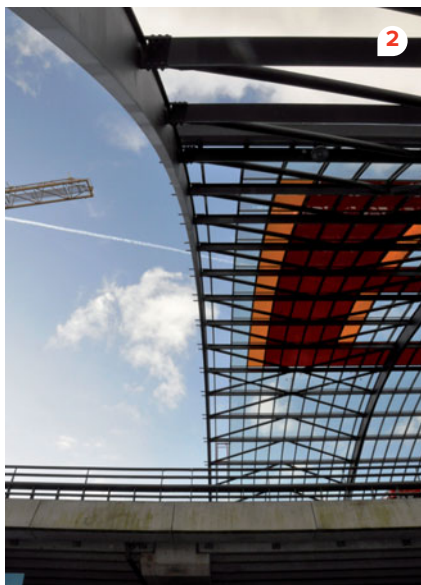
Vervorming door wind

De relatief zeer slanke en niet gedilateerde staalconstructie vertoont bij deze lengte van 360 meter bij flinke temperatuurverschillen een grote uitzetting. Om een glijdende oplegging op een starre fundering te voorkomen, is gekozen voor scharnierknopen en een flexibele staalconstructie, die de tot 10 cm oplopende verplaatsing elastisch kan opvangen. De – ook loodrecht op de lengterichting heel flexibele – constructie moet wel rekening houden met de effecten van zeer plaatselijk optredende windvlagen haaks op de 360 meter lange kap. In het vlak van de spanten kunnen vervormingen optreden die zich niet voordoen in de naastgelegen spanten, waar de windvlaag niet optreedt. Met als gevolg dat de vakken tussen spanten en gordingen vervormen van rechthoeken tot ruitvorm. De haaks blijvende glasplaten kunnen dan uit de stalen kaders vallen. Om dat te voorkomen zijn onder de korte zijden van de glasplaten rvs C-profielen gelijmd, waarvan het bovenlijf een overlengte heeft ten opzichte van het glas. Daardoor ontstaat een strip die uitsteekt. Die zorgt ervoor dat de ruit blijft ingeklemd.

Brandhangendheid

Constructief én prijstechnisch was het ontwerp nu onder controle en binnen budget. Bleef over: de brandveiligheid. De brandweer eiste dat er bij een plasbrand van de inhoud van de brandstoftanks van twee bussen gedurende de eerste 30 minuten van de brand geen glas naar beneden mag vallen. Glasbreuk in dit type ophangconstructie wordt vooral veroorzaakt door de interne spanningen, omdat het glas in de sponning minder snel verhit raakt. Door de opleglengte te minimaliseren en

De slanke en niet gedilateerde staalconstructie van 360 meter lang heeft een grote uitzetting bij temperatuurverschillen



1 // Aan de zijde van het CS rusten de boogspanten op betonkolommen. De onderbouw is middels wapening gekoppeld aan de fundering in de kademuur en vangt zo de spatkrachten op. Een open verbinding tussen het dak en het CS maakt het ontsnappen van rook bij brand mogelijk. 2 // Ter plaatse van de windverbanden zijn verzwaarde boogspanten toegepast. De windverbanden bestaan uit diagonaal geplaatste buisprofielen. 3 // Het hemelwater wordt via een grote bakgoot en een afvoergoot in de bovenzijde van de boogspanten afgevoerd naar het IJ. De fraai vormgegeven, brosse gietijzeren spuwer voorkomt schade aan het spant bij eventuele aanvaringen (visueel van Benthem Crouwel Architecten). 4-5 // De boogspanten zijn met tussenkomst van ankerplaten op de kademuur gefundeerd. De ankers hebben een enkelvoudige (voor de standaard boogspanten) of een drievoudige koppelplaat (voor de boogspanten bij de windverbanden). De dubbele voetplaat met stalen tussenschotten maakt uitlijnen van de spanten mogelijk, als zettingen van de kademuur optreden.





voor de oplegrubbers warmtegeleidende varianten te gebruiken, leek het probleem opgelost te zijn. Maar tijdens de beproeving begaf de ruit het één minuut te vroeg! Analyse wees uit dat de ruit onder invloed van de hoge temperatuur zijn vlakke vorm wilde aannemen (doordat de onderste ruit door verhitting meer uitzet dan de bovenste). Dit gaf het laatste inzicht. Door de klemlijst waarmee het glas wordt ingeklemd niet met stalen maar met nylon bouten vast te zetten, zal bij verhitting het nylon verweken en zal de ruit ruimte krijgen om terug te krommen. Daardoor wordt niet alleen de breukspanning vermeden, maar komt er ook ruimte bij de oplegging waardoor het eerder genoemde kritische temperatuurverschil in de rand niet zal optreden. Alleen de twee bouten in het midden van de ruit zijn van rvs. Zij voorkomen dat de ruiten tijdens en na de brand volledig los komen te liggen.



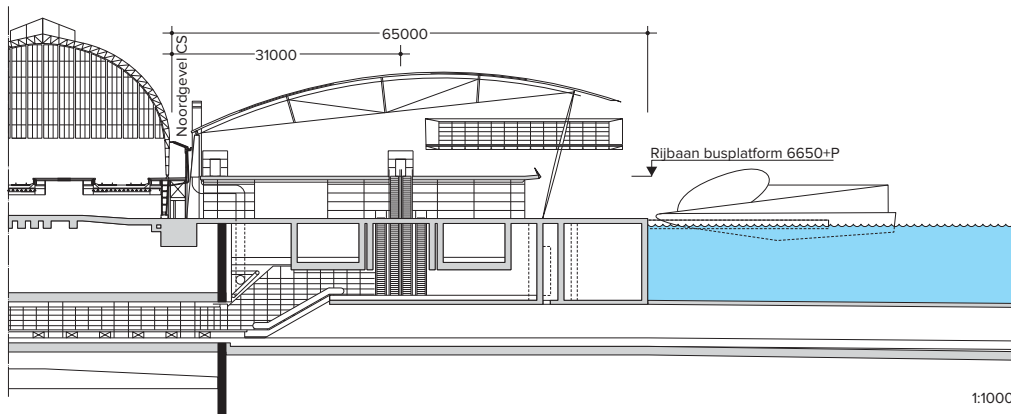
Verbeeldingskracht

IJsei, zoals het busstation aan de IJ-zijde van het Stationseiland heet, is inmiddels in gebruik maar heeft voorlopig in het midden nog geen constructie en nog geen kap (wel zorgt een tijdelijke brug voor doorlopende busroutes). In de onderbreking wordt nog hard gewerkt aan de aansluiting op de Noord/Zuidlijn van de Amsterdamse metro. László Vákár durft geen jaar te noemen waarin de nu nog uit twee delen bestaande overkapping gesloten zal worden. Als dat gebeurt zal ook de belettering van gekleurde folie op de glaskap afgemaakt worden en wordt de naam AMSTERDAM zichtbaar. Voor de constructeur van Movares zit het werk er nu al op. Zijn bijdrage zat vooral in de ontwerpfase.

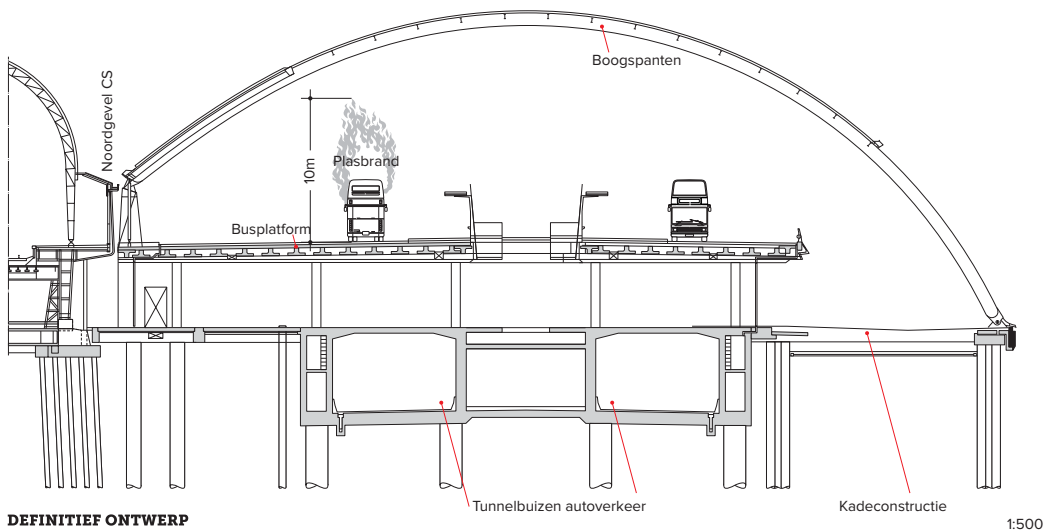


1 // De gebogen glaskap heeft een lengte van 360 meter. 2 // Het busstation overkapt een verhoogd platform voor bussen. Daaronder rijdt het doorgaande autoverkeer. De slanke boogspanten overspannen 63 meter en zijn aan de kademuur verankerd. 3 // Om de buisprofielen van de windverbanden exact te stellen, zijn bij de koppelstukken vulplaten gebruikt.

Projectgegevens // **Locatie:** Stationseiland, Amsterdam // **Opdrachtgever:** Dienst Infrastructuur Verkeer en Vervoer (DIVV), Amsterdam, amsterdam.nl/gemeente/organisatie-diensten/ivv // **Ontwerp:** Benthem Crouwel Architecten (Jan Benthem en Joost Vos), Amsterdam, benthemcrouwel.nl // **Constructief ontwerp:** VOF De Ruijterkade, Amersfoort // **Constructief ontwerper:** ir. László Vákár (Movares adviseurs & ingenieurs, Utrecht, movares.nl) // **Uitvoering:** CSH (Combinatie Strukton Hollandia), struktonciviel.com // **Staalbouw:** Hollandia, Heijningen, hollandia.biz // **Koud buigbaar, gehard glas:** BRS Building Systems, Moerkapelle, brs.nl // **Adviseur brandveiligheid:** Peutz, Mook, peutz.nl // **Bouwperiode:** start ontwerp 2001; aanbesteding kap 2006; montage april 2011 – november 2011



OORSPRONKELIJK ONTWERP



DEFINITIEF ONTWERP

