



Nieuwe OV-Terminal Arnhem een van grootste, naoorlogse ontwikkelingen in stad

Ontwerp van een complex schaaldak

Het stationsgebied in Arnhem wordt ingrijpend vernieuwd. Onlangs is gestart met de bouw van het meest in het oog springende deel: de stationshal. Het complex gevormde schaaldak was oorspronkelijk ontworpen in beton, maar is in de

aanbestedingsfase gewijzigd in staal. Het project wordt in twee Cementartikelen toegelicht. In dit eerste artikel een inleiding en toelichting op het oorspronkelijke, constructieve ontwerp.

dr.ir. Jeroen Coenders,
ir. Sander Hofman en
prof.dr.ir. Joop Paul MBA
Arup
ing.ir. Arjan Dingsté
dipl.-ing. ETH NDS
UNStudio

1 Masterplan stationsgebied Arnhem Centraal

bron: UNStudio / Moka

2 Ontwerp terminal met grote dubbelge-
kromde, geometrische gebouwonderdelen

bron: UNStudio

Station Arnhem vormt een belangrijk knooppunt in het Nederlandse spoorwegennet. Verbindingen uit de richting van Utrecht, Nijmegen/Roosendaal, Tiel, Winterswijk, Zutphen/Zwolle en Duitsland komen hier samen. Het wordt steeds drukker op deze spoorwegen, het reizigersaantal per trein groeit flink en zal dat ook blijven doen. De afgelopen jaren is binnen het project 'Sporen in Arnhem' hard gewerkt om de stationsinfrastructuur klaar te maken voor de toekomst.

Het stationsgebied zelf is aangewezen als één van de Nieuwe Sleutel Projecten (NSP's). Dit zijn integrale, stedelijke projecten op en rond de stations Amsterdam-Zuid/WTC, Rotterdam Centraal, Utrecht Centraal, Den Haag Centraal, Breda Centraal en ook Arnhem Centraal. Deze stations krijgen met de aanleg van de hogesnelheidslijn een bijzondere positie.

Het masterplan voor het stationsgebied Arnhem Centraal is ontworpen in 1996. Het project is één van de grootste, naoorlogse ontwikkelingen in de stad. Er wordt 160 000 m² gebouwd

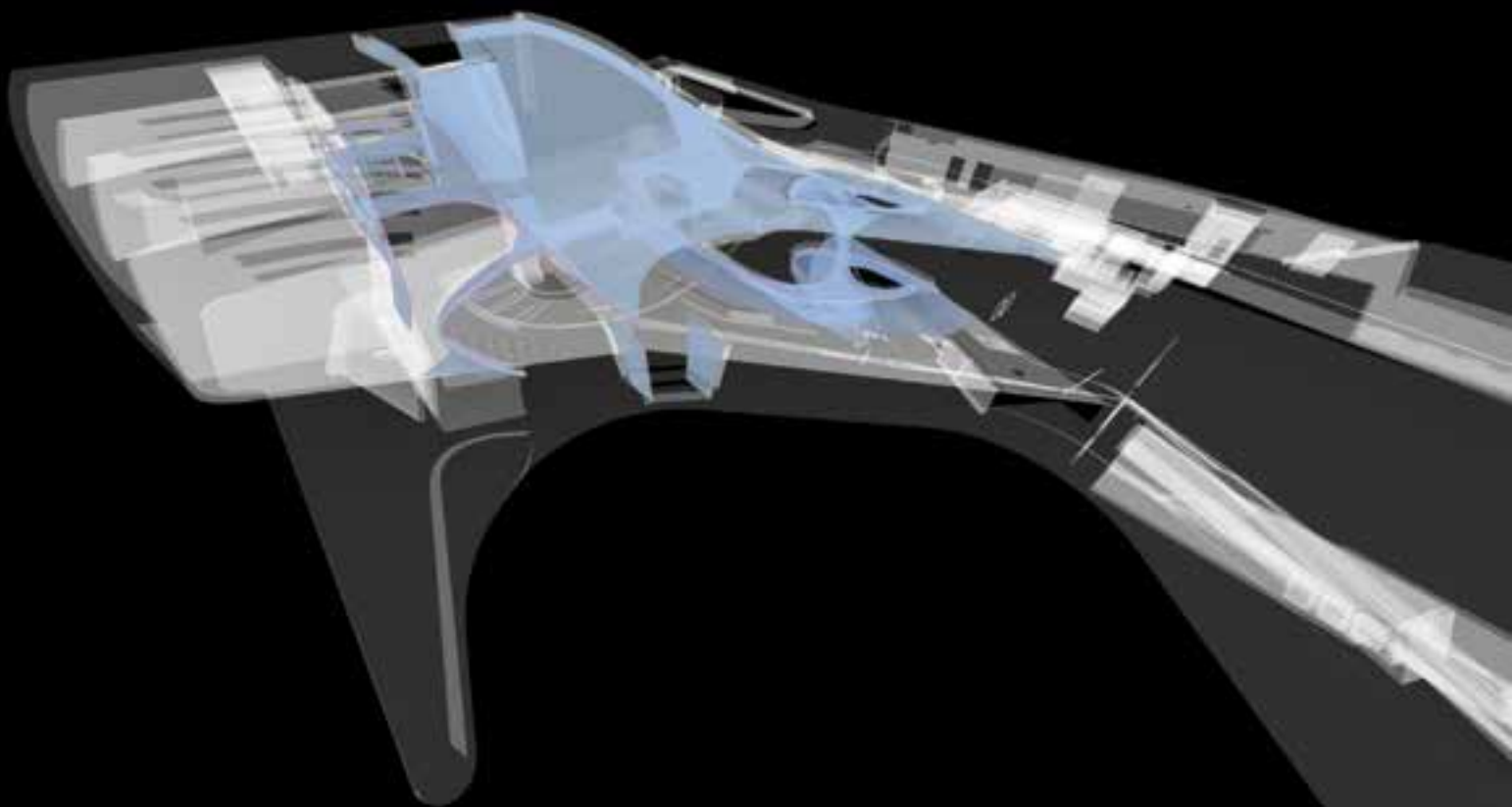
op 40 000 m² grondoppervlakte. Inmiddels is een groot aantal deelprojecten binnen het masterplan gerealiseerd: een parkeergarage, een overdekt busstation, twee hoogbouw kantoorstorens, een laagbouw kantoor, een grote fietsenstalling en perrontunnel.

Het belangrijkste sluitstuk binnen het masterplan vormt de nieuwe Openbaar Vervoer Terminal (OVT). Deze terminal geeft samen met de in 2011 in gebruik genomen perrontunnel rechtstreeks toegang tot trein, taxi, bus, fiets, de geparkeerde auto, kantoor en stad. Er ontstaat hiermee één volledige, geïntegreerde 'transporthub'. De in het gebied aanwezige natuurlijke hoogteverschillen faciliteren daarbij de mogelijkheid tot het samensmelten van voetgangersstromen, vervoerssystemen, constructie en programma, in één vloeiend utilitair landschap. In dit artikel wordt vooral ingegaan op het terminalgebouw.

Ontwerp

Hoewel de basis van het ontwerp al ruim twaalf jaar geleden is gemaakt, is het project zonder twijfel één van de meest vooruitstrevende en uitdagende ontwerpen die op dit moment in Nederland in uitvoering is. Het ontwerp wordt gekenmerkt door grote dubbelgekromde, geometrische gebouwonderdelen (fig. 2) en verbindt de verschillende programmatische en

2



3 Doorsnede OV-Terminal, parkeergarage en fietsenstalling met V-wandenstructuur
bron: UNStudio

4 Hoge schuine V-wanden dragen de vloeren, maar brengen ook licht en lucht in het gebouw
bron: UNStudio / Rendertaxi

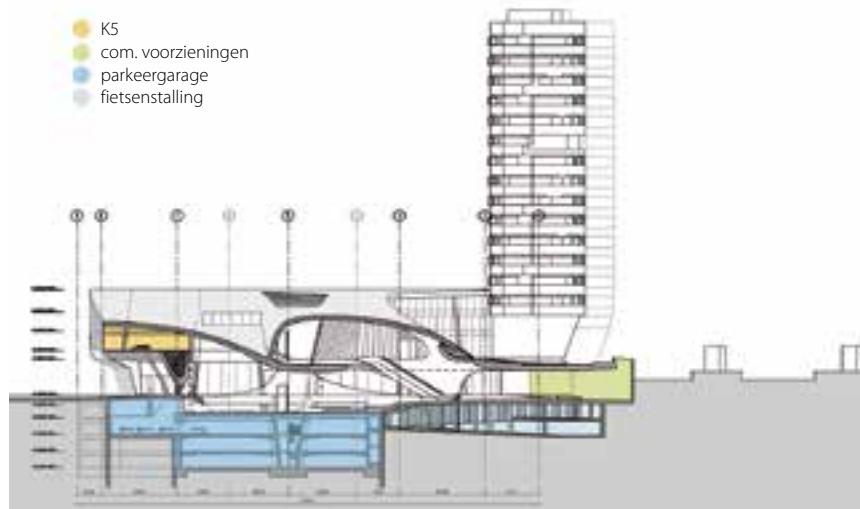
constructieve elementen tot één vloeiend geheel, waarbinnen constructie, architectuur en bouwfysische aspecten zijn geïntegreerd.

Dankzij de toepassing van innovatieve, ondergrondse oplossingen en een integrale constructie, is een grote bebouwingsdichtheid mogelijk gemaakt zonder in te boeten op de kwaliteit van de openbare ruimte. De verwevenheid van functies geeft optimale transferstromen, heldere zichtlijnen en lichttoetreding tot diep in de ondergrondse bouwlagen.

Constructief ontwerp

In de terminal zijn hoge, schuine 'V-wanden' (fig. 3 en 4) geplaatst van onder in de parkeerkelders tot aan het hoogste punt op het dak. Deze V-wanden dragen de vloeren, maar brengen ook licht en lucht in het gebouw. Hierdoor ontstaan grote vloeroverspanningen en veel ruimte. Op de kelderconstructies (een parkeerkelder en een tweelaagse fietsenstalling) rust de terminal en een verhoogde weg: de Nieuwe Stationsstraat. De vloeren lopen vanuit de fietsenkelder spiraalvormig op naar de terminal en het busdek en hierna via het stads balkon naar de kantoren en verhoogde weg. De terminal heeft een schaalachtig dak, ontworpen in schoon beton.

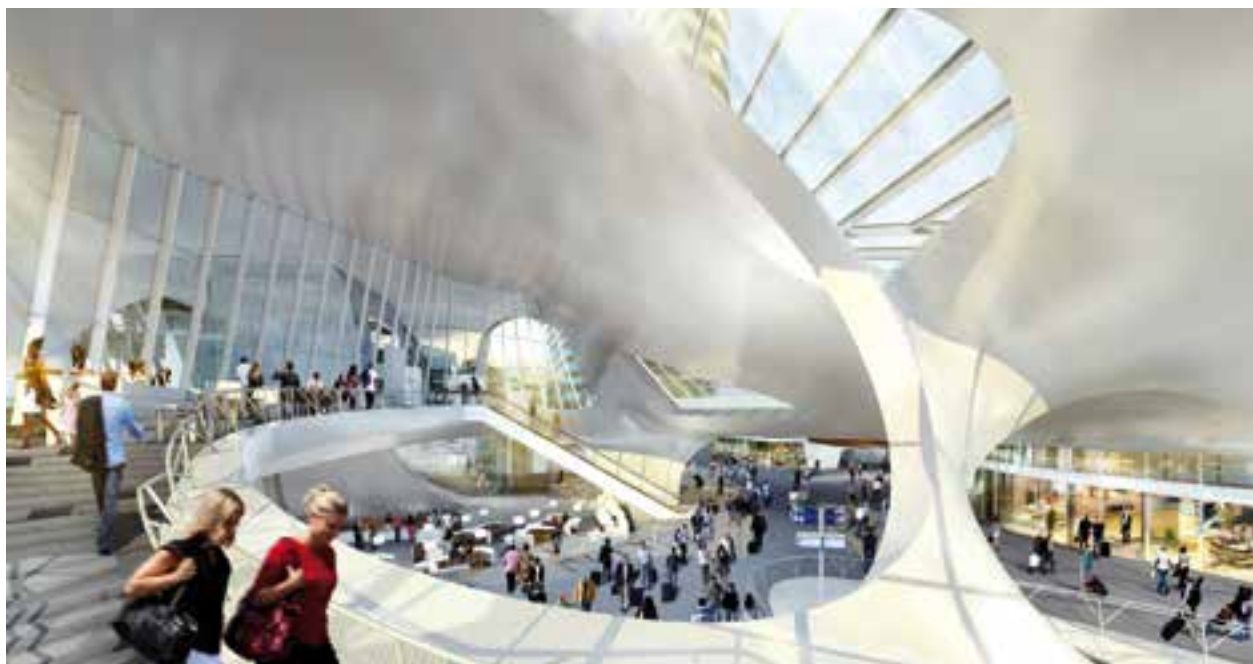
Het gebouw bestaat eigenlijk uit vele delen die elk een eigen karakter hebben. De constructies zijn op en tegen elkaar aangebouwd. Het spoor draagt zijn krachten via de grond af op damwanden die gedeeltelijk worden gesteund door de vloeren



3

van de fietsenkelder. Deze fietsenkelder draagt een deel van het station waarop de Nieuwe Stationsstraat rust. De vloeren van de fietsenkelder dragen via een kabel- en leidingentunnel hun krachten af op de vloeren en wanden van de parkeergarage. Die garage draagt op haar beurt het andere deel van het station en de horizontale kantoren. De parkeergarage maakt vervolgens evenwicht met het grondlichaam onder de Utrechtsestraat.

Het project wordt gekenmerkt door integraliteit van het totale ontwerp. Deze integraliteit is aanwezig op meer niveaus. Ten eerste het al eerder genoemde paradigma van 'de constructie is de



5



4

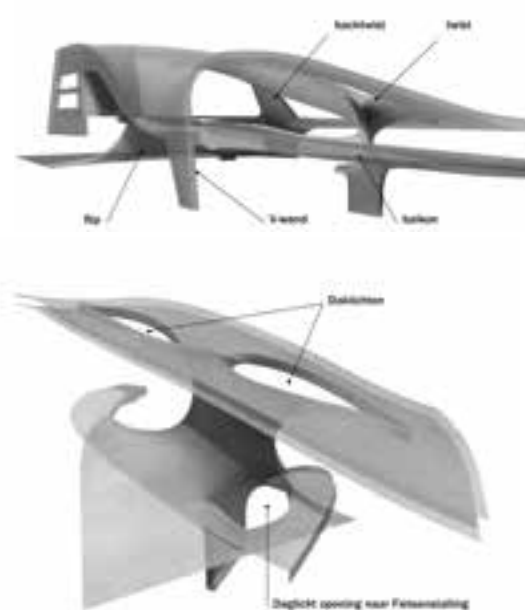
architectuur'. Dit vergde veel afstemming tussen constructeur en architect. Ten tweede is er de integrale samenwerking tussen de verschillende constructies. Het derde niveau is het detail. Aangezien veel architectonische en installatietechnische elementen zijn verwerkt in de constructie, was het een complexe opgave om de wapening te coördineren met deze elementen.

Materiaalkeuze

De keuze voor schoon beton is gemaakt na zorgvuldige afweging van een aantal alternatieven in staal, staal-beton en prefab. Ten eerste is deze keuze gedreven door het integrale karakter tussen constructie en architectuur in beton. De tweede overweging was de mogelijkheid gebruik te maken van de plastische eigenschappen van een te gieten materiaal in een vrije vorm: 'een eerlijke constructie'. Hiervoor waren destijds weinig alternatieven. Aangezien het laatste deel van de horizontale kantoren, het zogenaamde 'K5-kantoor', zich wel voor een alternatieve constructie leende en hier veel transparantie vereist was, is deze oorspronkelijk al als een combinatie van staal en beton ontworpen.

Rekentechniek

Het berekenen van een vrijgevormde schaalconstructie met veel buiging is een relatief onbekend constructief veld. Om het ontwerp en het ontwerpproces mogelijk te maken, was het noodzakelijk software toe te passen om de geometrie te beheersen en de daarmee samenhangende constructie te kunnen modelleren en analyseren. Het bleek echter al snel dat op de markt beschikbare software niet voor elke uitdaging een oplossing zou bieden. Er zijn lineaire en zowel geometrisch als fysisch niet-lineaire betonmodellen gebruikt om te kunnen bestuderen hoe de constructie zich zou gedragen.



Er is gebruikgemaakt van geavanceerde eindige-elementensoftware waarmee deze analyses konden worden uitgevoerd. Echter, deze software vereist een 'mesh' – een drie- en vierhoekige opdeling van het oppervlak van het betonvolume – die aan bepaalde randvoorwaarden als vlakheidseisen moet voldoen. Omdat dit ontwerp een grote en topologisch complexe mesh betrof, was het een grote uitdaging om hiermee te ontwerpen. Hiertoe heeft de constructeur software ontwikkeld die het architectonische model van de betonoppervlakken kan omzetten in een correcte mesh voor constructieve analyse. Ook zijn tools ontwikkeld voor de controle van de data in EEM-software in relatie tot de architectonische modellen.

Er zijn ook methoden ontwikkeld om de invloed van krimp en kruip mee te nemen, gecombineerd met de andere belastingsgevallen. Omdat hier nog steeds een mate van onzekerheid blijft bestaan en de randvoorwaarden van een dergelijke constructie grote invloed kunnen hebben, is er ook een uitgebreide gevoeligheidsanalyse gemaakt. In deze gevoeligheidsanalyse zijn vele aspecten van de constructie gevarieerd om een beeld te kunnen krijgen van het gedrag van de constructie. In de modellering is verdergegaan dan de eerdergenoemde gevoeligheidsanalyses. De constructieve werking is in sterke mate te rationaliseren tot schematisaties die boven- en ondergrensbenaderingen beschrijven, waardoor de onzekerheid in het ontwerp wordt afgedekt. Vergelijk het met een balk waarbij voor de steunpuntwapening het steunpunt als een inklemming wordt beschouwd, maar voor de veldwapening als een scharnier, zodat beide systemen de maximale veiligheid bevatten. Bij een complexe constructie is dit natuurlijk minder eenvoudig. Omdat er weinig bekend is over de globale knik van betonnen schalen met veel buiging, is ook hiervoor een eigen methodiek ontwikkeld.

6 De terminal biedt toegang tot trein, fiets, taxi, bus, de geparkeerde auto, kantoor en stad

bron: UNStudio / Rendertaxi

6



Aandachtspunten uitvoering

Voor de bouw van de betonnen schaal is een heel scala aan technieken bedacht voor de uitvoering en de controle tijdens de bouw. Er zijn innovatieve bekistings- en ondersteuningsconstructies bedacht om op de bestaande constructie af te steunen en geleidelijk een vloeiende bekisting te creëren. Hierbij werd gedacht aan een combinatie van traditionele bekistingstechnieken voor eenvoudige delen, handmatig gebouwde bekistingen voor eenvoudig gekromde delen en bekistingen gemaakt door computergestuurde vreesstechnieken voor de complex geometrische delen. Ook voor de wapening zijn strategieën bedacht om zelfdragende wapeningsdelen te maken voor de verticale elementen. Er is ook een uitgebreide monitorings- en maatvoeringsstrategie bedacht aangezien er weinig ervaring is met dit type constructies in de praktijk.

Aanbesteding

Na een mislukte eerste aanbesteding van dit complexe project in tijden van hoogconjunctuur, is er door de opdrachtgevers voor gekozen het bouwproject te faseren. Allereerst een meer eenvoudig deel bestaande uit de perrontunnel, fietsenstalling en winkelruimten en parallel aan deze fase te komen tot een aanbestedingsmethode voor het meest complexe deel van het project: de terminal.

Tweede fase: terminal

De ervaring met de aanbesteding en uitvoering van de eerste fase leidde ertoe dat de opdrachtgevers besloten de tweede fase anders aan te pakken. Het werd een aanbesteding gebaseerd op een UAV-GC-contractvorm¹⁾. Essentieel in deze aanbesteding was dat er een maximaal budget was, namelijk € 37,5 miljoen, waarvoor alles zoveel mogelijk conform ontwerp moest worden gebouwd. De plannen van de aannemers zijn vervolgens beoordeeld op de volgende drie primaire factoren: esthetische kwaliteit, kwaliteit vanuit beheer en onderhoud, en daarnaast op planning. Tijdens de aanbesteding kregen de geïnteresseerde bouwcom-

binaties de mogelijkheid ideeën voor te leggen. De bouwcombinatie OVT Arnhem stelde onder andere voor de betonconstructie te vervangen door een geometrisch gelijkblijvende constructie gebaseerd op scheepsbouwtechniek in staal. De tweede, biedende aannemer bleef tijdens de aanbesteding lang vasthouden aan een betonconstructie en maakte pas op het laatste moment een keuze voor een gedeeltelijk stalen dak. Deze partij is voornamelijk daardoor lager beoordeeld op het belangrijkste beoordelingscriterium van 'harmonieuze ontwerp kwaliteit'.

Nadat de bouwcombinatie OVT Arnhem was geselecteerd als de voorkeursbieder, is in nauw overleg tussen architect, opdrachtgevers en aannemer het aanbestedingsontwerp zo geoptimaliseerd dat overgangen tussen staal en beton naar architectonisch logische posities zijn verplaatst.

In het voorjaar van 2012 is er voor de bouw van de terminal getekend. Inmiddels zijn de voorbereidingen in volle gang en is de bouwkraan geplaatst, zodat met het verschijnen van dit artikel is gestart met de bouw van het terminalgebouw.

In het artikel 'Scheepsbouwtechniek OVT' wordt de keuze voor de uitvoering van de dakconstructie in staal en de uitwerking daarvan nader toegelicht. [✕](#)

● PROJECTGEGEVENS

project OV-Terminal Arnhem

opdrachtgever ProRail namens ministerie van I&M, Gemeente Arnhem en NS

architect en masterplanner UNStudio

constructeur OV-terminal, fietsenstalling en masterplan Arup

constructeur parkeergarage, busdek en K4-gebouw Van der Werf en Lankhorst

constructeur tunnelconstructie Arcadis

aannemer fase 1 Bouwcombinatie BAM-Ballast Nedam (BBB)

aannemer fase 2 Bouwcombinatie OV Terminal Arnhem VOF (Ballast Nedam en BAM)

¹⁾ UAVGC: *Uniforme Administratieve Voorwaarden voor geïntegreerde contractvormen*