
Uitkragende uitdaging

Downtown is een voorbeeld van hoe constructief ontwerp kan
bijdragen aan ambitieuze architectuur



Aan de skyline van Rotterdam is de woontoren Downtown toegevoegd, die niet zozeer bijzonder is vanwege zijn hoogte, maar vooral vanwege het overstek van 10 m. In nauwe samenwerking met de architect en de aannemer zijn het ontwerp en de uitvoering al in een vroeg stadium geoptimaliseerd.

Downtown ligt ingeklemd tussen de twee kolossen Cooltoren en The Baantower, in het hart van het Rotterdamse Baankwartier (foto 2).

Het is een woongebouw met een 75 m hoge toren van 24 verdiepingen en een langgerekte, zevenlaagse plint (onderbouw) (fig. 3). Deze plint sluit aan bij de gemiddelde gebouwhoogte in de stad, ook wel de Rotterdamse laag genoemd, een onderdeel uit de hoogbouwvisie van de gemeente Rotterdam.

Er zijn zowel koop- als huurappartementen voorzien. Op de begane grond en de eerste verdieping zijn woon-werkunits gesitueerd en op de tweede verdieping bevindt zich een inpandige stallinggarage, bereikbaar via een autolift. Het dak van het plintgebouw is ingericht als gemeenschappelijke daktuin.

Draagstructuur

De draaglijnen van de toren lopen door in de onderbouw, wat leidt tot een voor de constructie logische draagstructuur (fig. 4). Voor zowel de woontoren als de plint bestaat de constructie uit 250 mm dikke breedplaatvloeren die van betonwand naar betonwand maximaal 6,60 m overspannen (fig. 5 en 6). Deze wanden zijn in de basis 250 mm dik. Onder de dragende eindgevels van de woontoren (assen C en G) zijn ze 300 mm dik en bij de stabiliteitswanden 350 mm.

De stabiliteit wordt in dwarsrichting verzorgd door de betonwanden (fig. 5 en 6). Voor de stabiliteit in langsrichting is in de onderbouw een kern aanwezig, die in de

auteurs



**IR. PAUL
KORTHAGEN RO**

Raadgevend Ingenieur
IMd Raadgevende
Ingenieurs



**IR. DENNIS RIETDIJK
RO**

Raadgevend Ingenieur
IMd Raadgevende
Ingenieurs



**IR. MATTHIJ MOONS
RC**

Projectconstructeur
IMd Raadgevende
Ingenieurs

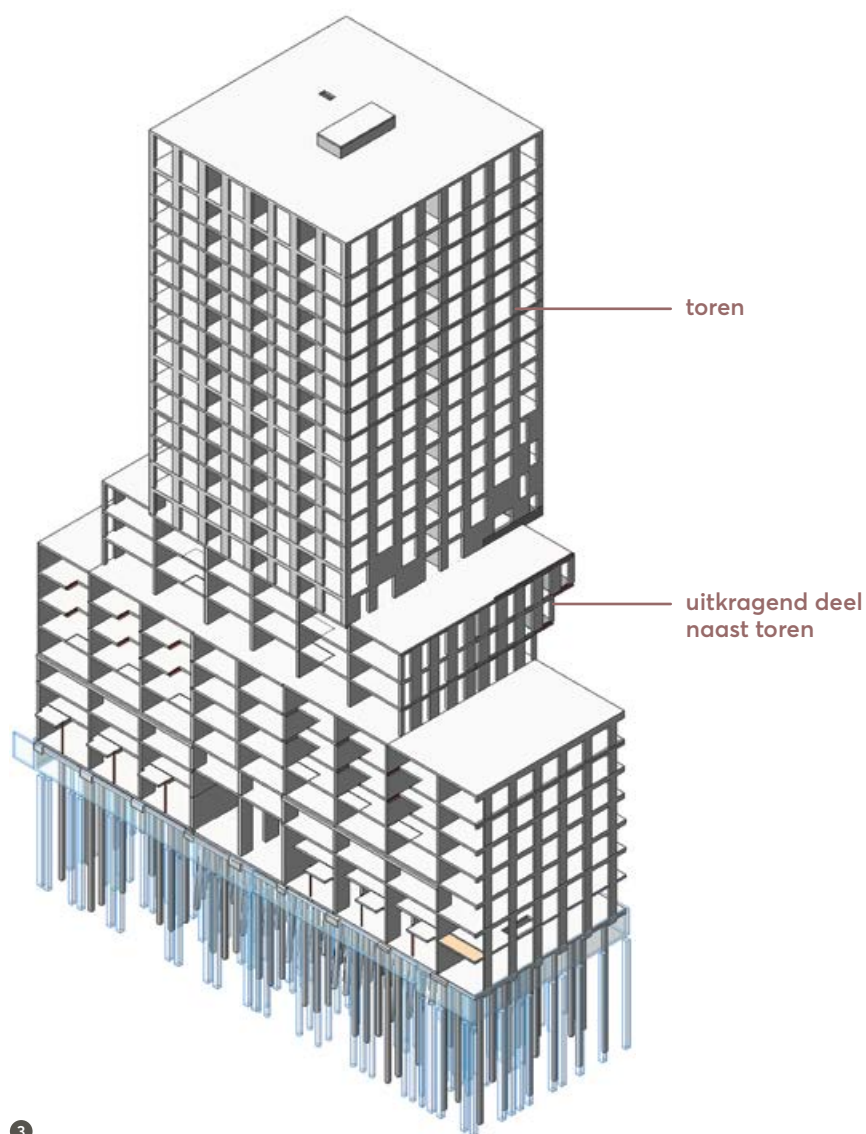
woontoren gekoppeld is met twee outriggerwanden.

Vanwege de beperkte bouwplaats is de bouwkraan in de kern geplaatst. Deze kraan stond niet op de fundering, maar steunde af op de verdieping die zich 5 tot 10 lagen onder het werkniveau bevond en is tijdens de bouw meegeklommen. Hierdoor kon de afmeting van de kraanmast beperkt blijven, zodat hij in de liftschacht paste.

Rondom de woontoren zijn slanke balkons voorzien, met een wisselende diepte. De diepte bedraagt minimaal 1,1 m, zodat de ramen kunnen worden bewassen. Bij de buitenruimte neemt de diepte toe tot 2,6 m. Doordat dit diepere gedeelte per verdieping wisselt, ontstaat een speels effect in het aanzicht van de toren. De balkons kragen met een koudebrugonderbreking uit vanuit de verdiepingsvloeren.

Overstek

Kenmerkend voor Downtown is het enorme overstek: de wanden kragen in drie stappen 7,5 m uit. Samen met het uitkragende balkon, steekt het geheel 10 m voorbij de gevel van de begane grond (foto 1). Onder het overstek zijn in de wanden in de richting van het overstek verdikkingen aangebracht, vanwege de hoge belastingconcentratie. Om grote horizontale krachten op de stabiliteitswanden te voorkomen, is evenwicht in de wand gezocht. Cruciaal in dit krachtenspel is het diagonaal naar binnen leiden van de belasting uit de uitkragende bovenbouw naar het funderingsoppervlak dat op →



PROJECTGEGEVENS

project

Downtown

opdrachtgever

SENS real estate /

LIFE NL

architect

OZ

constructieadviseur

IMd Raadgevende

Ingenieurs

aannemer

Stebru

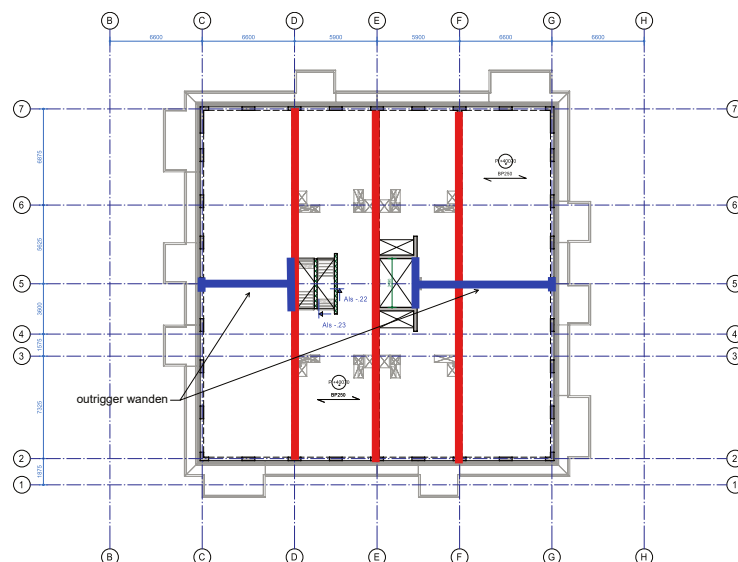
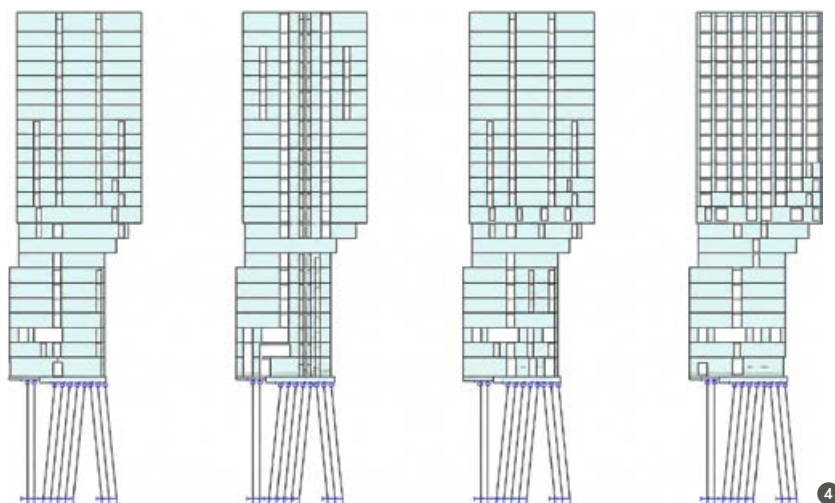
geotechnisch adviseur

ABO-Geomet

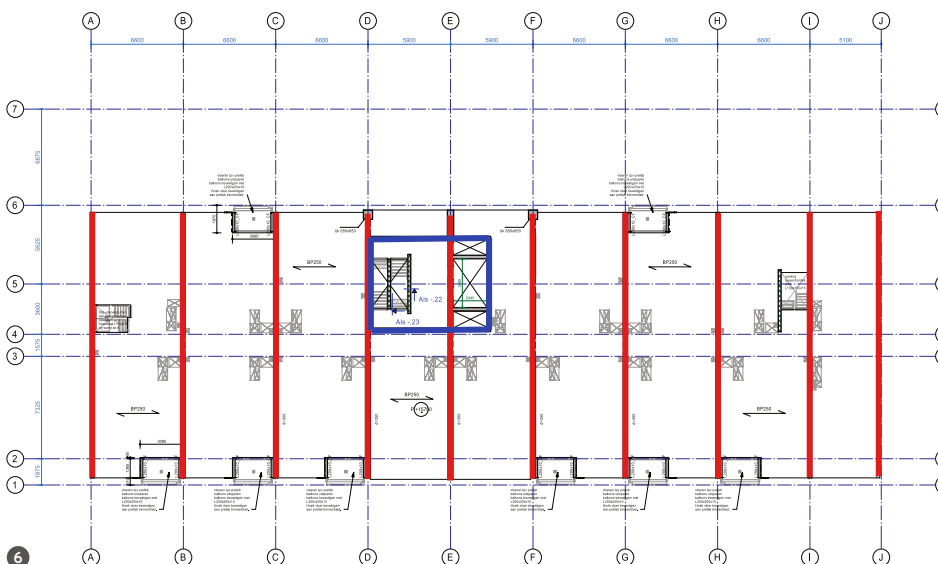
oplevering

december 2025

Cruciaal in het krachterspel van het overstek is het diagonaal naar binnen leiden van de belasting naar het funderingsoppervlak



5



6



— blauw — stabiliteit in X-richting
— rood — stabiliteit in Y-richting

4 Doorsneden (van links naar rechts over de assen D t/m G)

5 Plattegrond van de 13e verdieping, met in blauw de stabiliteitswanden (outtriggerwanden) in x-richting en in rood de stabiliteitswanden in y-richting

6 Plattegrond van de 5e verdieping met in blauw de kern voor stabiliteit in x-richting en in rood de stabiliteitswanden in y-richting

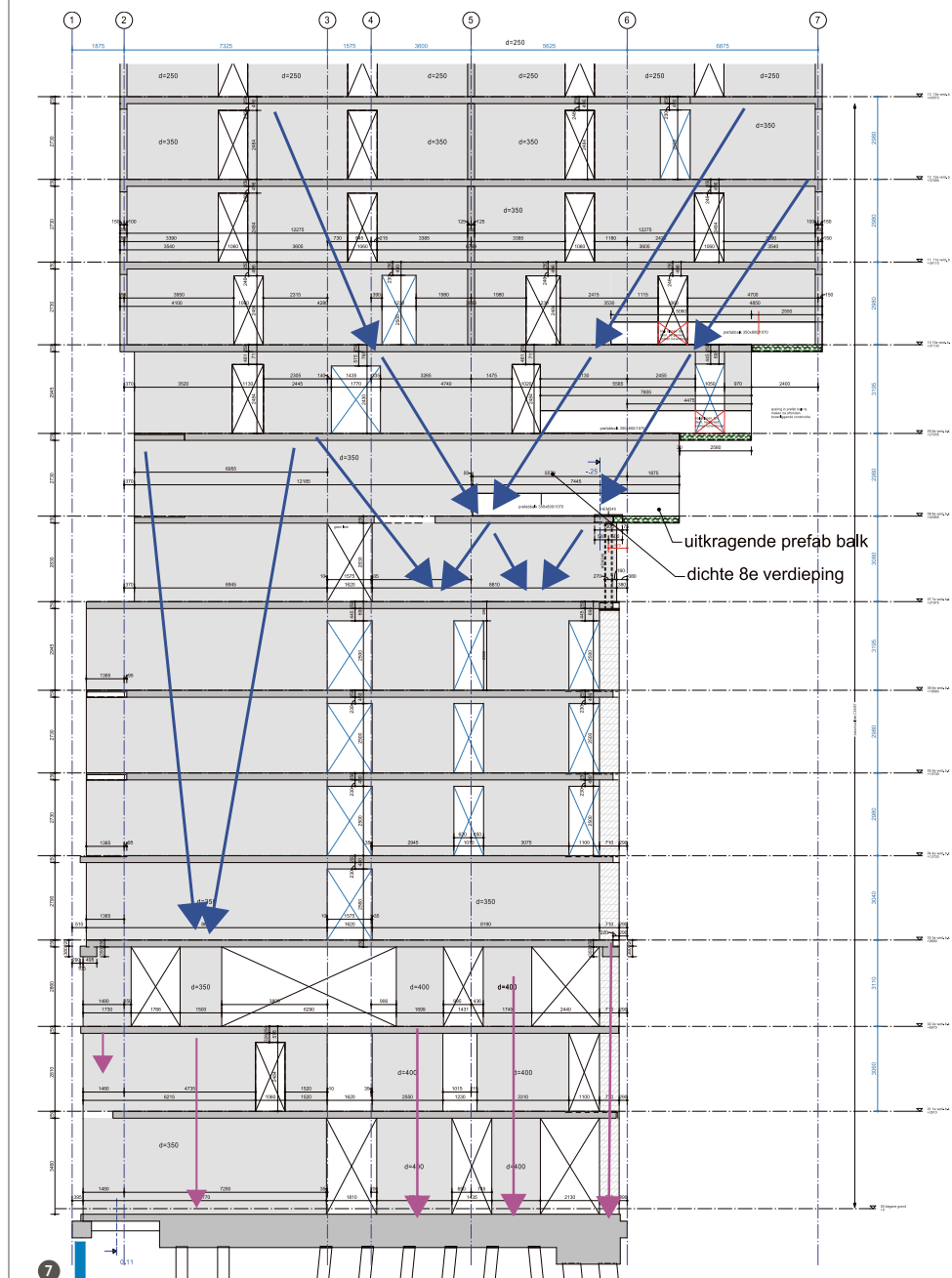
De uitkraging is gerealiseerd met 80 cm hoge prefab balken

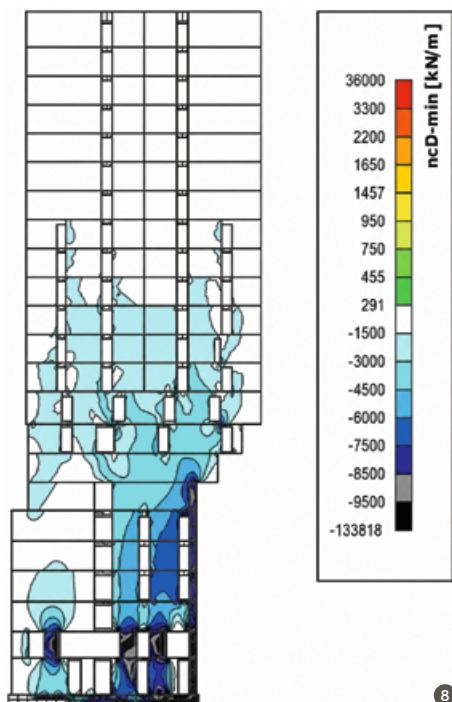
maaiveld beschikbaar is (fig. 7). In een vroeg stadium van het ontwerp zijn hiervoor oplossingen in beton en staal onderzocht. Uitvoering in beton bleek eenvoudiger met het oog op ruimtebeslag, brandwerendheid, bouw fysica en uitvoering.

Afstemming architectonisch ontwerp Het overstek vroeg in de ontwerpfase om een nauwe afstemming met de architect. Er is onderzocht of het mogelijk was de wandspa-

ringen in de toren te laten verspringen, zodat de wand van het overstek een stijve schijf zou vormen en de krachten vanuit het overstek over alle verdiepingen zouden worden verdeeld. Dit bleek lastig vanwege de woning-indelingen en de toch al complexe positionering van de verticale schachten.

Om de krachtsinleiding toch mogelijk te maken, zijn op de 7e en 8e verdieping tweelaagse maisonnettes ontworpen, waarbij de twee woonlagen inpandig met een trap zijn





gekoppeld. Hierdoor ontstaan bijzondere woningen aan het dakniveau van de plint. Het gevolg hiervan is dat op de 8e verdieping de gangzone die toegang biedt tot de woningen, kan vervallen. Daardoor kan in de wand de benodigde drukdiagonaal ontstaan die het overstek in evenwicht houdt (fig. 7).

Afstemming uitvoering Naast de afstemming met de architect was vroegtijdig overleg met de aannemer nodig. Omdat onder het overstek de ontsluitingsroute voor het bouwverkeer was gepland, moest het overstek zonder steigers worden gebouwd. Voor elk van de drie stappen van 2,5 m is de uitkraging gerealiseerd met 80 cm hoge, uitkragende prefab balken, die onderdeel zijn van de betonwand (fig. 7 en foto 9). Tussen de balken bevindt zich een massieve prefab betonplaat. Doordat deze delen in prefab beton zijn uitgevoerd, was een tijdelijke ondersteuning niet nodig. Boven op de prefab betonbalk is de wand verder in het werk gestort.

De prefab plaat is ontworpen om de stortlast van de breedplaatvloer erboven te kunnen dragen. Nadat op die manier de eerste stap van het overstek van 2,5 m was gerealiseerd, konden op dezelfde manier de tweede en derde stap worden gemaakt.

In de bouwfase zijn de openingen in de uitkragende wanden dichtgelaten, zodat de volledige wand tijdens de bouw als uitkragende console werkte. Dit bleek constructief noodzakelijk. Nadat de wand tot en met de 12e verdieping gereed was en de drukdiagonaal in de wand volledig was gevormd, konden de sparingen uit de wand worden gezaagd (foto 10).

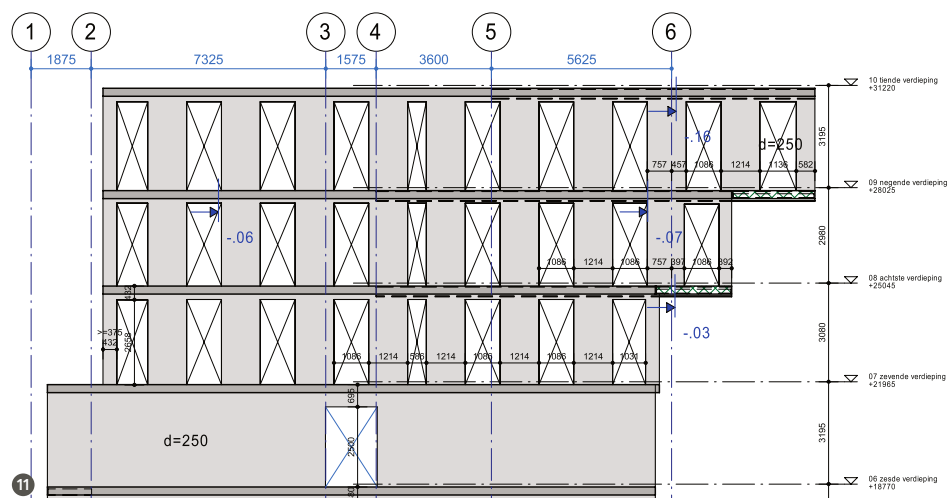
Om de krachten vanuit de wand over te brengen op de kolom, is een staalprofiel in de wand ingestort

Bij de uitkragende gevels naast de toren is sprake van een open structuur (fig. 3), waardoor gesloten wanddelen niet mogelijk waren. Bij deze gevels is de belasting veel lager (hier bevindt zich geen toren boven), waardoor hier een hybride vierendeelligger kon worden gemaakt (fig. 11). Hierbij werken stalen liggers in de lateien samen met de betonnen penanten. Op die manier kon ook de kopgevel steigerloos worden gerealiseerd. Een extra complicatie hierbij was dat de staven van de isokorven van de balkons aan de kopgevel door het staalprofiel moesten worden gestoken, om ze in de vloer te kunnen verankeren (foto 12).

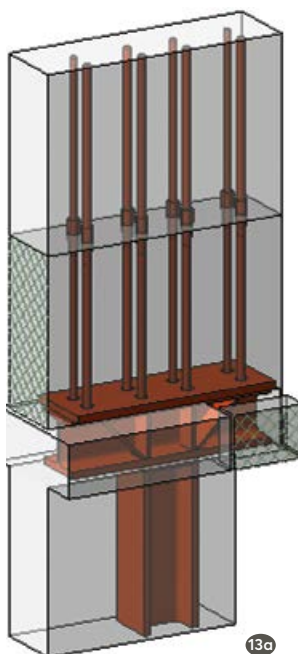
Hamerstuk

De uitkraging op de assen D en F van de toren draagt in de plintlagen af op betonkolommen ($650 \times 650 \text{ mm}^2$) (fig. 7). Deze kolommen worden zeer zwaar belast. Om de krachten vanuit de wand over te brengen op de kolom, is in de wand op de 7e verdieping een staalprofiel HEM 240 in de wand ingestort.

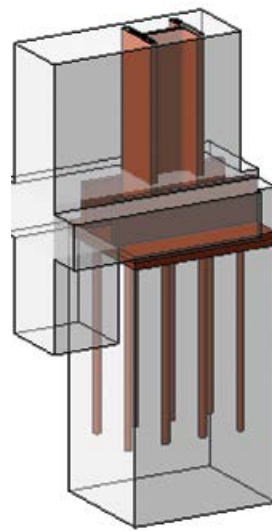
Voor de aansluiting aan de bovenzijde is een hamerstuk met aangelaste drukwepening uitgewerkt (fig. 13a). Dit zorgt ervoor dat de oplegspanning in het beton niet wordt overschreden. Aan de onderzijde is met schotten een stijve voetplaat gecreëerd,



12



13a



13b

die de krachten gelijkmatig verdeelt over de onderliggende kolom (fig. 13b). De voetplaat wordt naast de wand vastgebouwd aan in de kolom ingestorte DEMU-ankers.

Tweede draagweg

Het hoogste verblijfsgebied van de toren bevindt zich net onder 70 m. Volgens de huidige norm zou het gebouw daarmee in gevolgklasse CC2 vallen, maar de aanvraag voor de omgevingsvergunning was gedaan net vóór de wijziging in NEN-EN 1990 in december 2020. Daarom moest de constructie in gevolgklasse CC3 worden uitgewerkt. Om die reden is veel aandacht besteed aan de tweede draagweg.

Er zijn diverse analyses uitgevoerd waarbij zwaarbelaste elementen zijn weggenomen. Ook de gevolgen van het wegvalen van de zwaarbelaste kolommen en verdikte wanden onder het overstek is geanalyseerd. Doordat in deze situatie geen extreme windbelasting wordt gerekend, de materiaalfactoren zijn verlaagd én vanwege de robuustheid van de constructie door twee drukdiagonalen ter plaatse van het overstek (fig. 7), bleek het mogelijk om in die situaties met beperkte extra wapening de belasting uit het overstek op te nemen.

Fundering

Heien was op deze locatie in de stad niet mogelijk. Daarom is de woontoren gefundeerd op 147 grondverdringend geschroefde palen met groutinjectie en een verloren schroefpunt. Door slim om te gaan met de funderingspalen, kon het gebouw op de eerste zandlaag worden gefundeerd met een paalpuntniveau van NAP -26 m. De optredende zetting is in Rotterdam over het algemeen een reden om hoge gebouwen op een dieper niveau, rond NAP -60 m te funderen, met grote Tubex-palen. De kosten en extra bouwtijd die hiermee gemoeid gaan, zouden echter betekenen dat het project financieel niet haalbaar zou zijn. Om de zetting te beperken zijn de funderingskrachten in de grond over een groter oppervlak verdeeld. Hiertoe zijn schoorpalen toegepast die enerzijds schoor staan tot onder het overstek en anderzijds schoor naar de andere zijde van het gebouw, waarmee de scheefstand wordt voorkomen. De schoorpalen verdelen de krachten op deze manier gelijkmatig over een veel groter oppervlak van de samendrukbare laag waardoor de samendrukking van die laag ook gelijkmatig optreedt.

Met deze maatregel kon ook scheefstand als gevolg van het zettingsgedrag →



HOOGTE GEBOUW IN RELATIE TOT GEVOLGKLASSE

Volgens de huidige versie van NEN-EN 1990 (NEN-EN 1990:2002+A1:2019+NB:2019 'Grondslagen van het constructief ontwerp') geldt dat wanneer het hoogste verblijfsgebied hoger ligt dan 70 m boven maaiveld, gevolgklasse CC3 moet worden aangehouden. In eerdere versies (NEN-EN 1990:2002+C2:2010+NB:2011) werd nog naar de gebouwhoogte gekeken. De norm is hiermee gelijkgetrokken met de eisen ten aanzien van brand, waar altijd al naar het hoogste verblijfsgebied werd gekeken.

worden voorkomen. Onder het overstek komt het gewicht van het gebouw overeen met een toren van 110 m, terwijl aan de andere zijde het gewicht vergelijkbaar is met een toren van 30 m. Met deze maatregel kon ook scheefstand als gevolg van het zettingsgedrag worden voorkomen. Onder het overstek komt het gewicht van het gebouw overeen met een toren van 110 m, terwijl aan de andere zijde het gewicht vergelijkbaar is met een toren van 30 m. Door deze hoge belasting aan de overstekzijde zou, bij het toepassen van palen zonder schoorstand, op de lange termijn onder de paalpunten een aanvullende vervorming van maximaal 60 mm ontstaan door de samendrukking van de dieper gelegen laag van Kedichem (Formatie van Waalre) en daarmee een verschilzetting ten opzichte van de andere zijde van het gebouw. Het gebouw zou dan na verloop van jaren steeds schever gaan staan.

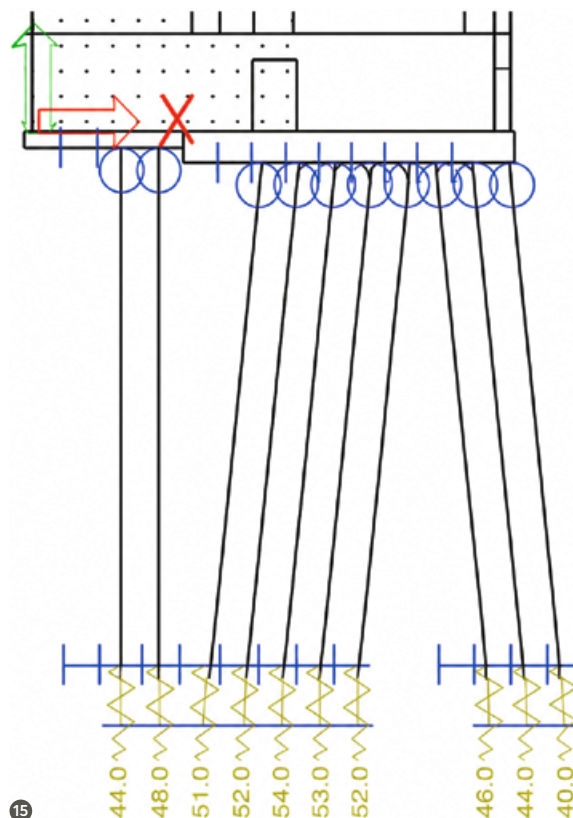
Voor het bepalen van de zettingen heeft een iteratief proces plaatsgevonden tussen de geotechnisch adviseur en de constructeur. Op basis van de opgegeven belas-

tingen vanuit het gebouw op de ondergrond zijn de zettingen bepaald en deze zijn vervolgens als voorgeschreven verplaatsing in het rekenmodel ingevoerd. Na diverse aanpassingen en iteraties van de schoorstand, is uiteindelijk een palenplan uitgewerkt dat resulteert in een rechtstandige zetting (fig. 15).

Bouwput

De locatie van Downtown was voorheen al bebouwd. Voordat de bouw kon starten is de bestaande bebouwing gesloopt. De oude panden verschilden in opbouw. Sommige waren voorzien van een kelder. En er waren de nodige funderingspalen aanwezig.

Om de palen voor de nieuwbouw te kunnen maken moesten de kelders worden gesloopt. De buitenwanden van de kelders stonden op de erfrens. In overleg met de aannemer zijn deze wanden gebruikt voor een Berlinerwand. In de bestaande keldervloeren zijn gaten geboord, waardoor een staalprofiel de grond in kon worden gedrukt, die tegen de bestaande wand is geplaatst (in plaats van ertussen, bij een traditionele





Berlinerwand). Op plaatsen waar geen bestaande kelder aanwezig was, is een traditionele Berlinerwand toegepast.

Door toepassing van de Berlinerwand kon de bouwput op de erfgrans worden gerealiseerd, waardoor geen taluds nodig waren en alle kabels en leidingen direct buiten de bouwput konden blijven liggen. Deze werkwijze was mogelijk doordat de grondwaterstand hier relatief laag ligt, zodat een droge bouwput kon worden gerealiseerd.

Nadat alle keldervloeren waren gesloopt, is de bouwput met zand aangevuld tot aan het funderingsniveau van het gebouw en zijn de nieuwe palen gemaakt. De positie van de palen is afgestemd op de ingemeten bestaande palen. Op diverse plaatsen waren aanpassingen in het palenplan nodig vanwege puinresten die op grotere diepte aanwezig bleken te zijn. Met name onder het overstek, waar een dicht palenveld nodig was, waren de tussenafstanden krap. Hier konden de nieuwe palen niet overal op de constructief gunstigste positie worden aangebracht. Om de belastingen vanuit de kolommen desondanks op verantwoorde wijze naar de funderingspalen af te dragen, is ter plaatse een ver-

zwaarde 2,5 m hoge funderingsstrook gerealiseerd. Deze zorgt voor een gelijkmatige krachtsverdeling en een effectieve overdracht van de kolomkrachten naar de onderliggende palen.

Ambitieuze architectuur

Downtown laat zien hoe een uitgesproken architectonisch gebaar kan worden vertaald naar een realiseerbare en robuuste constructie. Het overstek van 10 m stelde hoge eisen aan de draagstructuur, fundering en uitvoeringsmethode en vroeg om een intensieve samenwerking tussen architect, aannemer, geotechnisch adviseur en constructeur. Door al in een vroeg stadium ontwerp, uitvoering en geotechnische aspecten integraal af te stemmen, konden oplossingen worden ontwikkeld die zowel technisch als economisch haalbaar waren. Het resultaat is een woontoren die niet alleen een markante toevoeging vormt aan de Rotterdamse skyline, maar ook laat zien hoe een constructief ontwerp kan bijdragen aan ambitieuze architectuur. ●