

Bouwen op een postzegel

Het project Post Rotterdam bestaat uit transformatie van het bestaande monument en een nieuwe 154 m hoge toren op een tafelconstructie



Het voormalige postkantoor van Gustav Cornelis Bremer aan de Coolsingel in Rotterdam viert volgend jaar zijn 100e verjaardag (foto 2). Op 23 kogelgaten en een bominslag aan de Meentzijde na heeft het pand de Tweede Wereldoorlog redelijk ongeschonden doorstaan, maar helaas staat het al ruim een decennium leeg. Jarenlang leek er geen beweging te komen in de herontwikkeling van het rijksmonument, maar in april dit jaar is dan eindelijk de eerste Tuber groutinjectiepaal 65 m diep de grond in geboord. Het beoogde eindresultaat? Een 154 m hoge toren op de oude binnenplaats en een monument dat in ere hersteld en getransformeerd wordt tot een luxe 5-sterren hotel.

Al sinds 2008 is Pieters Bouwtechniek betrokken bij de herontwikkeling van het rijksmonument.

De originele plannen voor een 100 m hoge toren en een leisure center, destijds bedacht met UN Studio en Braaksma en Roos, zijn helaas gestrand in crisistijd. In de crisisjaren die daarop volgden was het stil aan de Coolsingel. Totdat Omnam Group, een Israëlische ontwikkelaar, in 2016 het pand aankocht met het ambitieuze plan om een 200 m hoge woontoren te realiseren op de bestaande binnenplaats waarin de toren gefundeerd wordt.

Samen met ODA Architecture uit New York en Braaksma en Roos uit Den Haag wist Omnam Group de gemeente Rotterdam te overtuigen van een woontoren van 154 m. Weliswaar niet de beoogde 200 m, maar desalniettemin imposant, mede gezien de krappe binnenplaats. De 40 verdiepingen tellende woontoren wordt straks gevuld met 305 appartementen, terwijl het monument wordt getransformeerd tot luxe hotel met 224 kamers.

Transformatie bestaande bouw

Transformaties van bestaande gebouwen zijn altijd spannend, vooral als die hun originele levensduur al ruim hebben overschreden. Op wat visuele gebreken na heeft het pand aan de Coolsingel echter de tand des tijds goed doorstaan. Er zijn tal van materiaalkundige proeven uitgevoerd op de houten palen, de betonvloeren en de metselwerk-wanden, en geen van allen bleek dusdanig

auteurs



IR. ROB DOOMEN RO

Partner /
Constructief Adviseur
Pieters Bouwtechniek



IR. STEVEN VAN ECK

Constructeur
Pieters Bouwtechniek

verslechterd te zijn dat versterking nodig was. De constructieve ingrepen voor de transformatie tot hotel blijven dan ook beperkt tot het creëren van enkele nieuwe tussenvloeren, het realiseren van aanvullende trappenhuizen, en het maken van aanvullende sparingen voor de doorvoer van installaties. De originele constructie van massieve metselwerkwanden, gefundeerd op een betonnen kelderbak op 6.000 houten palen, blijft verder ongemoeid.

Ode aan het monument

Iedereen die wel eens het postkantoor heeft bezocht, herinnert zich de publieke hal met het iconische betonnen boogdak dat 30 m overspant (fig. 4). ODA bedacht aan de oostzijde een nieuwe en aanvullende publieke centrale hal met een vergelijkbare boogvorm (fig. 5 en fig. 6). Dit is mogelijk door de woontoren op een 18 m hoge tafel te plaatsen, waaronder plek is voor de hal (fig. 6). Het optillen van de woontoren was noodzakelijk omdat het monument de nieuwe toren driezijdig afbakent.

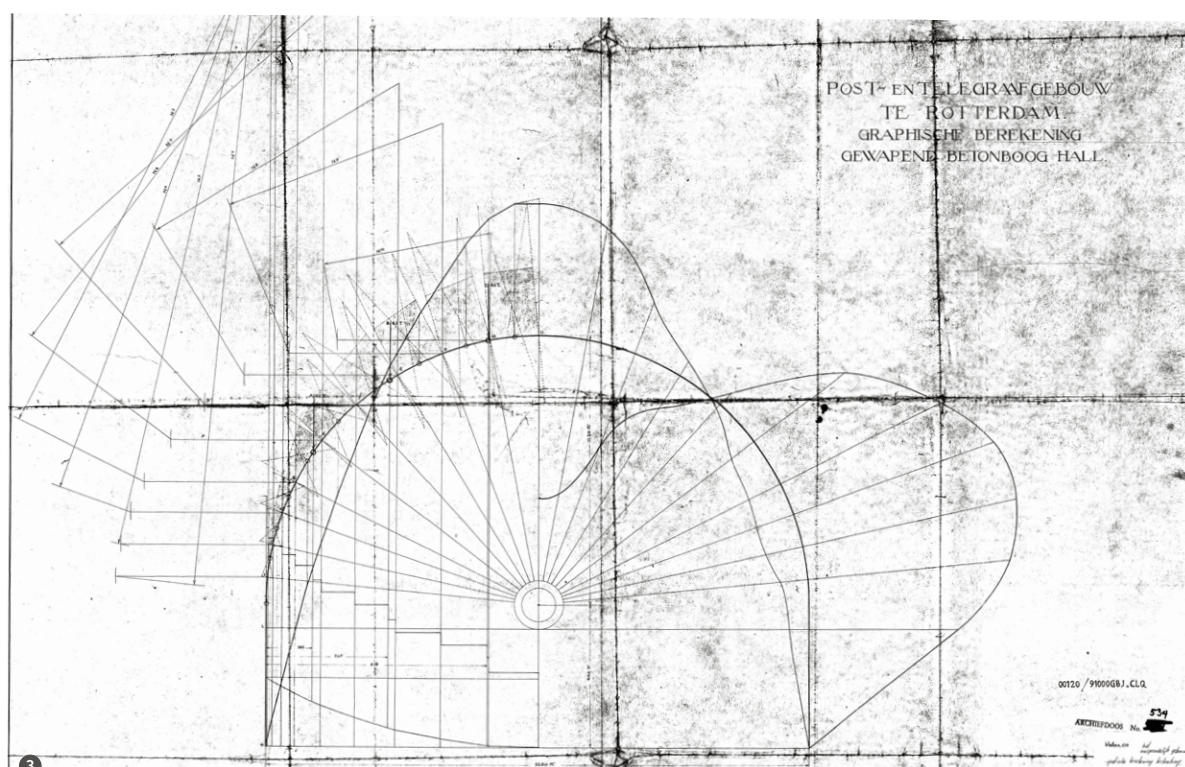
De tafel wordt ondersteund door $2,5 \times 2,5 \text{ m}^2$ grote megakolommen waar op het zwaarste punt 130.000 kN naar beneden komt (komt neer op $20,8 \text{ N/mm}^2$).

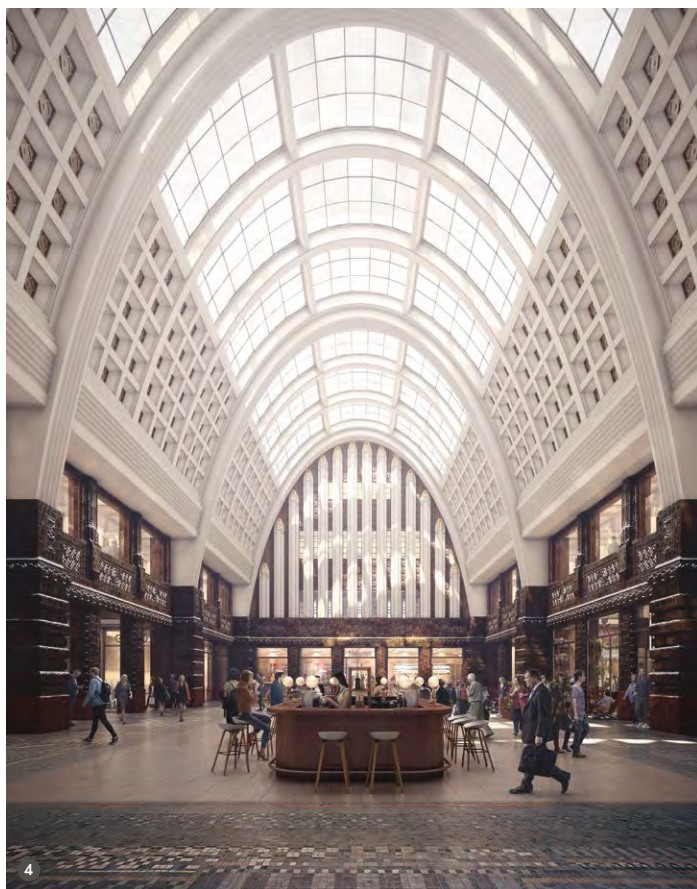
Om het nog wat complexer te maken werd tijdens het ontwerpproces duidelijk dat er parkeerplekken nodig waren onder de toren. De eerder bedachte fundering werd daarom herontworpen tot een tweelaagse, →



PROJECTGEGEVENS

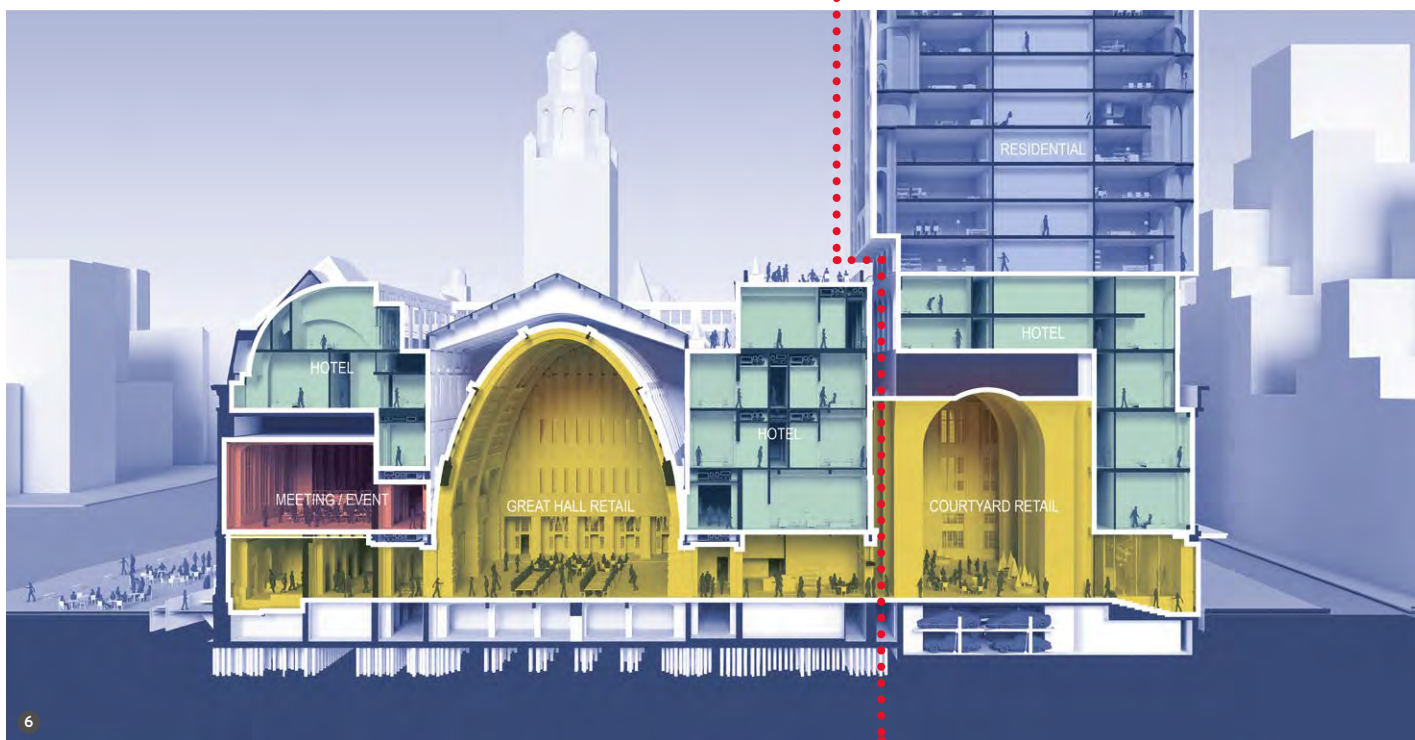
project
 Post Rotterdam
opdrachtgever
 Omnam
 Investment Group
architect
 ODA New York en
 Braaksma & Roos
 Den Haag
constructieadviseur
 Pieters Bouwtechniek
bouwkundig en
brandtechnisch
adviseur
 ABT
leverancier paalsysteem
 Fundex-Verstraeten
aannemer
 POST-bouw JV (Besix NL
 en Rizzani de Eccher)





Bestaande monument

Nieuwe toren



4 De publieke hal van het postkantoor met het iconische betonnen boogdak, bron: Forbes Massie, ODA

5 De nieuwe centrale hal, bron: Forbes Massie, ODA

6 Programmatische doorsnede over het monument en de toren. Oranje/geel = openbaar, groen = hotel, blauw = wonen, bron: Forbes Massie, ODA

*Op de binnen-
plaats komt een
centrale hal,
wat mogelijk is
gemaakt door de
woontoren op
een 18 m hoge
tafel te plaatsen*

5,5 m diepe kelder onder de binnenplaats (fig. 6). Om zoveel mogelijk parkeerplekken te realiseren was er afstemming tot op de centimeter nodig tussen de betonconstructie en het automatische parkeersysteem.

Nieuwe toren: krap, krappert, krapst

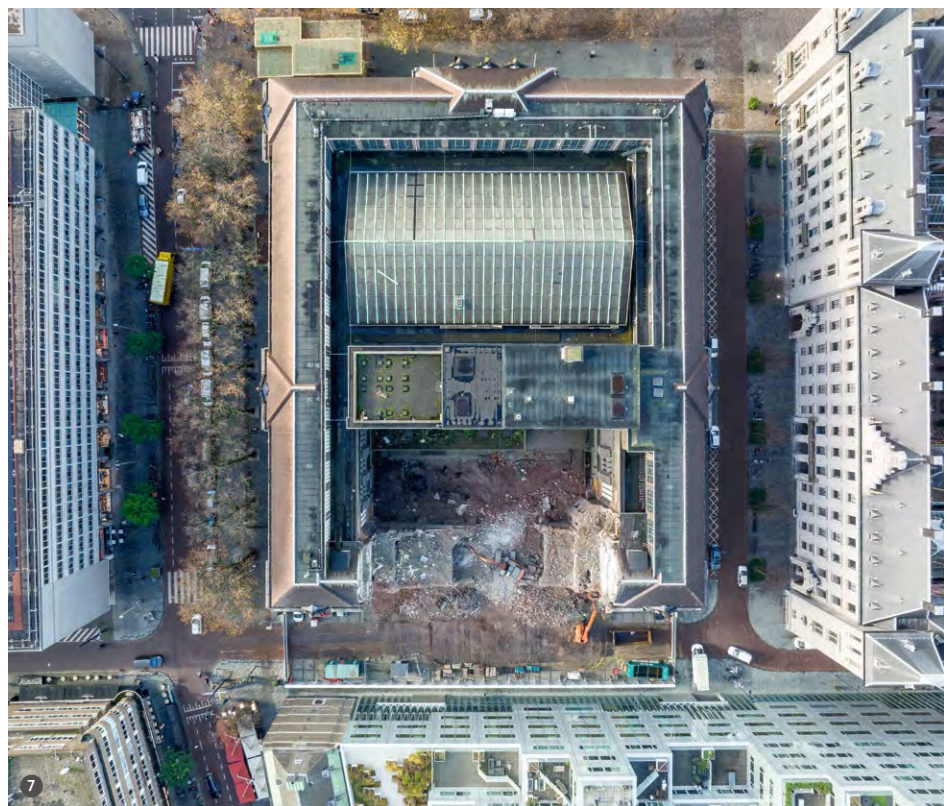
Om ruimte te maken voor de nieuwe woontoren moest de Rodezandvleugel van het originele postkantoor worden gesloopt (foto 7). Deze vleugel werd ooit direct aansluitend op het oorspronkelijke pand gebouwd, maar was in de eerste plannen van het postkantoor niet voorzien en had daarom niet dezelfde monumentale status. Nadat het besluit was gevallen deze vleugel te slopen, werd de contour van de nieuwe hoogbouwtoeren vastgesteld (fig. 8). Ondanks de extra ruimte door de sloop, werd het een hele opgave om een toren van 154 m in de bestaande binnenplaats in te passen. Om het oppervlak van de plattegrond te maximaliseren moest de toren nauw aansluiten op het bestaande monument.

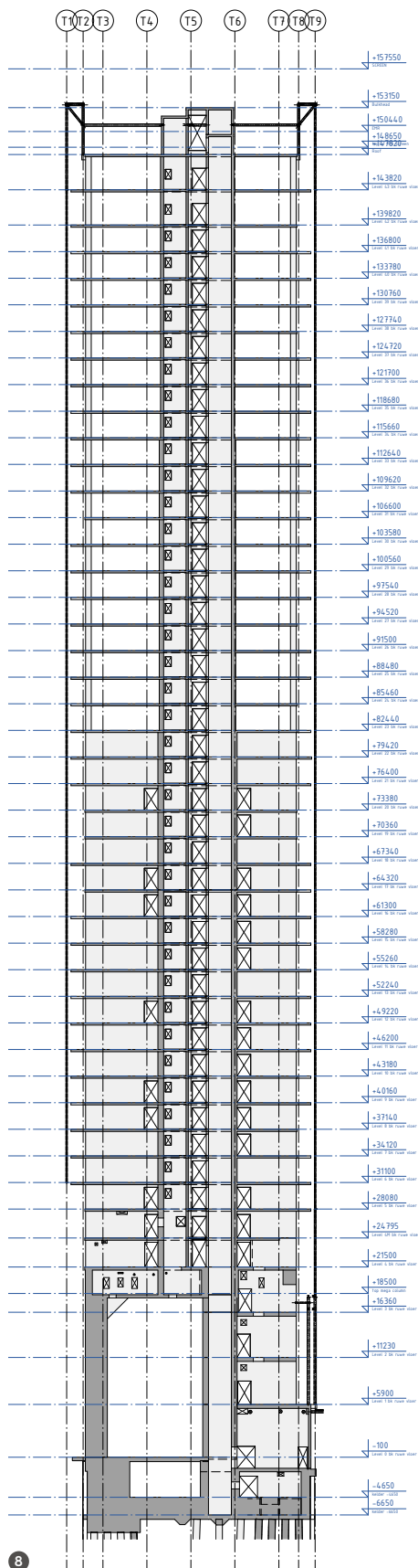
De plattegrond van de woontoren is

circa $29 \times 39 \text{ m}^2$. Omdat de funderingen van het bestaande monument breder uitlopen, was er slechts een oppervlak van $24 \times 34 \text{ m}^2$ beschikbaar voor de fundering van de nieuwe toren (fig. 8). Uitgangspunt was wel om bestaand en nieuw constructief volledig los te houden en ook geen nieuwe constructies voor de torenfundering door het bestaande monument heen te slaan. Waar men normaal gesproken de fundering onder een hoogbouwtoeren breder zou uitvoeren dan de bovenliggende toren om de hefboomsarm te maximaliseren, was er hier dus sprake van het tegenovergestelde. Dit alles vroeg om een zeer stijve fundering om de windmomenten uit de toren af te voeren.

De tweede zandlaag

Funderen van hoogbouw in Rotterdam roept bij elke constructeur dezelfde vraag op: gaan we naar de eerste of de tweede zandlaag? Tussen deze zandlagen zit namelijk de laag van Kedichem, een dikke kleilaag tussen circa NAP -35 m en NAP -55 m. Kostentechnisch is het (afgezien van de risico's op langetermijnzettingen) vrijwel altijd voor-





deliger om op de eerste zandlaag te gaan staan, maar de tweede zandlaag is vele malen stijver en draagkrachtiger. Hoewel er doorgaans voor beide opties wat te zeggen valt, was er voor Post Rotterdam geen keuze; het zou in de gegeven plot fysiek onmogelijk zijn om genoeg palen met voldoende draagkracht op de eerste zandlaag kwijt te kunnen om een toren van dit formaat te dragen. Daarnaast zouden de bestaande houten palen op NAP -17 m verzakken als de kleilaag onder de eerste zandlaag zou gaan inklinken na de bouw van de toren. Er moest dus hoe dan ook op de tweede zandlaag worden gefundeerd. De vraag was echter: waarmee?

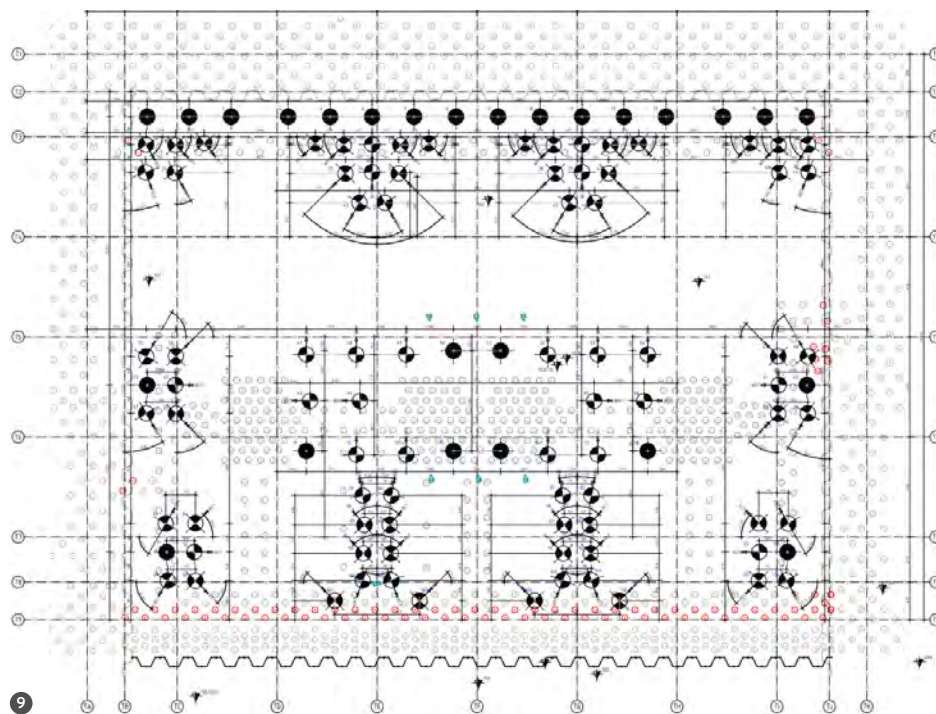
Uit de eerste sonderingen bleek al snel dat een paalpuntniveau van circa NAP -65 m nodig was. Maar in die vroege ontwerpfases werd niet alleen gedacht aan palen. Één van de eerste opties die werd overwogen was het maken van diepwandbaretten van 2,8 m x 1,0 m met een draagkracht van circa 22.500 kN per baret. Ook boorpalen met een diameter van 1,5-2,0 m zijn overwogen. Maar uiteindelijk is de keuze gevallen op Tubex-palen Ø762/950 met een draagvermogen van 12.135 kN.

De reden hiervoor was tweeledig. De leverancier van deze palen had al goede ervaringen met dit paalsysteem in de gemeente Rotterdam en zou ze kort daarna gaan toepassen bij de bouw van de Zalmhaventoren. De andere reden was dat deze palen met een schoorstand konden worden ingebracht, waardoor een hart-op-hartafstand aan de bovenzijde van 1,5 m mogelijk was (fig. 9), terwijl ze bij de punt wel minimaal 2,15 m uit elkaar zouden komen te staan. Hierdoor was er voldoende plek om de palen direct onder de kolommen van de tafelconstructie te plaatsen, om de belastingen uit de bovenbouw rechtlijnig naar de ondergrond af te voeren.

Doordat de palen niet vanaf het uiteindelijke, afgewerkte paalkopniveau worden ingebracht, maar vanaf een hoger werkniveau, was er vanwege de schoorstanden een enorme coördinatieslag nodig om tot werkbaar palenplan voor de uitvoering te komen. Elke paal heeft daardoor eigenlijk drie posities: een inbrengpositie, een afhakpositie, en een paalpuntpositie.

De beperkte hefboomsarm van de fundering van de nieuwe toren vroeg om een zeer stijve fundering

Voor de stabiliteit had een oplossing met shear walls over de onderste 20 lagen de voorkeur boven een buis-in-buis-constructie en een 'boter-kaas-en-eierengrid'



Stabiliteit

Medio 2017 begon het ontwerp van de toren langzaam vorm te krijgen, maar of die 150 m of 200 m hoog zou worden was voor iedereen nog een vraag.

De opdrachtgever, zelf constructief aangelegd, wist dat de sleutel lag in een heldere draagconstructie voor de toren en gaf in de eerste fase de vrije hand om de beste oplossing aan te dragen. Een van de eerste ideeën was een buis-in-buisconstructie, maar het grillige gevelbeeld bleek al snel niet toereikend om te benutten voor enige vorm van stabiliteit. In de periode daarop volgden talloze ontwerpstudies, uitgevoerd voor zowel een 150 m als een 200 m variant. Voor de 200 m variant zou een 'boter-kaas-en-eierengrid' van wanden over de gehele hoogte nodig zijn. Voor de 150 m variant bleek dat dwarswanden over de onderste helft van de woontoren al voldoende zouden zijn, de zogenoemde *shear walls* (fig. 10).

Deze *shear walls* werken tevens als flenzen aan de kern als de toren over de smalle zijde wordt aangeblazen. Outriggers bovenin de toren zijn ook overwogen, maar vanwege de verkoopbaarheid van de

luxere woningen boven in de toren, werd ervoor gekozen om de dwarswanden zo laag mogelijk in de doorsnede te concentreren.

Drie onderdelen

De uiteindelijke constructie kan in drie onderdelen worden opgeknipt (fig. 10). Het onderste gedeelte (groen in fig. 10) bestaat uit een 8 m hoge kelderconstructie met forse megapoeren onder de megakolommen, die onderling zijn gekoppeld met 2,5 m hoge funderingsbalken. Samen met de tafelconstructie vormt dit een stijf raamwerk. De tafelconstructie (rood in fig. 10) bestaat uit zes megakolommen aan de monumentzijde, en vier wandschijven van een meter dik aan de Rodezand-zijde. Het tafelblad (roze in fig. 10) is een holle wafelconstructie om gewicht te besparen en om de technieklaag in te huisvesten. Daar bovenop komt de 650 mm dikke hoogbouwkern (blauw in fig. 10), voorzien van 500 mm dikke *shear walls* over de eerste helft van de woontoren. Eenmaal boven de *shear walls* uitgekomen, verjongen de kernwanden langzamerhand naar een minimale dikte van 350 mm.

Best guess-model

De vervorming van de toren kan worden opgedeeld in drie componenten: de rotatie van de fundering, de (afschuivings)vervorming van de tafelconstructie en de (buig)vervorming van de torenkern met *shear walls* (fig. 11). De complexe interactie van deze onderdelen heeft ertoe geleid dat door de jaren en fases heen uiteindelijk een kleine 400 SCIA-modellen zijn gemaakt, variërend van ontwerpstudies voor stabiliteitssystemen, deelmodellen voor onder andere de tafelconstructie, en gevoeligheidsanalyses voor modelleringswijzen en stijfheidsparameters.

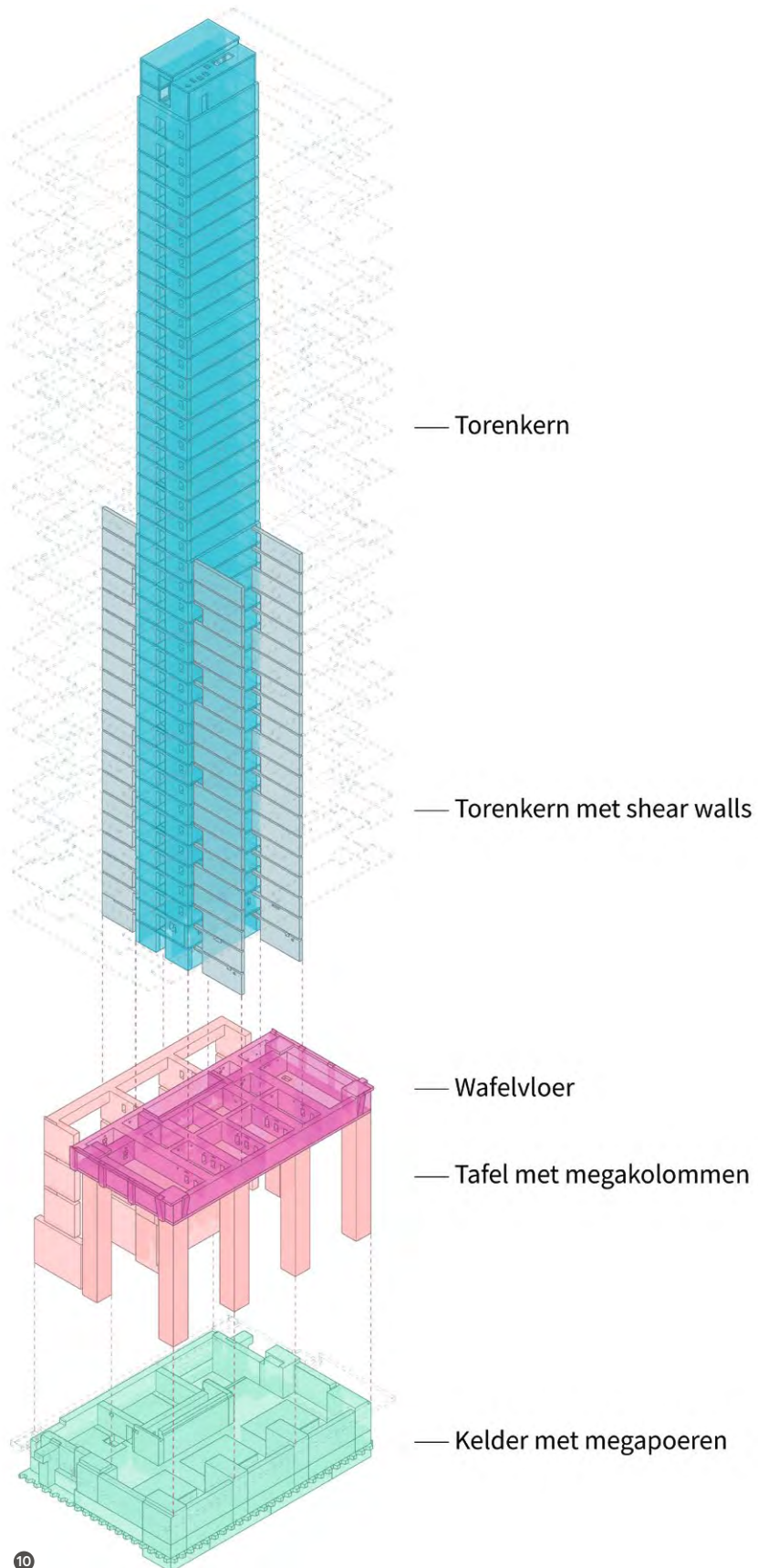
In elke fase is het basis 3D-rekenmodel van de grond af aan opnieuw opgebouwd, met de lessen uit de vorige fase erin verwerkt. Dit gaf een aanvullende vorm van interne controle, doordat de modellen op hoofdlijnen met elkaar konden worden vergeleken. Dit basismodel werd intern ook wel het *best guess*-model genoemd: het model wat naar verwachting en analyses de beste vertegenwoordiging was van de werkelijkheid.

Stijfheid toren

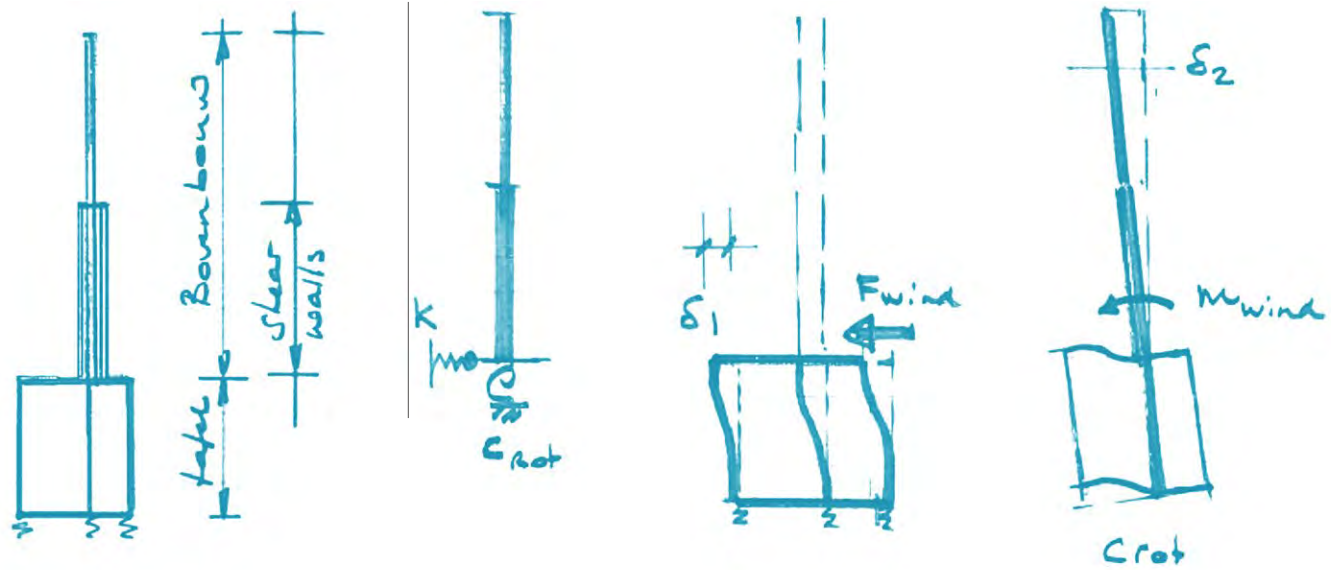
Het onderdeel waar wellicht de meeste tijd in heeft gezeten is de stijfheidsanalyse van de torenkern (inclusief de *shear walls*). Waar normaliter de vervorming uit de bovenbouw circa 60-70% bedraagt van het totaal, geldt voor Post Rotterdam dat de bovenbouw verantwoordelijk is voor ruim 80% van de vervorming. Zelfs met de gereduceerde hefboomsarm is de fundatie op de tweede zandlaag zeer stijf, met dynamische veerstijfheden van 600.000 kN/m per paal. Anderzijds betekende dit ook dat de meeste ruimte voor optimalisatie in de bovenbouw zat. Aangezien de torenkern met *shear walls* het leeuwendeel van de stabiliteit van de bovenbouw uitmaakte, lag hier de focus op.

De doorsnede van de torenkern, uitgevoerd in C55/67, varieert over de hoogte van de toren. Zoals gezegd worden die over de onderste (20) lagen aan weerszijden versterkt door *shear walls*. Daarboven vervallen de *shear walls* en loopt enkel de torenkern door, die op zijn beurt qua wanddikte verjongt naar boven toe.

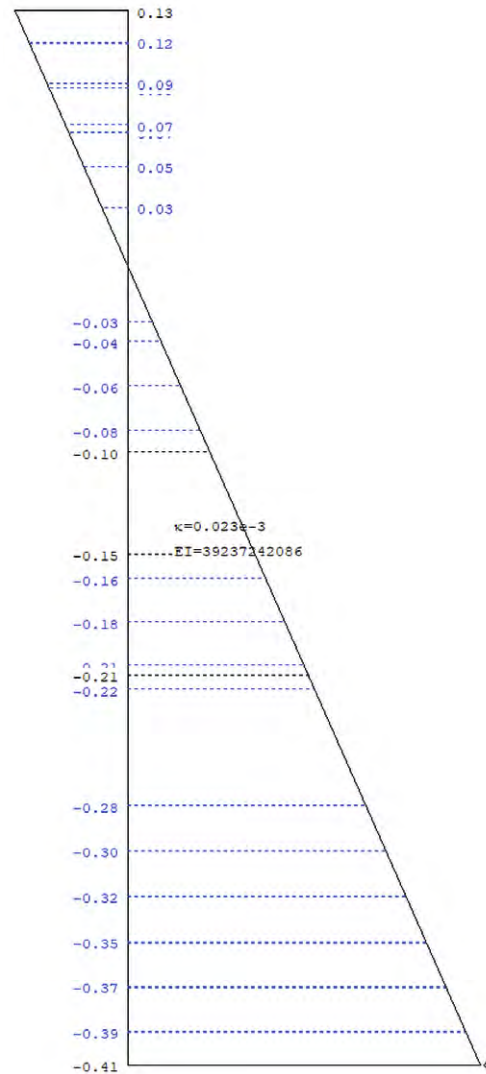
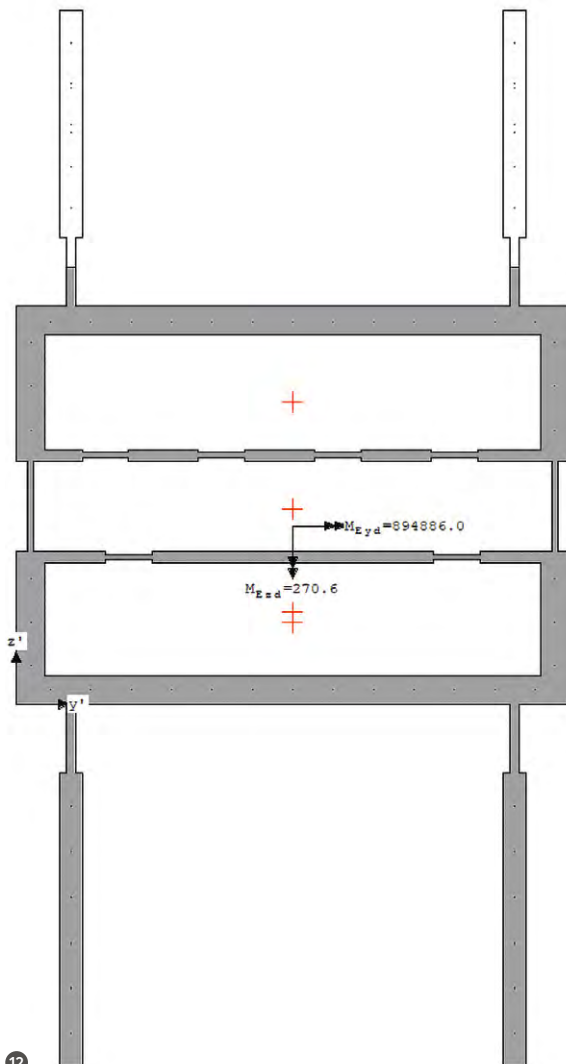
De normaalkracht op deze kerndoor-snede verloopt nagenoeg lineair over de →



11



12



hoogte, weliswaar met een sprong ter plaatse van de overgang naar de *shear walls*. Maar het windmoment neemt logischerwijs kwadratisch toe. De meest kritische zones zijn dus bij de overgang naar de *shear walls* en de overgang naar de tafelconstructie. Als deze zones enkel op sterkte zouden worden gewapend, dan zouden er twee zwakke plekken ontstaan in de kern. Om het vervormingsgedrag te verbeteren zijn daarom per verdieping *M-N-κ*-diagrammen gemaakt, waarbij er in de kritische bouwlagen op stijfheid wordt gewapend om een zo homogeen mogelijke stijfheid over de hoogte te bewerkstelligen. Dit heeft in de uiterste grenstoestand geleid tot een E-modulus van 27.500 N/mm^2 voor de kern met *shear walls* en een E-modulus van 23.500 N/mm^2 voor de kern zonder *shear walls*. In de bruikbaarheidsgrenstoestand is de gehele kern met *shear walls*, op de lateien na, volledig op druk belast en reageert deze dus ongescheurd.

Deze waarden zijn vervolgens ingevoerd in het *best guess*-model. Randvoorwaarde voor deze aanpak was wel dat de

kerndelen met elkaar samenwerken, ondanks lokale verzwakkingen ter plaatse van de lateien. De lateien werken niet enkel als trek-drukkoppeling, maar brengen significante momenten en dwarskrachten over om de delen van de kern te laten samenwerken. Respectievelijk maximaal 1500 kNm en 2200 kN in een doorsnede van $620 \times 650 \text{ mm}^2$. Daarom zijn de gescheurde lateien gemodelleerd met een gereduceerde E-modulus van 7.500 N/mm^2 . Een doorsnede in het 3D-rekenmodel laat zien dat, zelfs met de lokale verzwakkingen, er voor het belastinggeval wind een trapezoidaal spanningsverloop over de gehele doorsnede ontstaat (fig. 12).

Blik op de toekomst

Het is nog steeds moeilijk om te beseffen dat een project waar inmiddels al anderhalf decennium aan wordt gewerkt, er nu eindelijk echt gaat komen. De Joint Venture van Besix en Rizzani de Eccher is inmiddels van start gegaan. Alle palen zitten in de grond en in 2023 zal de constructie boven maaiveld al snel vorm beginnen te krijgen. ●

