



nhowRAI Hotel

Gedraaide volumes vragen om inventieve constructie

Naast de RAI Amsterdam is inmiddels gestart met de bouw van het nhowRAI Hotel. Het gebouw, naar een ontwerp van architectenbureau OMA, bestaat uit drie gestapelde volumes (fig. 1). Het constructief ontwerp kenmerkt zich door grote uitkragingen, een minimaal zichtbare constructie en een complexe bouwlocatie.

Het nieuwe hotel telt 650 kamers en wordt het grootste hotel van de Benelux, met faciliteiten als een televisiestudio, skybar en restaurants op tussenlagen tussen de hotelverdiepingen in. Op de verschillende dakdelen worden dakterrassen gerealiseerd. Het gebouw is in totaal 91 m hoog. Onder de toren komt een tweelaagse kelder.

Het hotel wordt gerealiseerd in de gesloten driehoek tussen de RAI Amsterdam, de ring van Amsterdam (A10), de Europa-boulevard en de Noord-Zuidlijn (fig. 2). De bouwlocatie vraagt veel aandacht voor de omgeving bij het maken van de bouwput.

Bouwput

De kelderconstructie van het hotel wordt gebouwd op slechts 1 m afstand van de Noord-Zuidlijn-tunnel en sluit direct aan op het dijklichaam dat onder de A10 ligt en niet mag worden onderbroken. Gezien de geschiedenis van de Noord-Zuidlijn is met name aan de zijde van deze tunnel extra aandacht besteed aan het bouwputontwerp. Het uitgangspunt hierbij was vervormingsgestuurd te ontwerpen: verplaatsingen van de tunnelbak van de Noord-Zuidlijn – en daarmee schade aan de tunnelbuis – moeten worden voorkomen. Daarom moeten de vervormingen van de bouwkuip tot een minimum worden beperkt.

Schoorstanden

Door de geringe afstand tussen de metrotunnel en het hotel, wordt ook de damwand van de bouwput op minimale afstand van de palen van de metrotunnel gebouwd (fig. 3). Omdat de metrolijn ter plaatse van de bouwput een bocht maakt, zijn de palen van de tunnel onder een schoorstand 1:10 aangebracht, zodat de horizontaalkrachten ten gevolge van de metro kunnen worden opgevangen. De palen van de metrotunnel komen hiermee onder de bouwplot van het nhowRAI Hotel terecht. De damwand is daarom onder dezelfde schoorstand als de metropalen aangebracht.

Hierdoor komt de damwand tot 200 mm van de onderste keldervloer (-2), die ruim 7 m onder de bovenzijde van de tunnelbak wordt aangelegd (fig. 3). De palen onder de kelderwand volgen dezelfde schoorstand als de palen onder de tunnel en de damwand, zodat deze toch onder de kelderwand kunnen worden geplaatst.

1 Impressie van het nhowRAI Hotel

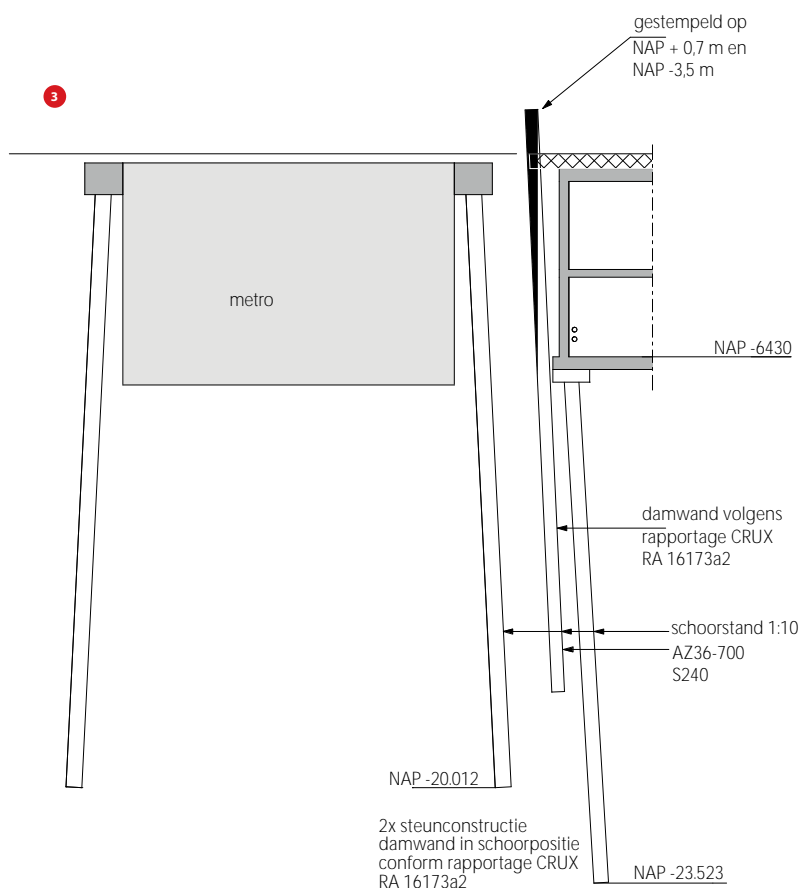
bron: OMA

2 De bouwput ligt ingesloten tussen de ring van Amsterdam (A10) (groen), de Europaboulevard (geel) en de Noord-Zuidlijn (blauw)

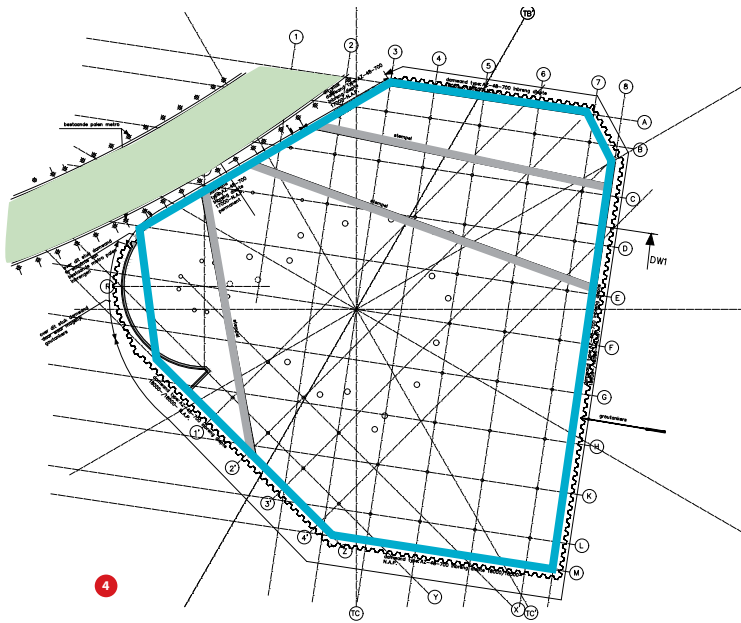
3 Kelderbak direct naast de Noord-Zuidlijn: tussenruimte ca. 1 m



2

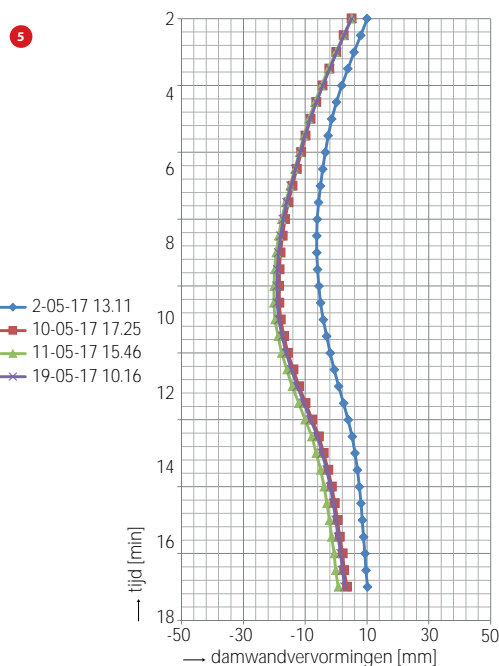


3



Vervormingen damwand

Ter plaatse van de tunnel valt de gehele gronddruk tegen de bouwkuip weg. Rondom de bouwkuip zijn groutankers aangebracht ter stabilisatie van de kuip. Ook dit is aan de Noord-Zuidlijn-zijde geen optie. Daarom is een dubbel stempelframe gerealiseerd, op NAP +0,5 m en NAP -3,5 m (fig. 4). Om vervormingen te voorkomen, is dit frame voorgespannen. Gedurende de bouw zijn de vervormingen rondom de bouwkuip op vooraf gedefinieerde kritische momenten gemonitord. Bovendien is een wekelijkse monitoring uitgevoerd, zodat indien nodig, tijdig kon worden bijgestuurd (fig. 5).



- 4 Plattegrond bouwkuip direct naast de Noord-Zuidlijn: in groen de Noord-Zuidlijn-tunnel, in blauw de bouwkuip en zwart het stempelframe
- 5 Monitoring damwandvervormingen in de tijd

Funderingspalen

Naast het minimaliseren van vervormingen in de ondergrond, moesten ook trillingen worden voorkomen. Gezien de minimale afstand tot de omliggende bebouwing is ervoor gekozen Fundex-combinatiepalen toe te passen. Hierbij wordt er met behulp van een stalen hulpbuis een gat voorgeboord onder toevoeging van groutinjectie. Hierna wordt de prefab kern afgelaten in het boorgat. Naast de bijna 600 Fundex-combinatiepalen zijn tegen het opdrijven van de kelderbak 350 Gewi-ankers aangebracht.

Het aanbrengen van de palen is uitgevoerd vanaf maaiveld tot een diepte van NAP -23,5 m. De boorgaten zijn boven de paalkop op circa NAP -7 m tijdelijk gevuld met zand. Een bijkomend voordeel van het toepassen van dit grondverdringende paalsysteem is dat ten gevolge van het aanbrengen van de palen de damwanden een lichte vervorming ondergaan (de bouwput wordt iets naar buiten gedrukt). Dat biedt marge bij het latere ontgraven van de bouwkuip, wanneer de damwanden ten gevolge van het ontgraven iets naar binnen toe vervormen.

Hoofddraagconstructie

De hoofddraagconstructie bestaat grotendeels uit in het werk gestorte vloeren, wanden en kolommen. Waar nodig zijn staalconstructies voorzien. Het architectonisch ontwerp van het gebouw vraagt grote uitkragingen en geen zichtbare constructie in de gevel. Doordat de driehoekige volumes zijn geroteerd ten opzichte van elkaar, verschillen de plattegronden sterk van elkaar.

De punt van elke driehoek steekt 12,5 m uit buiten de gevel van de onder- of bovenliggende driehoek. Doordat de gevel volledig open is ontworpen door de architect en hierdoor geen constructie in de gevel is geplaatst, wordt de effectieve constructieve uitkraging ruim 16,5 m. Tussen de uitkragende driehoeken is steeds een tussenlaag in het ontwerp opgenomen. Op deze tussenlagen ligt de gevel verder terug dan op de onder- en bovenliggende laag.

Doorlopende constructie

Er is geen marge om extra hoogte te creëren voor een opvangconstructie per volume. De 91 m gebouwhoogte is immers de maximale hoogte omdat de gebouwlocatie op een aanlegroute naar Schiphol ligt. Daarom is samen met de architect gezocht naar een oplossing waarbij er binnen de verspringende bouwkundige plattegronden punten konden worden gevonden waar de constructie kon worden doorgezet.

Figuur 6 laat twee plattegronden van verschillende volumes zien die over elkaar heen zijn gelegd. De kern is het enige onderdeel dat verticaal door het hele gebouw op dezelfde positie in de plattegronden past (fig. 6a). Naast deze kern is gezocht naar overige punten waar de constructie kan door-



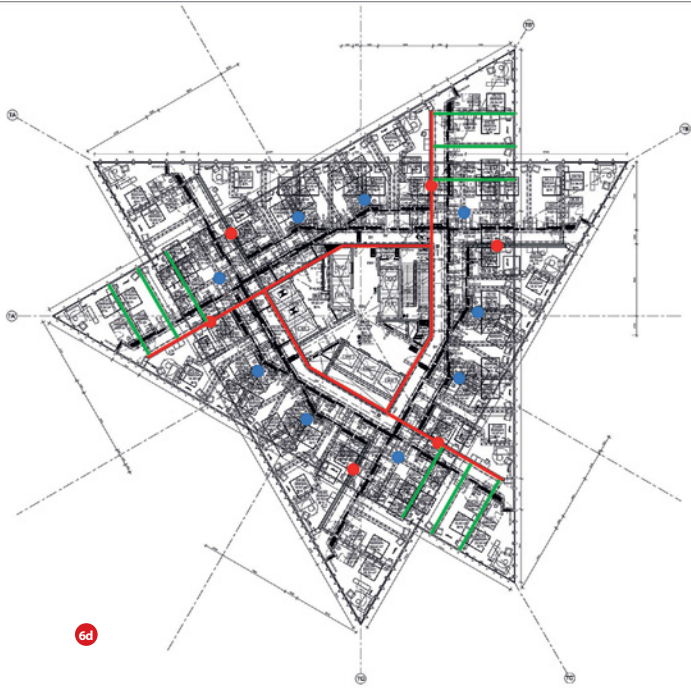
6a



6b



6c



6d

lopen, zonder dat deze midden in de ruimten uitkomen. Op de kruisingen van kamerwanden in de over elkaar gelegde plattegronden zijn vijftien posities gedefinieerd waar een over de gehele hoogte doorlopende kolom kan worden geplaatst (fig. 6b). De kolommen worden langwerpig, als wandschijven, uitgevoerd om in de kamerwanden te worden opgenomen.

Primaire uitkraging: wanden

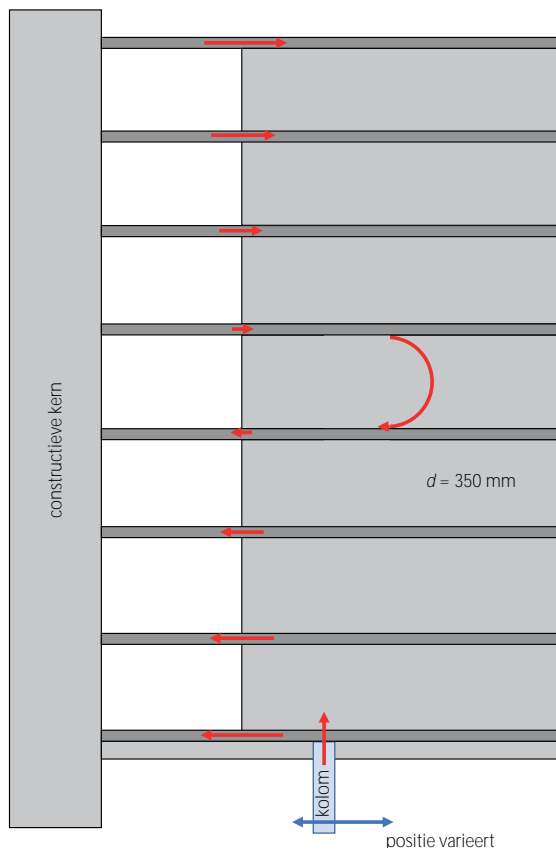
Op drie plaatsen per volume wordt boven deze kolommen een constructieve betonwand geplaatst over de volle hoogte van het volume. Deze wand vormt de primaire uitkraging van de kern tot de gevel (fig. 6c). De hoogte van de betonwanden per volume is afhankelijk van de bouwkundige indeling van de verdiepingen. De betonwanden dragen de verticale belasting af

naar de onderliggende kolom. De positie van deze kolom ten opzichte van de bovenliggende betonwand varieert; deze is afhankelijk van de indeling van de onderliggende ruimten. Vanaf de kern gezien passeert de betonwand eerst een gangzone die rond de kern loopt. In de uitkragende betonwanden zijn hiervoor grote openingen opgenomen. In de gangzone zijn ook de ringleidingen van de installaties opgenomen die de kamers voorzien van lucht en elektra. Hierdoor zijn zware balken in de gangzone boven het plafond niet mogelijk.

Moment uitkraging

Het moment ten gevolge van de uitkraging van de betonwanden wordt opgenomen door de wanden horizontaal via de vloeren aan de kern te koppelen. Hiervoor zijn stalen liggers in de – in

- 6 Opbouw hoofdconstructie:
- (a) doorlopende kern over alle volumes;
 - (b) kolomposities op overlap in plattegronden hotelverdiepingen;
 - (c) uitkragende betonwanden vanaf de kern per volume;
 - (d) secundair uitkragende staalconstructie aan de betonwanden



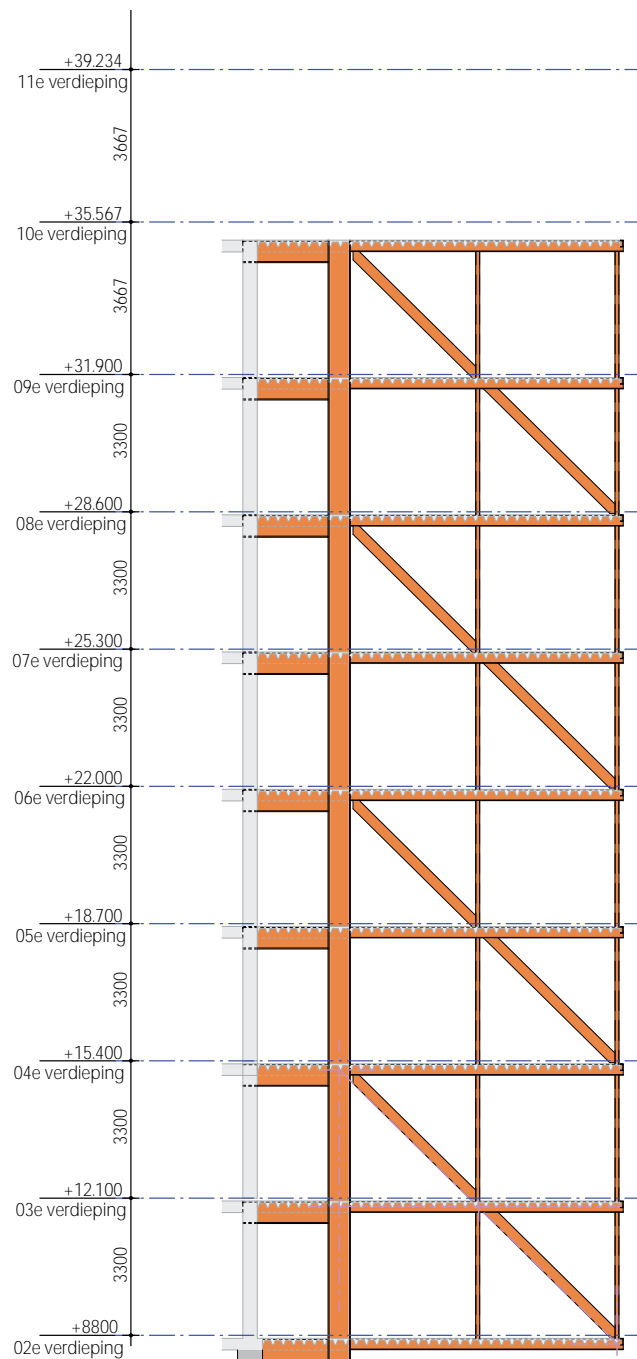
7

het werk gestorte – vloeren voorzien tussen de kern en de betonwanden (fig. 7). Deze stalen liggers nemen de normaalcrachten uit de koppeling tussen betonwand en kern op (rode pijlen in fig. 7).

Deze horizontaalkrachten zorgen lokaal voor hogere krachten op de kern. Doordat de drie betonwanden per volume in een andere richting aan de kern trekken, ontstaan per volume verhoogde dwars- en torsiekrachten op de kern. Deze krachten treden echter alleen op binnen één volume: de trekkrachten aan de bovenzijde van de betonwanden maken evenwicht met de horizontale drukkrachten aan de onderzijde van het volume. Hierdoor ontstaat binnen een volume evenwicht. Op de tussenlagen tussen de drie volumes in en in de onderbouw treden geen verhoogde belastingen op in de kern.

Bovenste verdiepingen

Op de bovenste verdiepingen van het gebouw zijn representatieve functies als congresszalen en restaurants voorzien, waardoor dichte betonwanden ongewenst zijn. Daarom is de effectieve constructieve hoogte van de wanden op deze positie beperkt tot drie verdiepingen (fig. 9). Dit betreft de (constructief) meest ongunstige betonwand.

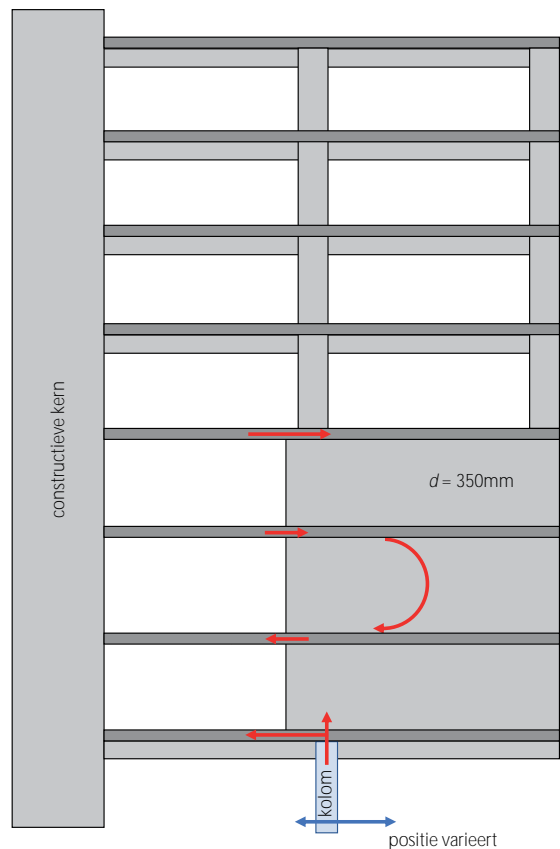


8

Secundaire uitkraging

Loodrecht op de betonwanden kragen de vloeren nog 9 m uit tot de gevel evenwijdig aan deze betonwanden (fig. 6d). Hiervoor zijn stalen spanten ontworpen die in de kamerwanden worden opgenomen. Deze stalen spanten zorgen voor de secundaire uitkraging van de betonwanden tot de gevel. Een aanzicht van een van de spanten is te zien in figuur 8. Het eerste deel van de spanten wordt uitgevoerd als vierendeelligger. Ook deze stalen spanten moeten eerst een gangzone passeren waardoor hier geen diagonalen mogelijk zijn. De vierendeelconstructie wordt verticaal opgelegd op de uitkragende beton

- 7 Constructieprincipe primaire uitkraging met betonwand op kolom; positie kolom varieert, de betonwand wordt via de vloer horizontaal gekoppeld aan de kern
- 8 Secundaire uitkraging met vierendeelligger en diagonalen
- 9 Constructieprincipe primaire uitkragingen bovenste volume met extra openingen



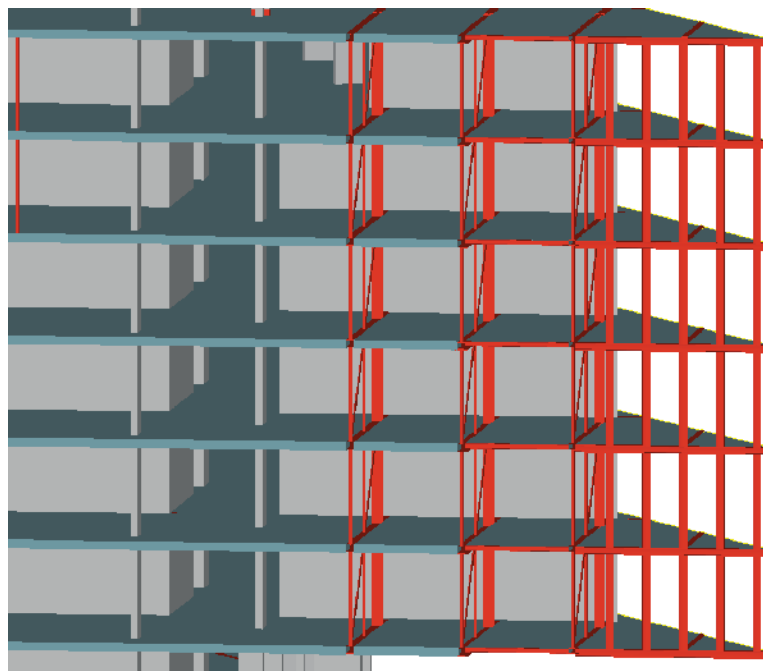
9

wanden. Na de passage van de gangzone, wordt in de kamerwanden een systeem van diagonalen, vloerliggers en kolommen opgenomen. De vloerliggers worden als SFB-liggers (samengepaste stalen ligger bestaand uit H-profiel met een plaat hieronder gelast) uitgevoerd in de vloer. De kolommen zijn maximaal 100 mm breed zodat ze in de bouwkundige kamerwanden kunnen worden opgenomen zonder dat een verdikking nodig is.

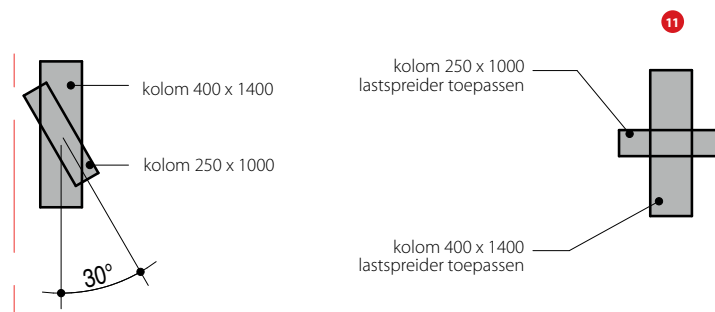
Tertiaire uitkraging

In de hoeken resteert nog een laatste uitkraging vanaf het laatste secundaire spant tot aan de hoek van de plattegrond. Deze uitkraging is nog eens 7 m. In deze hoek is steeds één hotelkamer ontworpen, waardoor er geen constructie in kan worden opgenomen. Voor deze laatste hoek is een vierendeelconstructie in de gevel ontworpen. De kolommen uit de vierendeelconstructie worden achter de gevelstijlen geplaatst en vloerliggers worden in de vloer opgenomen, zodat de constructie niet zichtbaar is in het gevelbeeld. Doordat deze vierendeelconstructie een hoge effectieve hoogte heeft, kunnen de liggers en kolommen relatief licht worden gedimensioneerd.

- 10 Vierendeelconstructie in de hoeken van het gebouw
- 11 Op de tussenlagen zijn de kolommen van onder- en bovenliggend volume doorgezet (hoekverdraaiing 30 tot 90°)



10

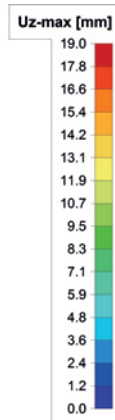
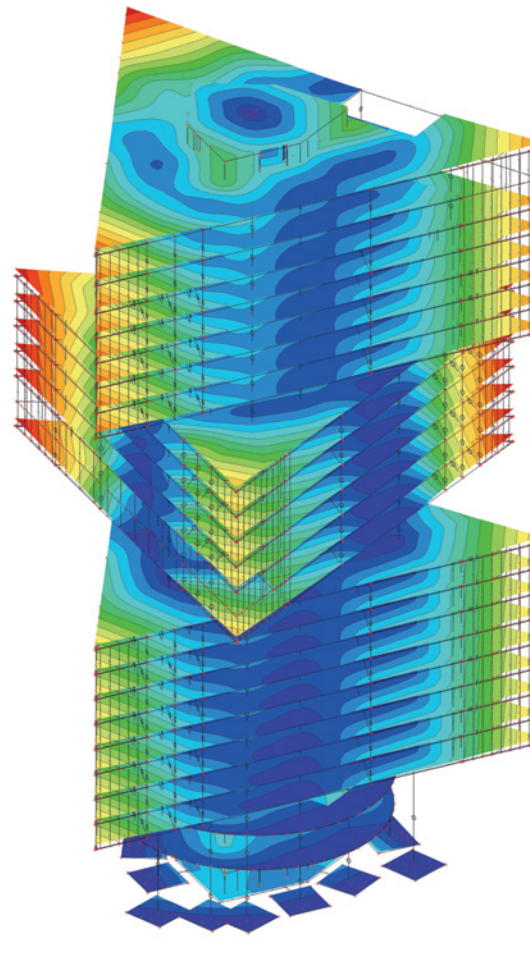
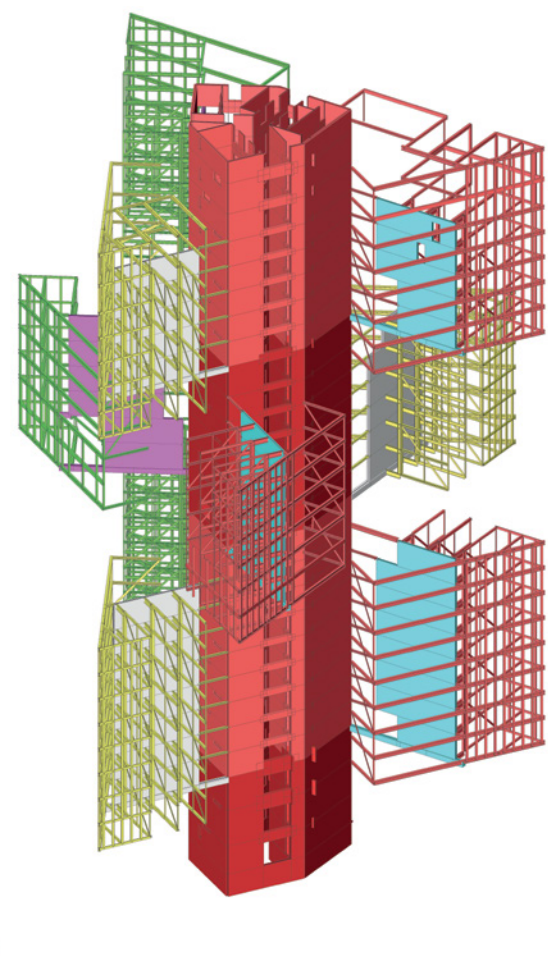
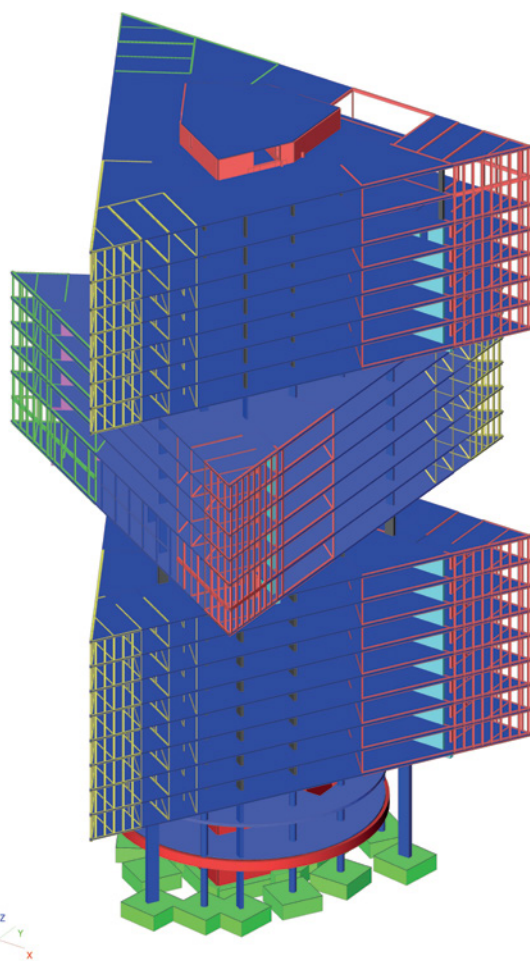
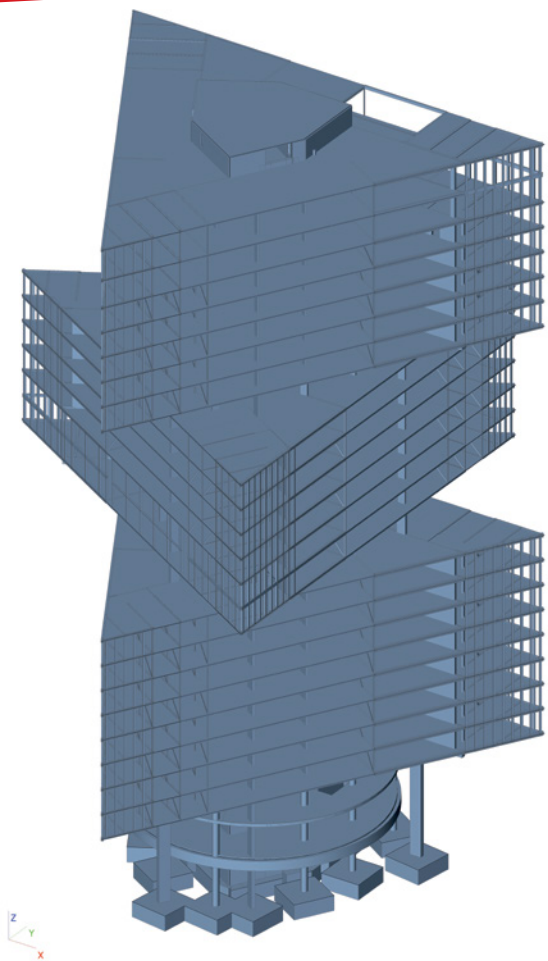


11

Constructie op tussenlagen

Op de verdiepingen tussen de driehoekige volumes gaat de constructie over van het ene volume in het andere. Onder de uitkragende wanden zijn balken over de volledige wandlengte voorzien. Deze balken hebben als doel het stortgewicht van de bovenliggende wanden te dragen in de bouwfase.

Tussen de volumes zijn de kolommen (wandschijven) ten opzichte van elkaar gedraaid. De hoekverdraaiing per kolom varieert van 30 tot maximaal 90°. Om de contactspanningen te beperken op deze overgang, zijn op de tussenlagen de kolommen van onder- en bovenliggend volume doorgezet (fig. 11). Via



- 12 Schaalmodel t.b.v. windtunnelonderzoek
- 13 Horizontale vervormingen t.g.v. horizontale uitbuiging van het gehele gebouw en de rotatie van een enkel volume versterken elkaar in de hoek linksboven
- 14 Rekenmodel van het nhowRAI Hotel

12



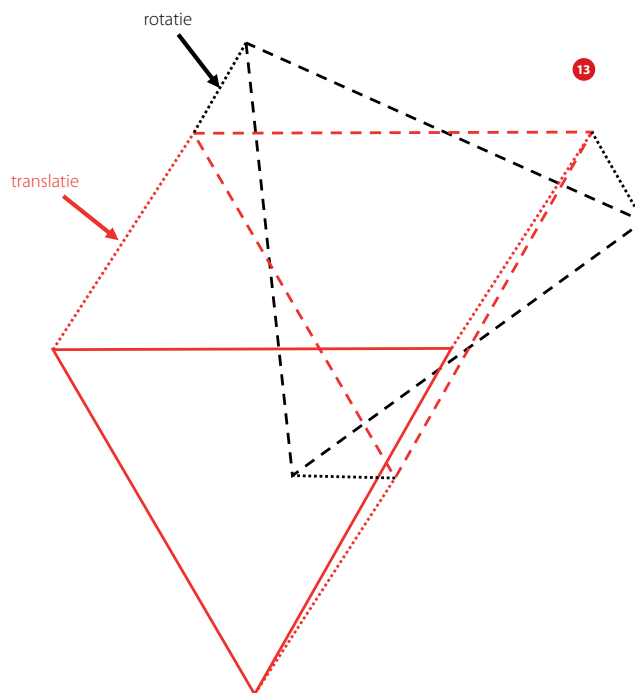
een schuifspanning kan de kracht gelijkmatig worden ingeleid in de onderliggende kolom. Op die plekken waar met dit principe de contactspanningen niet voldoende kunnen worden verlaagd, worden stalen lastspreiders toegepast op het contactvlak tussen beiden kolommen.

Windbelastingen

De Eurocode geeft slechts handvatten voor het bepalen van de windbelastingen op een rechthoekige gebouwvorm en niet voor een dergelijke driehoekige vorm, waarbij bovendien de volumes over de hoogte draaien. Voor de te hanteren windbelastingen voor het stabiliteitsontwerp is eerst een inschatting gemaakt uitgaande van een omhullende rechthoekige gebouwvorm, waarbij de windzuiging loodrecht op het aanblaasvlak van de gevel werkt. Vervolgens is een windtunnelonderzoek op een schaalmodel van de toren uitgevoerd (fig. 12). Dit ter controle van deze windbelastingen en voor de bepaling van de lokale winddrukken en zuigingen op de gevels en plafonds van het gebouw. Uit dit windtunnelonderzoek kwamen lagere windlasten op het gebouw, lokaal op sommige gevelvlakken is een hogere winddruk gemeten.

Verplaatsingen

Tijdens het ontwerp van de stabiliteitsvoorzieningen van de toren bleek door de relatief grote kern de horizontale vervorming van het gebouw beperkt (1/1200 van de gebouwhoogte). Ten gevolge van de rotatie van de volumes onderling, in combinatie met de horizontale vervormingen van de toren, bleken de versnellingen in de hoekkamers maatgevend in dit ontwerp. Deze versnelling komt enerzijds door de normale horizontale uitbuiging van het gebouw, anderzijds door het roteren van de volumes ten opzichte van de as van het gebouw. Afhankelijk



van de optredende windrichting versterken beide effecten elkaar in een van de hoeken. In figuur 9 is de horizontale uitbuiging van de constructie in rood aangegeven. Het bijkomende deel ten gevolge van de rotatie is in zwart getekend: te zien is het versterkende effect in de linkerbovenhoek. Een dynamische eindige-elementenberekening is uitgevoerd (fig. 13) om de windhinder en versnellingen in het gebouw te onderzoeken.

Tot slot

Het nhowRAI Hotel kent een spectaculair ontwerp en zal dan ook een opvallende verschijning worden. Het architectonisch ontwerp zorgde voor flinke constructieve uitdagingen. Uiteindelijk is in samenwerking met de architect en ontwikkelaar een integraal ontwerp tot stand gekomen. De komende periode zal dit ontwerp in de praktijk worden gebracht. Uiteindelijk zal het gebouw in de zomer van 2019 worden opgeleverd. ☒

PROJECTGEGEVENS

- project nhowRAI Hotel
- ontwikkelaar COD, Being Development
- gebruiker nhow (onderdeel van NH Hotel Group)
- architect OMA / Rem Koolhaas, Reinier de Graaf
- aannemer Pleijsier Bouw
- constructeur Van Rossum Raadgevende Ingenieurs
- geotechnisch adviseur Crux Engineering
- windtunnelonderzoek Peutz
- oplevering eind 2019