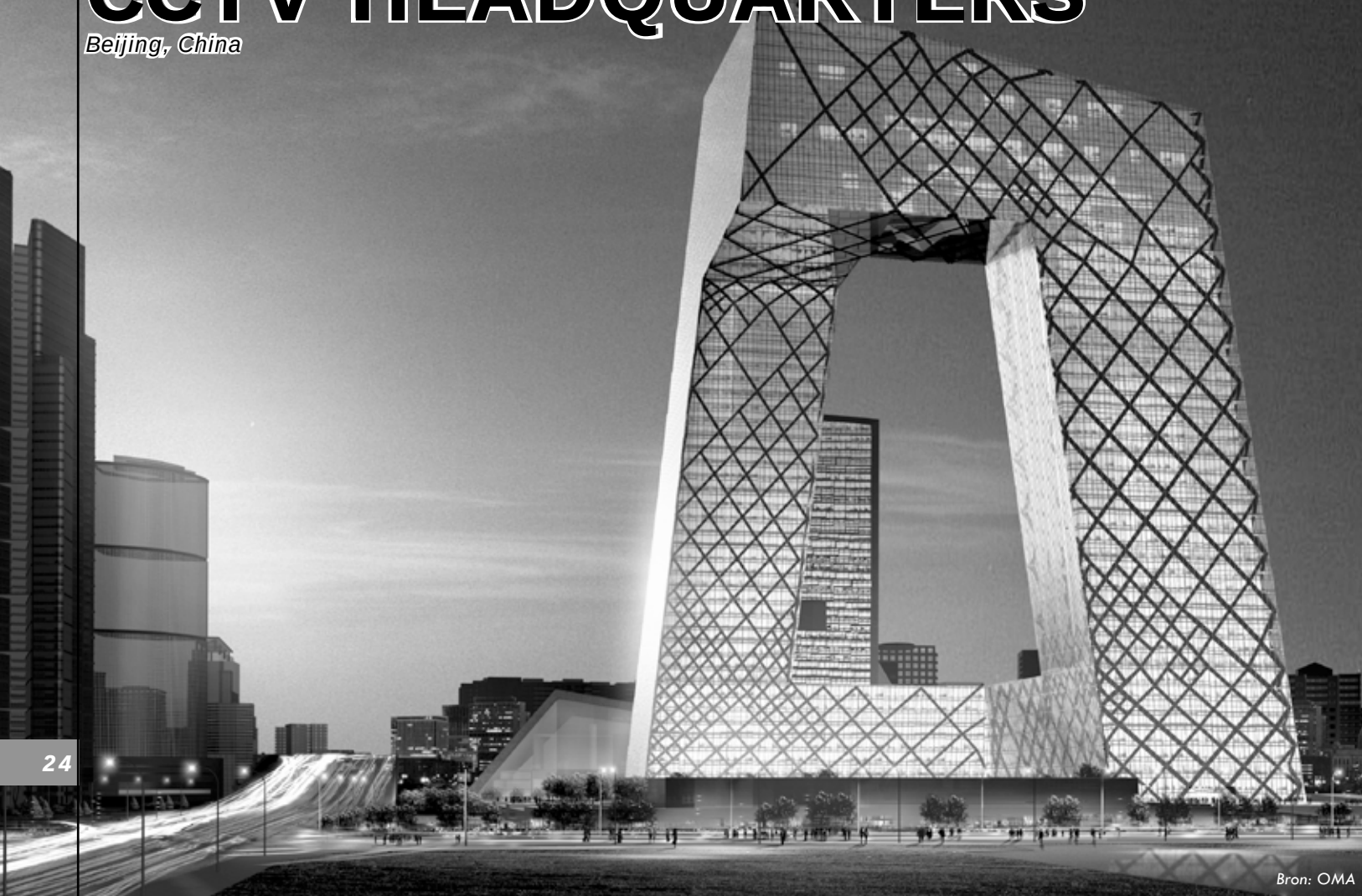


[PROJECTEN]

CCTV HEADQUARTERS

Beijing, China



Bron: OMA

24

De economische groei in China is hoger dan ooit. China Central Television (CCTV), de Chinese publieke omroep, heeft op dit moment 13 kanalen. Maar wil dit in 2008 hebben uitgebreid tot maar liefst 200 kanalen. Tegelijkertijd wil het succesvol kunnen concurreren met CNN, BBC, NBC en Sky. Hiervoor is een hoofdkantoor nodig dat een gezicht geeft aan deze zender en tegelijkertijd het gehele proces van 'televisie maken' huisvest. Het gebouw moet komen te staan in het nieuw ontworpen Central Business District in Beijing.

Begin 2002 werd er door CCTV een internationale prijsvraag uitgegeven voor het ontwerp van dit nieuwe hoofdkantoor. Deze prijsvraag werd gewonnen door het kantoor van Rem Koolhaas 'Office for Metropolitan Architecture' (OMA) in Rotterdam. In samenwerking met Arup en de 'East China Architecture and Design Institute' is dit gebouw verder tot stand gekomen.

Architectonisch Ontwerp

De opdrachtgever had in de prijsvraag aangegeven dat alle faciliteiten op één plek bij elkaar moesten komen. Het was echter niet noodzakelijk om dit alles onder te brengen in één gebouw. OMA wilde juist wél alles onderbrengen in één gebouw om zo de 'getto's' die ontstaan, tussen de verschillende medewerkgroepen, te verbreken. Door de lay-out van het gebouw in 3D te ontwerpen, worden al deze groepen door elkaar gemixt om zo tot een beter

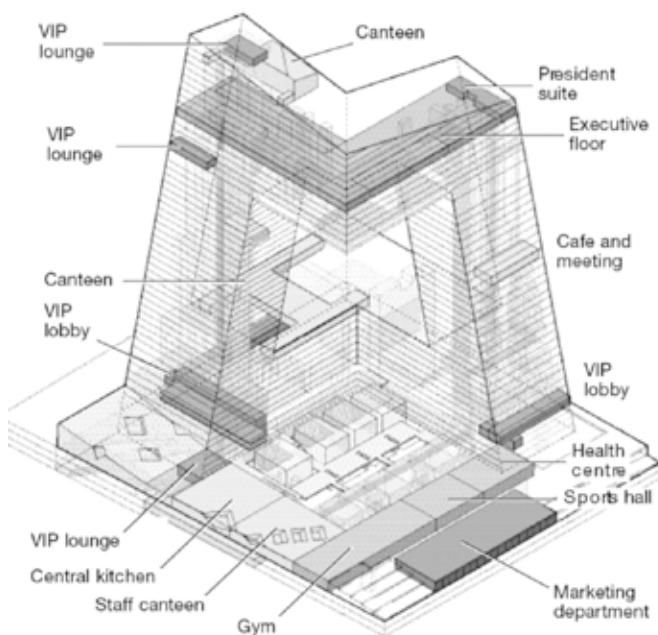
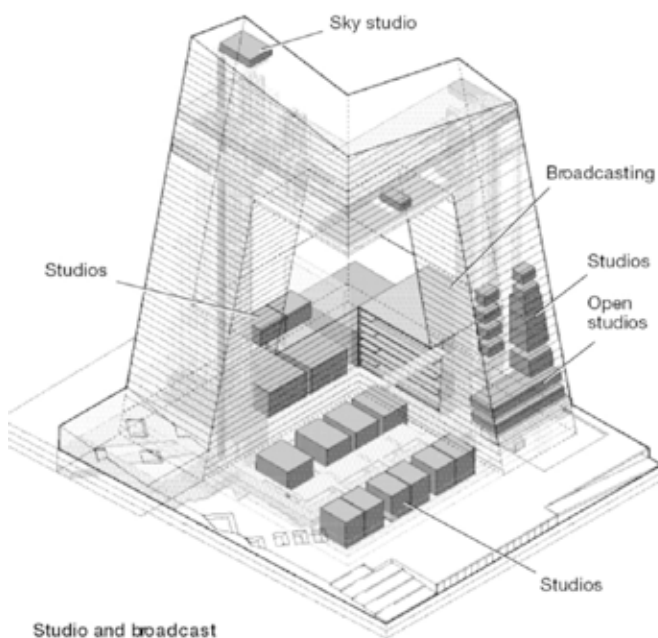
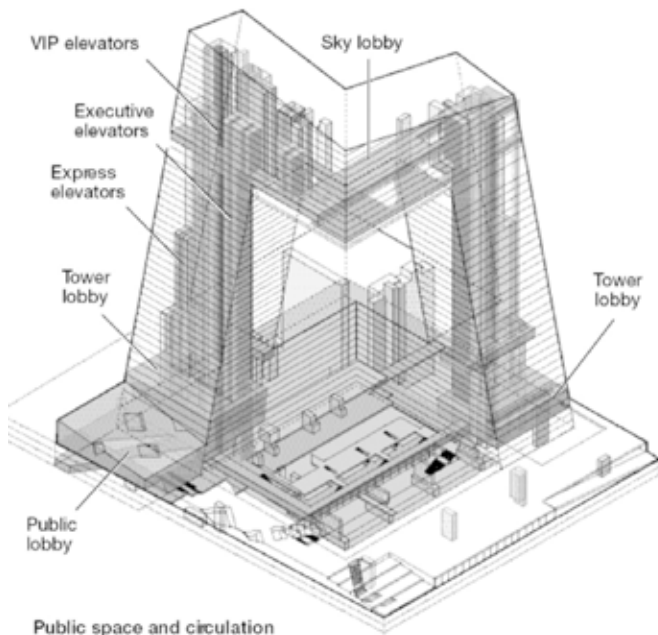
eindproduct te komen. De publieke faciliteiten zijn ondergebracht in een tweede gebouw, de "Television Cultural Centre"(TVCC). Beide gebouwen worden onderhouden vanuit een ondersteunend gebouw, dat naast het meeste materieel ook de beveiliging huisvest.

Ontwerpproces.

Vanwege het uitdagende karakter van het ontwerp, werd de prijsvraag gevolgd door een periode van aanpassingen aan het ontwerp. Zodat het project daadwerkelijk haalbaar werd. Tijdens deze periode deed Arup onderzoek naar de (financiële) risico's bij het bouwen van deze toren. In de vier maanden hieropvolgend werden haalbaarheidsstudies uitgevoerd en vonden twee sleutelbesprekingen plaats tussen de technische adviseurs van de opdrachtgever en top leden van het Arup team. Hierbij werden zaken als veiligheid, maakbaarheid en kosten besproken. Ondanks dat er nog nooit iets vergelijkbaars is gebouwd, werd geconcludeerd dat het te bouwen is. Na deze gesprekken was de opdrachtgever overtuigd, waarna de contracten getekend werden.

Het ontwikkeling van de 'CCTV headquarters'

Het totale bouwterrein is 187.000 m² groot en zal plaats bieden aan ongeveer 550.000m² vloeroppervlak. De verwachte bouwkosten liggen op ongeveer 460 miljoen euro à 600 miljoen dollar. Het



Afbeelding 1: Functieindeling CCTV Tower
bron: ARUP

totale project omvat:

- het 'China Central Television' hoofdkantoor (CCTV)
- het 'Television Cultural Centre'
- een service en beveiligings gebouw
- een landschappelijk media park

De 450.000 m² en 234 m hoge hoofdgebouw, bestaat van onder naar boven uit drie kelder verdiepingen, negen verdiepingen laagbouw, twee torens onder een hoek van 6° in twee richtingen en een dertien verdiepingen tellende uitkraging.

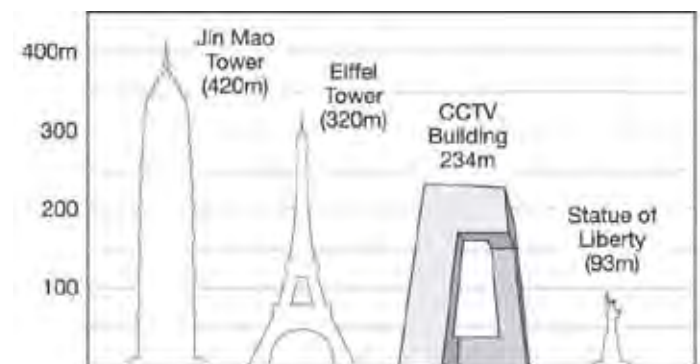
Constructie – 'continuous tube'

Al in een vroeg stadium werd het duidelijk dat de enige manier om de CCTV tower de gewenste vorm te geven, was door de gevelconstructie als schijf te laten werken. Op deze manier ontstaat een externe doorgaande buisconstructie. Door deze manier van construeren kunnen de grote krachten, die ontstaan door de scheefstand van de torens, opgevangen worden. Evenzo kunnen de extreme belastingen door wind en aardbevingen worden opgevangen. De 'buis' is gevormd door alle zijden van de gevel volledig diagonaal te verbinden, afbeelding 3.

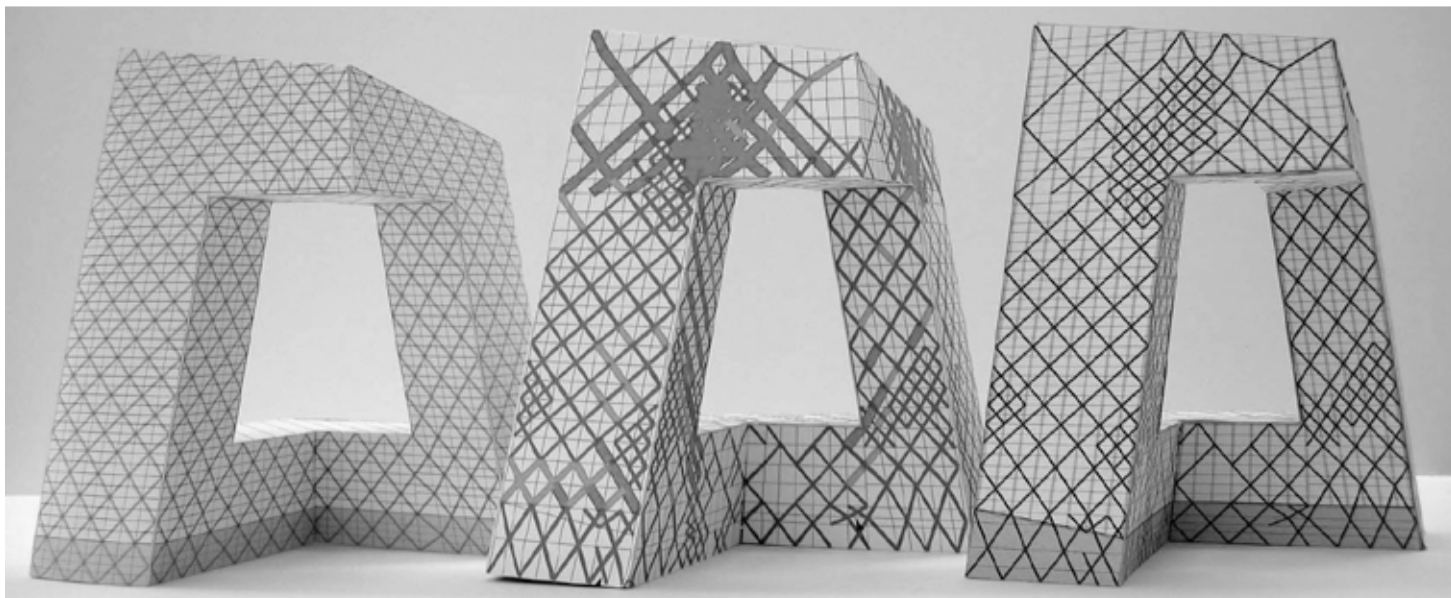
De kernen bevatten het verticale transport. De ligging van de kernen is zo gekozen dat deze altijd in het grondvlak van de schuine torens staat. Scheefstaande kernen zijn overwogen, om zo een consistente verdieplingslay-out te maken. Het probleem met de liften in een schuine kern kon echter niet worden opgelost.

Naast de kernen en de gevel, wordt ook een deel van de belasting afgedragen door kolommen. Door de aard van het gebouw is het niet mogelijk om de kolommen door te zetten van de top tot aan de fundering. Om dit op te lossen is een twee verdiepingen hoge vakwerkconstructie halverwege de hoogte geplaatst. Ook de vloervelden van de uitkraging worden door kolommen gedragen. Deze belasting wordt afgedragen naar de gevel via een eveneens twee verdiepingen hoge overdrachtsconstructie, afbeelding 4.

Het ongewone patroon van de gevel is ontworpen vanuit een standaard twee verdiepingen hoog grid. De keuze voor een systeem van twee verdiepingen is gekozen, doordat veel studio's in de torens deze hoogte vereisen. Optimalisatie, door het weglaten of toevoegen van staven, heeft ervoor gezorgd dat het gebouw aan alle stijfheids en sterkte eisen voldoet.



Afbeelding 2: Omvangvergelijking CCTV Tower met andere bouwwerken
bron: ARUP

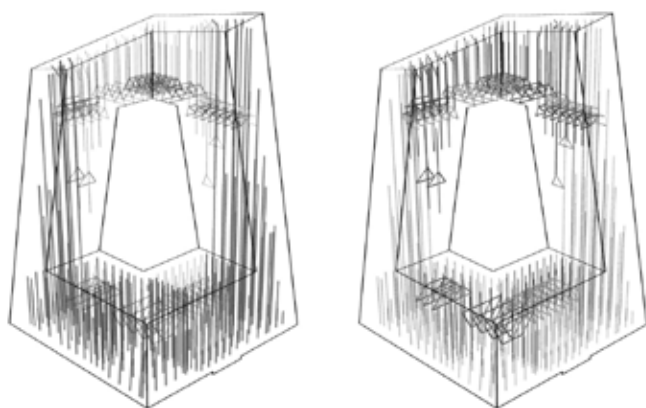


Afbeelding 3: Van links naar rechts; Regular Diagrid, Stress Analysis and Fine Tuned Pattern
bron: OMA

Sub-constructie en fundering

Voor het basisgebouw zijn trekpalen toegepast om opwaartse druk door het grondwater te compenseren. Deze trekpalen zijn 15-20 m lang en hebben een diameter van 600 mm.

De twee torens staan gefundeerd op palen van 52 m lengte en een diameter van 1,2 m. Door de grootte van de krachten is de fundering tot wel 7,5 m dik en loopt tot buiten de 'footprint' van de toren. De fundering is zo ontworpen dat onder standaard belasting geen trekkracht in de funderingspalen ontstaat, deze trekkracht ontstaat slechts bij extreme belastingen als aardbevingen.



Afbeelding 4: Indeling kolommen met overdrachtconstructies
bron: ARUP

Goedkeuring van het ontwerp

Zoals gebruikelijk moeten gebouwen getoetst worden aan de nationale normen. Naast de standaard norm, zoals wij die kennen, heeft China ook een norm speciaal gericht op aardbevingen. Alle gebouwen die buiten deze norm vallen moeten goedgekeurd worden door een team van experts onder toezicht van het Ministerie van Bouwen.

Hoewel de CCTV-toren voldoet aan de maximaal te stellen hoogte van een gebouw met een buisconstructie, zorgt de speciale vorm van het gebouw ervoor dat deze niet binnen de norm valt. Daardoor heeft 'The Seismic Administration Office of the Beijing Municipal Government' een teamsamenstelling van 12 constructeurs en academici die het gebouw toetsen op: weerstand tegen aardbevingen, schade

ontstaan door aardbevingen en de veiligheid van het gebouw. Arup zag de noodzaak van een vroege samenwerking met dit team, om zo commentaar te verwerken voor de uiteindelijke presentatie. Vanaf dag één was er veel publiciteit voor het gebouw, vooral over de veiligheid. Onder de media werd het gebouw bekend als 'Wei Fang' (het gevaarlijke gebouw).

Aardbevingseisen

Doordat het gebouw niet binnen de norm valt, heeft Arup samen met het expert-team een aantal prestatie eisen opgesteld waaraan het gebouw moet voldoen.

- Geen schade aan de constructie bij een level 1 aardbeving, bij een terugkeer periode van 50 jaar (63% kans dat dit in de eerste 50 jaar voorkomt).
- Repareerbare schade aan de constructie bij een level 2 aardbeving, bij een terugkeer periode van 475 jaar (10% kans dat dit in de eerste 50 jaar voorkomt).
- Het gebouw mag niet instorten bij een level 3 aardbeving, bij een terugkeer periode 2500 jaar. (2% kans dat dit in de eerste 50 jaar voorkomt).

De maximale horizontale versnelling bij deze drie aardbevingen zijn respectievelijk 7%, 20% en 40% van de gravitatie versnelling.

Elastisch constructieontwerp

Het hele gebouw is voor alle belastingcombinaties, inclusief level 1 seismische belasting elastisch doorgerekend. Alle individuele elementen zijn gecheckt en de stabiliteit van de totale constructie is gecontroleerd. Sommige onderdelen zijn ook getoetst op een level 2 seismische belasting, om te controleren of de kolommen in het elastische gebied blijven.

Het ontwerp en de elastische berekening is gedaan met het programma SAP2000. Door de grote hoeveelheid elementen (10.060 elementen, totaal 90.000 m lang) en vele belastingcombinaties is er voor gekozen om vier verschillende postprocessors parallel aan elkaar te laten lopen. Eén voor de stalen kolommen, een voor de SRC kolommen, een voor de diagonalen en een voor de randbalken

die de buisconstructie vormen.

De elementen werden aangepast aan de hand van deze toetsing en dit werd teruggekoppeld naar SAP2000 om er opnieuw een berekening mee uit te voeren. Dit werd herhaald totdat aan alle ontwerpcriteria werd voldaan. Door de grote statisch onbepaaldheid van de constructie is de belastingsafdracht erg afhankelijk van stijfheid van de verschillende onderdelen van de constructie. Iedere kleine verandering van de elementen zorgt voor grote verandering van de krachten.

Door deze optimalisatie enkel voor sterkte uit te voeren, zal de belasting steeds meer op de middenkolommen komen te staan, die hierdoor steeds zwaarder gedimensioneerd moeten worden. Daarom is er een minimale stijfheidseis gesteld aan de buisconstructie.

Niet-lineair seismisch constructieontwerp

Het ontwerpteam heeft samen met het expertteam eisen opgesteld waaraan het gebouw moet voldoen en op welke manier dit getoetst moet worden.

Een analyse van de niet lineaire vervormingen die ontstaan bij level 2 en 3 seismische belasting is gedaan met behulp van LS-DYNA. Dit is een programma dat veel gebruikt wordt bij het simuleren van autobotsingen. Van het hele gebouw zijn de verplaatsingen tussen de verschillende verdiepingen en knopen vergeleken met de vooraf opgestelde maximale verplaatsingen.

Fundering

Via een iteratief proces zijn de juiste afmetingen van de funderingspalen bepaald. Vele honderden belastinggevallen zijn

in een spreadsheet geautomatiseerd. Deze bedient vervolgens GSraft (aarde-constructie rekenpakket). Vanuit de resultaten worden nieuwe waarden voor de input berekend om zo via een iteratief proces uiteindelijk tot een constructie te komen waar alle elementen voldoende capaciteit hebben.

Uitvoering

Door het unieke ontwerp van het gebouw moet er extra aandacht besteed worden aan de uitvoering. Zowel de methode als de volgorde van het bouwen hebben invloed op de uiteindelijke verdeling van het eigen gewicht in de continue buisconstructie.

Om de aannemers enige flexibiliteit te geven is er een boven en ondergrens vastgesteld waarbinnen zij kunnen werken.

De ondergrens van de spanningen in de torens treedt op wanneer de torens met elkaar verbonden zijn. De uitkraging tussen de twee torens werkt hier als een schoor waardoor het moment in de torens afneemt. De bovengrens van de spanningen in de toren treedt echter op wanneer de torens helemaal gebouwd zijn, maar nog niet met elkaar verbonden zijn. «

Bron:

- Arup Journal 2/2005

Met dank aan:

- David Brown (Arup)

- Joanne Johnstone (Arup)

- Hausi Abdul-Karim (OMA)



Kantoor Unilever
"De Brug"
Rotterdam

Staalplaat-betonvloeren

Onderdeel van uitdagingen



Ontwerpprogramma
op onze website
www.dutchengineering.nl



Winkelcentrum Piazza
Eindhoven



Dutch Engineering r.i. B.V.

Energieweg 48 - Zoeterwoude-Rijndijk

Postbus 3 - 2380AA Zoeterwoude

Tel/fax: 071-5418923 / 071-5419670

e-mail: info@dutchengineering.nl

website: www.dutchengineering.nl

