



1. Render (Artist impression: UNStudio).

Van PTT Post naar Booking.com

De nieuwbouw op kavel 5b/6 op het Amsterdamse Oosterdokseiland is niet alleen in omvang, maar ook in complexiteit een bijzondere opgave voor alle betrokken partijen. Het multi-functionele gebouwensemble met het hoofdkantoor van Booking.com en 41 luxe appartementen, schittert door de integratie van (gevel)architectuur, installaties en constructieve maatwerkoplossingen. Niet alleen voor de ontwerpers, maar zeker ook voor de uitvoerende partijen is de tijdsdruk enorm. Toch kan, is de verwachting, de oplevering plaats vinden in de tweede helft van 2022.

ir. Paul Lagendijk RO en ir. G.L.H.M. Henkens

Paul Lagendijk is constructief ontwerper bij Aronsohn Constructies raadgevende ingenieurs in Rotterdam. George Henkens was tijdens ontwerp en uitvoering directeur bij Aronsohn Constructies raadgevende ingenieurs in Rotterdam

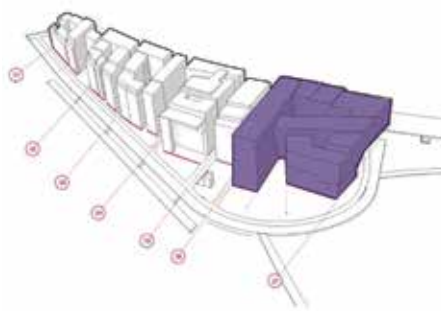
Op het Oosterdokseiland wordt de laatste hand gelegd aan het nieuwe hoofdkantoor voor Booking.com (afb. 1 en 2). De ontwikkelingsmaatschappij MAB maakt eind jaren negentig in opdracht van de gemeente Amsterdam, onder de naam ODE, plannen voor de herontwikkeling van het eiland ten zuiden van het spoor. Op dat moment heeft in dat gebied PTT Post nog haar Stationspostgebouw (afb. 3 en 4), maar duidelijk is dat het postbedrijf binnen afzienbare tijd gaat

vertrekken en dat het gebouw kan worden gesloopt. Het plan anno 2002 bestaat uit zes bovengrondse kavels en één ondergrondse kavel van twee kelderlagen. De onderste kelderlaag dient uitsluitend voor parkeren; de andere laag biedt ook ruimte aan logistieke functies en een grote fietsenstalling. Deze zeven volumes maskeren de complexiteit, want bij deze ontwikkeling zijn dertien architectenbureaus betrokken. Onder de paraplu van een vof – specifiek

voor dit project – traden Aronsohn en Arcadis binnen het masterplan samen op als adviseur voor alle constructies: Arcadis voor de westelijke kavels (1 t/m 4) en Aronsohn voor de oostelijke kavels (5 en 6). De betrokkenheid van Aronsohn is voor een deel ingegeven omdat de constructie van het Stationspostgebouw destijds door Aronsohn is ontworpen en dat de gegevens van de ondergrond, funderingen en alle andere constructies nog in het archief beschikbaar waren. Daarnaast vereist het grote aantal betrokken architecten een omvangrijk adviseursteam dat in staat is alle werktekeningen tijdig te vervaardigen.

Herontwikkeling

De herontwikkeling van het gebied kent in 2004 een voorspoedige start dankzij twee gebouwen die met overheids geld zijn gefinancierd, namelijk: de gemeentelijke Openbare Bibliotheek (kavel 4) en het Conservatorium van Amsterdam (kavel 5a). De kleinere westelijke kavels met woningen, commerciële



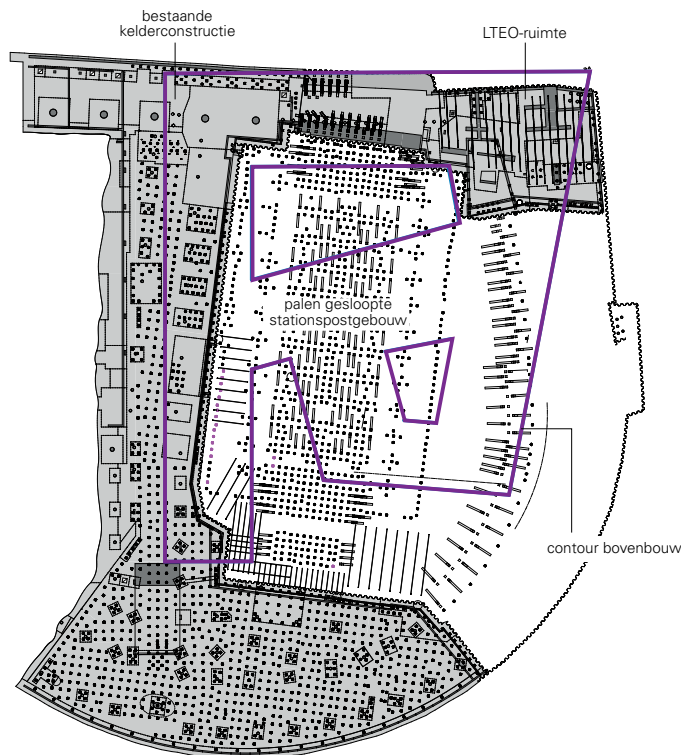
2. Overzicht bouwvolumes Oosterdokseiland.



3. Stationspostgebouw Amsterdam.



4. Stationspostgebouw Amsterdam (Foto: monumentenzorg/Han van Gool).



6. Bouwlocatie bij start bouw, paarse: contour constructie boven 4^e verdieping.



7. Overzicht toe te passen palen (groen: geboorde palen; overige kleuren: geheide palen, paars: contour constructie boven 4^e verdieping).

ruimten en een hotel komen ook vlot tot stand. Het oostelijke deel evenwel niet. Dat omvat een zeer groot volume kantoren, waar op dat moment maar weinig belangstelling voor is. Het plan voorziet erin dat voor de ontsluiting aan de noordzijde, pal langs het spoor, de Oosterdoksstraat wordt aangelegd. Onder deze straat komt in de kelder de technische infrastructuur voor de ± 250.000 m² bruto vloeroppervlak (bvo) van het totale Oosterdokseiland. Deze infrastructuur start met de enorme technische ruimte in de uiterste noordoosthoek van het eiland. Ondanks dat de gebouwen op de kavels 5b en 6 nog niet werden gebouwd, is de strook langs deze kavels al wel eerder aangelegd. In de ondergrondse constructie zijn voorzieningen meegenomen op basis van het voor deze locatie gemaakte definitief ontwerp van Frits van Dongen (kavel 5b) en van Erick van Egeraat (kavel 6): een ontwerp dat uiteindelijk nooit zou worden gerealiseerd. Pas in 2015 wordt de impasse doorbroken doordat de gemeente Amsterdam dit terrein

onder de aandacht brengt van Booking.com. De huidige huisvesting van dit bedrijf is verdeeld over zeven locaties in de stad, maar de wens is om haar veelal zeer jonge werknemers op één werkplek in het centrum van de stad te huisvesten. Er is behoefte aan zo'n 65.000 m² bvo en dan is er eigenlijk maar één locatie beschikbaar: kavel 5b/6 van gebiedsontwikkelaar BPD | Bouwfonds Gebiedsontwikkeling. Naast dit volume voor Booking.com, wordt de kelder in twee lagen afgemaakt wat 350 extra parkeerplaatsen oplevert (ca. 30.000 m²), komen er publiek toegankelijke ruimten op de begane grond (ca. 1.500 m²) en worden eenenveertig appartementen in het plan opgenomen (ca. 7.000 m²). Eind 2015 wordt UNStudio als architect geselecteerd. Afbeelding 5 en 6 tonen de bouwlocatie bij de start van de bouw met aan de noordzijde de strook waarin de technische infrastructuur van het eiland is opgenomen. Aan de west- en zuidzijde de al gerealiseerde delen van de tweelaagse parkeerkelder. Behalve de funderingsconstructies voor de ontwerpen die niet

gebouwd zijn, bevinden zich in de grond ook nog de 1.210 prefab palen van het gesloopte Stationspostgebouw.

Bouwput en paalfundering

In 2004 viel het besluit een damwandkuip voor het gehele eiland in één keer te maken en deze te voorzien van enkele compartimenteringswanden. De locatie waar het gebouw zou komen, had rondom al damwanden, alleen de verankering aan de waterkant was nog niet aangebracht. Dat was daar ook niet nodig, omdat de ontgraving nog niet was uitgevoerd. In dit gebied zijn, na een ontgraving van 1,5 m, binnen de bouwput Leeuwankers aangebracht. Om toestromen van het open water te voorkomen bij het aanbrengen van de ankers zijn buizen aan de bouwputzijde van de damwand gelast die reiken tot boven de waterstand. Hierdoorheen zijn de ankers aangebracht. Om opbarsten van de bouwput te voorkomen is een spanningsbemaling toegepast. De constructie van het nieuwe ontwerp wordt deels gefundeerd op nieuw



8. Overzicht verschillende functies.



9. Woongebouw ondersteund door Y-kolommen en tafelconstructie.



10. Verdiepingvloer woningen ondersteund door combinatie van betonwanden en stalen kolommen.



5. Oosterdokseiland bij start uitvoering City Campus en appartementengebouw (met bestaande inrit parkeergarage direct tussen Conservatorium en ontgraving).

gemaakte palen binnen de compartimenteeringswanden, maar ook op palen onder de al aanwezige constructie. Bij het ontwerp daarvan werd rekening gehouden met het bouwen van een nieuw kantoorgebouw naar de eerdergenoemde ontwerpen van Van Dongen en Van Egeraat. Alleen is het uiteindelijke gebouw compleet anders: de optredende belastingen zijn anders in grootte en positie dan destijds bedacht. In de bestaande kelder zijn daarom op verschillende plaatsen verdiepinghoge wanden en poeren toegevoegd om de nieuwe optredende belastingen te kunnen afdragen naar posities waar voldoende draagvermogen in de fundering aanwezig is.

Circulaire Bouwlawaaai 2010

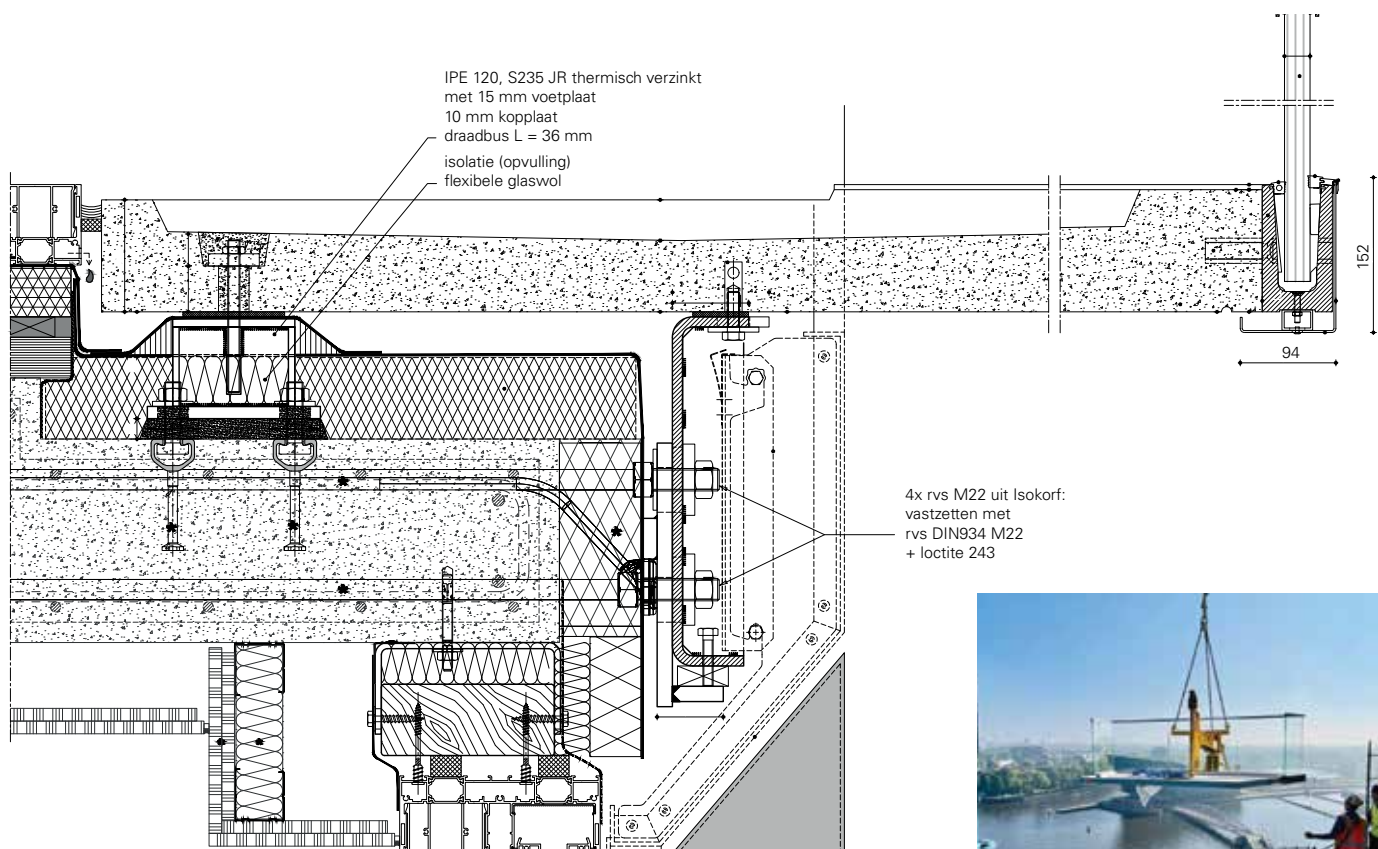
Bij het beoordelen van de bouw aanvraag gaf Bouw- en Woningtoezicht aan dat zou worden gehandhaafd op basis van de Circulaire Bouwlawaaai 2010, die inmiddels onderdeel is geworden van het Bouwbesluit. Het integraal

toepassen van geheide prefab palen, zoals dat is gedaan bij alle eerdere bouwactiviteiten op het Oosterdokseiland, was binnen deze nieuwe kaders met strengere geluids- en trillingseisen uitgesloten. De geluidsgevoelige bestemmingen zijn niet alleen de woningen in de omgeving, maar vooral het Conservatorium. Omdat alternatieve paaltypen veel duurder zijn, liet de opdrachtgever (op ons advies) heiproeven uitvoeren om te bereiken dat zoveel mogelijk geheide palen zouden kunnen worden toegepast. Dat had ook een technische noodzaak; immers op tal van plaatsen moeten oude palen constructief 'samenwerken' met nieuwe palen en dan is het wenselijk dat alle palen een vergelijkbaar last/zakking-gedrag vertonen. Deze heiproeven zijn begeleid door Cauberg Huygen. Er zijn twaalf proefpalen geheid, waarbij het daarbij optredende geluid en de trillingen zijn geregistreerd. Het onderzoek wees uit dat trillingen nergens tot problemen zouden

leiden, zoals kon worden verwacht bij de moderne betonconstructies. Voor geluid was dit niet het geval. Daarom is een deel van de geheide palen vervangen door de schroevend op diepte gebrachte Tubex-palen boorpalen. Omdat de palen in het gebied A direct naast het Conservatorium (rode gebied in *afb. 7*), moeten samenwerken met grote paalgroepen van geheide prefab palen onder de bestaande betonvloer, is ervoor gekozen daar wél heipalen in te zetten.

Bestaande en nieuwe funderingspalen

Om de overlast te beperken zijn deze palen in de kerstvakantie van het Conservatorium geheid en bepaalden daardoor de aanvang van de bouw: de eerste palen werden geheid terwijl het bestekontwerp nog niet gereed was. Het heiwerk verliep voorspoedig en de overlast was nog veel minder dan voorspeld. Daarom zijn tijdens de uitvoering nog 155 boorpalen vervangen door achthoekige prefab heipalen die op een ander werk van de aannemer niet werden toegepast. Palen die uitsluitend trek opnemen waren op voorstel van de aannemer uitgewerkt als GEWI-ankers, maar zijn door het beschikbaar zijn van deze achthoekige palen alle vervangen door deze palen. Uiteindelijk zijn onder de nieuwe kelderconstructie in totaal 1.194 palen aangebracht, waarvan 543 geheide palen (vierkant 450 mm), 155 geheide achthoekige palen (Octicon 430) en 496 geboorde palen (Tubex Ø 457/670). Het inheinniveau van de palen varieert van 19,5 tot 22,0 m –NAP. Voor alle paaltypen bedraagt de opneembare drukbelasting 2.100 kN en de opneembare trekbelasting 350 kN. Bij het heiwerk zijn – ondanks de aanwezigheid van 1.210 palen van het



11a. Detail balkon-gevel.

oude Stationspostgebouw waar tussendoor moest worden geheid – uiteindelijk slechts acht palen gebroken.

Kelderconstructie

De in het werk gestorte keldervloer was oorspronkelijk ontworpen als een combinatie van poeren (in hoogte variërend van 1,5 m tot 2,7 m) bij de kolommen met daar tussen dunnere vloerdelen (600 mm). Door de grote, maar ook sterk verschillende kolombelastingen en de vele bestaande palen was er geen sprake van ‘standaard’ poerafmetingen. Om de uitvoering te versnellen en eenvoudiger op te verwachten paalafwijkingen in te kunnen spelen is er – op voorstel van de aannemer – voor gekozen om over bijna het volledige oppervlak van de nieuwe kelder een vlakke betonvloer van 1,3 m toe te passen, uitgevoerd in C35/45. Uitsluitend bij kolombelastingen hoger dan 10.000 kN, op de aansluiting met bestaande poeren én bij de beide nieuwe stabiliteitskernen van het kantoorgebouw zijn nog poeren toegepast met een hoogte van 2,0 m. De westelijke kern staat voor de helft op de bestaande kelder en voor de helft op de nieuwe kelder. De benodigde poer voor deze kern is in het bestaande gedeelte op de onderste keldervloer gemaakt en in het

nieuwe gedeelte onder de onderste keldervloer. Om samenwerking van beide delen te waarborgen, ontstond in het overgangsgebied een poerhoogte van 4,5 m.

De kelderwanden zijn in het werk gestorte wanden van 300 mm. De vloeren van niveau -1 en begane grond zijn kanaalplaatvloeren (hart-op-hart afstand van de ondersteuningen maximaal ca. 12,5 m), ondersteund door platte balkstroken (breedte 2,4 m, hoogte 760 mm met overspanningen tot 10,8 m). De balkstroken worden ondersteund door in het werk gestorte kolommen. Kelderkolommen zonder belasting uit de bovenbouw zijn rond 600 mm. De kolommen met een bovenbouwbelasting hebben grotere afmetingen, afhankelijk van de optredende belasting oplopend tot vierkant 1.200 mm.

Bovenbouw

Boven de begane grond (met een retailfunctie) liggen twee grote bouwvolumes met appartementen en kantoren (afb. 8) en met een flinke staalconstructie in beide delen. Het Duitse Spannverbund verzorgde de detailengineering, levering en montage van het staal, dat deels in Duitsland maar voornamelijk in Polen is vervaardigd en over de weg naar Amsterdam is getransporteerd.

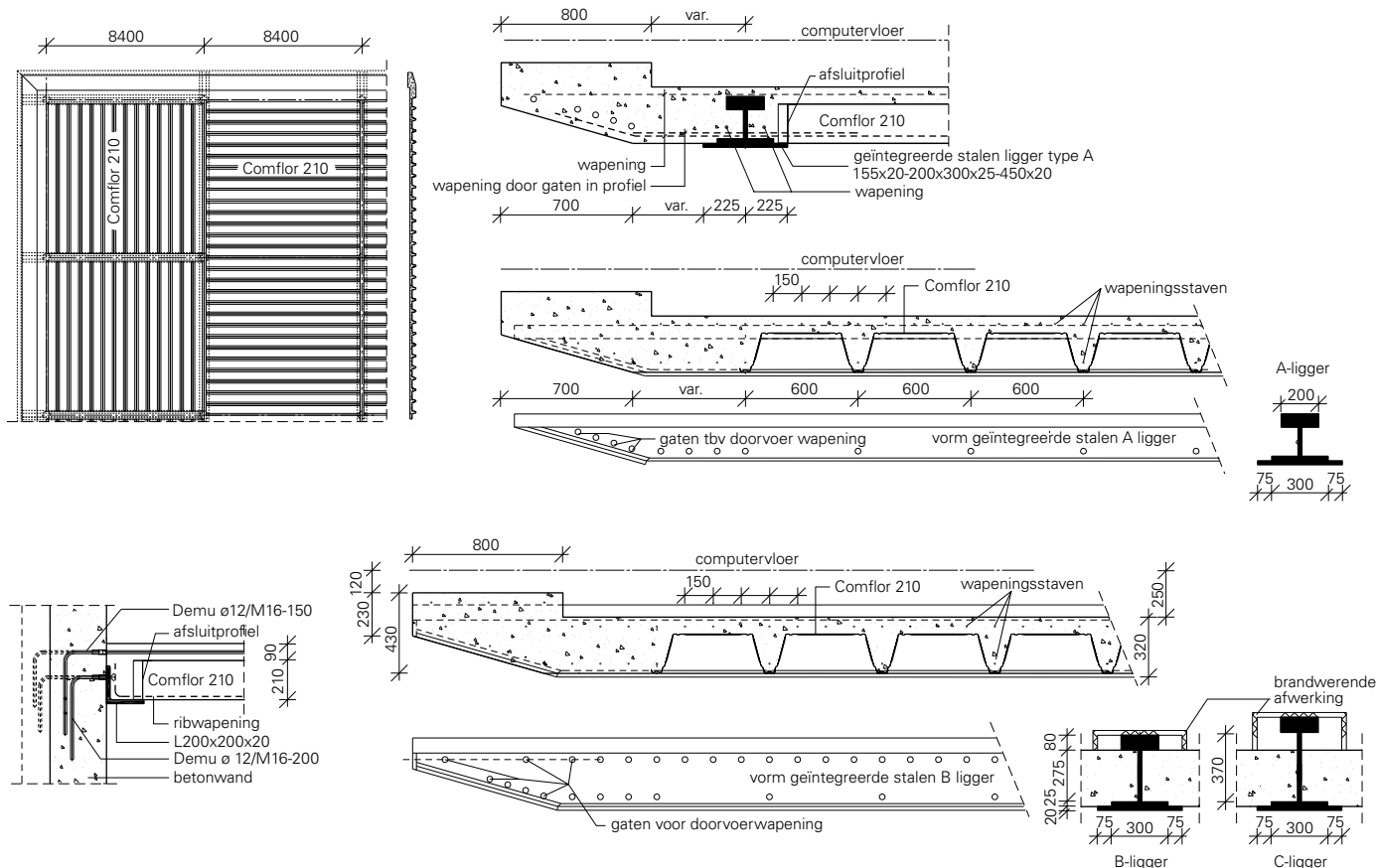


11b. Inhijsen balkonelement.

Appartementendeel

Het appartementendeel bestaat feitelijk uit een stapeling van drie functies: vanaf de begane grond gezien hebben de onderste twee lagen de functie horeca, vervolgens eenveertig appartementen, verdeeld over negen bouwlagen, terwijl de bovenste twee lagen van het volume worden gevormd door kantoren (van Booking.com). Het appartementendeel is gedilateerd van het kantoorgedeelte waardoor uitsluitend in het ontwerp van de appartementen rekening is gehouden met een brandwerendheidseis van 120 minuten (en in het kantoorgedeelte van 60 minuten). Deze dilatatie gaf ook de vrijheid om bij de appartementen met een andere verdiepinghoogte te werken (3,15 m) dan bij de kantoren (3,60 m), waardoor binnen hetzelfde volume een extra bouwlaag mogelijk werd.

In de horeca in de plint kon de relatief dichte kolommen- en wandenstructuur van de bovengelegen woningen niet worden doorgezet. Daarom is onder de eerste woonlaag een stalen tafelconstructie gemaakt: via een samenstel van zware liggers (van dubbele profielen HEM 1000 en HEB 1000) wordt de totale belasting afgedragen naar een deel van de betonwanden uit de bovenbouw, aangevuld met zes ruimtelijke kolommen in de vorm



12. Standaardprincipes constructie bovenbouw met staalplaat-betonvloer.

van een vork (afb. 9). Deze kolommen hebben een 'massieve' stalen kern omsloten door een betonnen schil, die zorgt voor de brandwerende bescherming van het staal. Vanwege de complexe uitwendige vorm koos de aannemer ervoor om aan de buitenzijde van de kolom staalplaten toe te passen als verloren bekisting. Deze staalplaten zijn gekoppeld aan de stalen kerndoorsnede, maar leveren geen bijdrage aan het draagvermogen.

Slanke kolommen

De constructie van het woongedeelte boven de tweede verdieping bestaat uit in het werk gestorte, massieve betonvloeren (260 mm dik, veranderlijke belasting $1,75 \text{ kN/m}^2$), waarin alle leidingen zijn opgenomen. Stalen, kokervormige kolommen, en betonwanden, die ook de stabiliteit verzorgen, vormen de ondersteuning van de vloeren (afb. 10). Binnen de woningen zelf komen geen dragende wanden voor. Ondanks de negen woonlagen konden de stalen kolommen slank blijven, variërend van vierkant 200 mm tot rechthoekig 200x400 mm met variërende wanddikten, alle in S355. Het oplegvlak voor de vloer is vergroot naar 450x650 mm door aan de buitenzijde van de kolom een verstijfde staalplaat te lassen, waarvan de onderkant gelijkligt met de onderzijde van de betonvloer. Hierdoor was het niet nodig de vloer rondom de kolom te verdikken om bezwijken van de vloer door pons te voorkomen.

Balkons

Elk appartement heeft een prefab balkon (afb. 11) uitgevoerd in CRC-beton (Compact Reinforced Composite). Met dit hogesterktebeton zijn zeer dunne balkonelementen mogelijk: de maximale dikte (langs de randen) is 115 mm en in het midden is de dikte slechts 70 mm. De elementen hebben een beperkte overlap met de betonnen woningvloer en kragen maximaal zo'n 1,2 m uit. Door de beperkte overlap met de vloer is het verbindingdetail complex met op druk belaste opleggingen langs de vloerrand en trekverankeringen op de aansluiting met de binnengevel (afb. 11a).

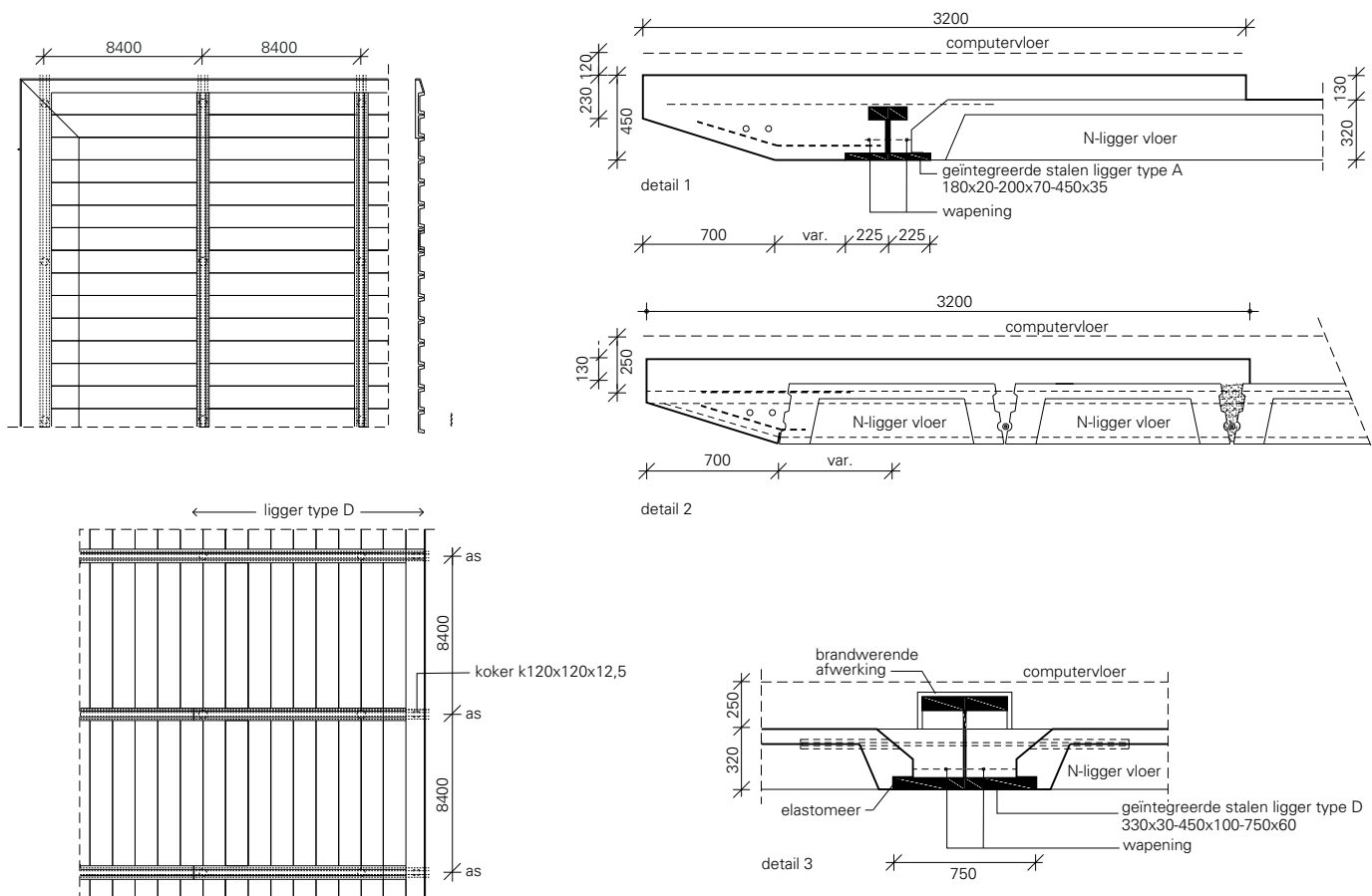
Kantoordeel

Het totale volume van het gebouw, met een hoogte van zo'n 49 m, ontleent zijn stabiliteit aan drie betonnen kernen die over de volledige gebouwhoogte doorlopen: aan de westzijde twee rechthoekige kernen (afmetingen elk $3,1 \times 12,30 \text{ m}$) die onderling zijn gekoppeld door lateien en aan de oostzijde een rechthoekige kern (afmetingen $8,6 \times 10,0 \text{ m}$). Hierna worden – van boven naar beneden – de constructie boven niveau 4, de constructie van niveau 4 en de constructie onder niveau 4 beschreven, aangevuld met enkele bijzondere aspecten.

Constructie boven niveau 4

De constructie boven niveau 4 heeft een basisstructuur met een kolomraster van $8,4 \times 8,4$

m met diverse rasterafwijkingen rondom de kernen en trappenhuisen én ter plaatse van de knikken in de bouwplattegrond. De 300 mm dikke vloer overspant 8,4 m en is uitgevoerd als een doorgaande hoge staalplaat-betonvloer Comflor 210 (nominale plaatdikte 1,0 mm) met een druklaag van 90 mm. De vloeren zijn ontworpen op een veranderlijke belasting van $4,0 \text{ kN/m}^2$. De geprofileerde staalplaten liggen op de onderflens van de geïntegreerde, samengestelde stalen liggers en zijn tijdens de uitvoering ondersteund door twee tussenstempels. De vloerliggers zelf zijn niet onderstempeld tijdens de betonstort. De liggers zijn doorgaand uitgevoerd over de in het werk gestorte betonkolommen (vierkant 450 mm, betonsterkteklasse C55/67). De randzones van de vloer hebben een afwijken-vorm en zijn daarom volledig in het werk gestort (afb. 12). De gevelbouwer eiste dat het verschil in doorbuiging tussen twee vloeren niet meer dan 10 mm mocht bedragen. Om aan deze eis te voldoen zijn op diverse plaatsen zwaardere en extra stalen liggers in de randzones van de vloer aangebracht. Aan de zijde van de buitengevel hebben de geïntegreerde liggers een relatief klein overstek van zo'n 1,4 m. Maar aan de zijde van de binnengevel, rond de beide atria, varieert het overstek per verdieping en per geveldeel, waarbij het overstek oploopt tot maximaal 4,5 m. Daarnaast grijpen op een aantal plaatsen nog extra belastingen aan op deze ligger-



13. Standaardprincipes constructie bovenbouw met prefab betonvloer.

oversteken, bijvoorbeeld door trappen, de loopbrug en de atriumliggers.

Vier liggerdoorsneden

Voor de geïntegreerde liggers voor de staalplaat-betonvloer is gekozen om slechts vier typen liggerdoorsneden te gebruiken: een gelast asymmetrisch I-profiel met een angelaste, uitstekende onderplaat van 20 mm (afb. 14; type A-D). De vloer rust altijd op de onderplaat, de hoogte van het gelaste I-profiel varieert en de bovenflens steekt soms boven de constructieve vloer uit. Dit laatste levert geen probleem op, omdat op de druklaag een 250 mm hoge computervloer wordt aangebracht. Bij de aansluiting met een betonnen kolom zijn in de geïntegreerde ligger vier sparings aangebracht in de onderplaat en in de flenzen voor het doorvoeren van de verticale kolomwapening. De 60 minuten brandwerendheid werd voor liggertype A zonder brandwerende voorzieningen bereikt. Bij de overige liggertypes zijn de delen die boven de constructieve vloer uitsteken van brandwerende coating voorzien (PPG Steelguard 801). In het kantoordeel zijn geen dilataties aangebracht, omdat de stalen liggers en staalplaat-betonvloeren maar een zeer beperkte lengteverandering ondergaan.

Aangepast ontwerp

Aronsohn had de vloerconstructie oorspronkelijk ontworpen als een prefab cassette-

betonvloer met een constructiehoogte van 320 mm (afb. 13). Om de belastingen op de onderbouw en de fundering te beperken was bewust gekozen voor dit relatief lichte vloersysteem. De aannemer voorzag echter een planningsrisico in deze oplossing en stelde het alternatief met de Comflor voor. Door het toepassen van een staalplaat-betonvloer bleef het eigen gewicht van de vloer vergelijkbaar laag en bleef de impact op de hoofdopzet van het ontwerp beperkt. Belangrijk was dat de aannemer nu niet meer afhankelijk was van de levertijden van de prefab cassettes én er waren minder hijsbewegingen nodig voor het opbouwen van de vloeren. Per saldo leidde dit tot een kortere bouwtijd.

De liggerdoorsneden met de dubbele onderflens zijn het gevolg van deze wijziging in vloertype. Bij het inpassen van de voorgestelde wijziging bleek de in het oorspronkelijke ontwerp aanwezige constructiehoogte van 320 mm een dwingend gegeven. In de prefab vloer van 320 mm dik was bij de oplegging een inkassing voorzien zodat onderkant vloer en onderkant ligger met elkaar corresponderen. Bij de staalplaat-betonvloer kon de vloerdikte weliswaar worden gereduceerd naar 300 mm, maar zou bij de oorspronkelijk onderflensdikte van 35 mm de constructiehoogte toenemen naar 335 mm. Om de voor de momentcapaciteit en stijfheid benodigde onderflensdoorsnede te handhaven, is gekozen voor het toepassen van een dubbele

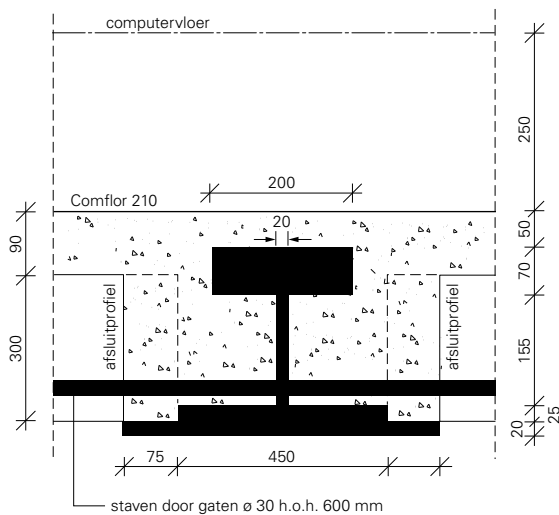
onderflens: de onderste waarop de staalplaat-betonvloer draagt, heeft een dikte van 20 mm waardoor ook nu aan de maximale constructiehoogte-eis is voldaan. De bovenste onderflens levert de resterende bijdrage aan sterkte en stijfheid.

Constructie niveau 4

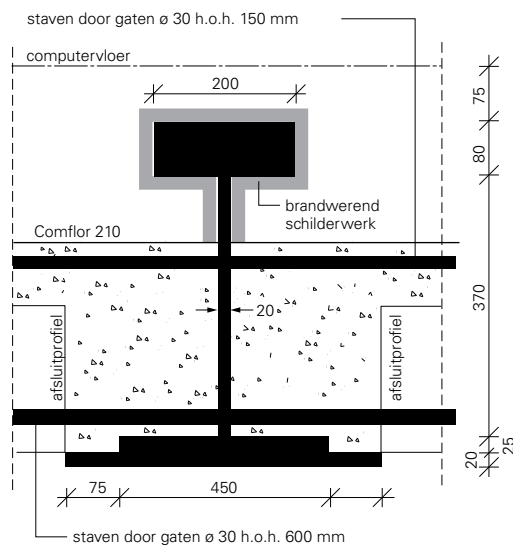
In het westelijke deel van het kantoorvolume is de 'eenvoudige' constructie van de bovenliggende verdiepingen doorgezet tot op de begane grond. In het noordelijke en het zuidelijke deel vraagt het architectonische ontwerp om complexe constructieve oplossingen. De constructie van de vierde verdieping aan de noordzijde (afb. 15) kenmerkt zich door de overkluizing van de Oosterdoksstraat en het grote overstek in de noordoosthoek van het gebouw. De Oosterdoksstraat (grenzend aan het spoor) maakt deel uit van de auto-ontsluiting van het Oosterdokseiland en vormt de toegangsweg naar de ondergrondse parkeergarage. De parkeergarage moest tijdens de bouw altijd toegankelijk zijn: dat leverde een enorme logistieke puzzel op.

Massieve betonvloer

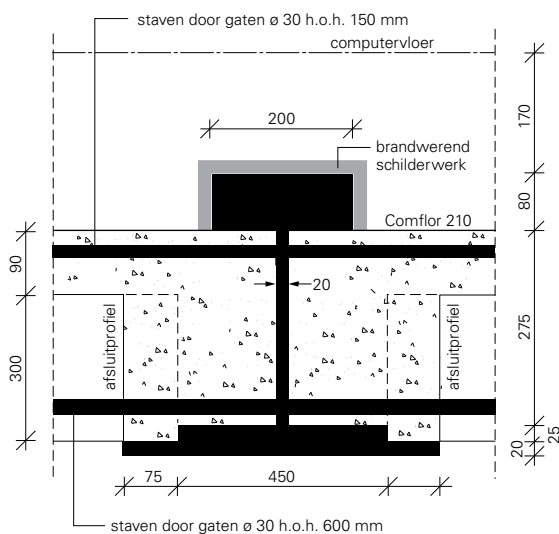
Als vloer is gekozen voor een 220 mm dikke massieve betonvloer: een 100 mm dikke breedplaat die zonder stempeling het stortgewicht van de 120 mm dikke druklaag kan dragen. De vloer overspant 4,2 m en draagt op liggers HEA 400 die 8,4 m overspan-



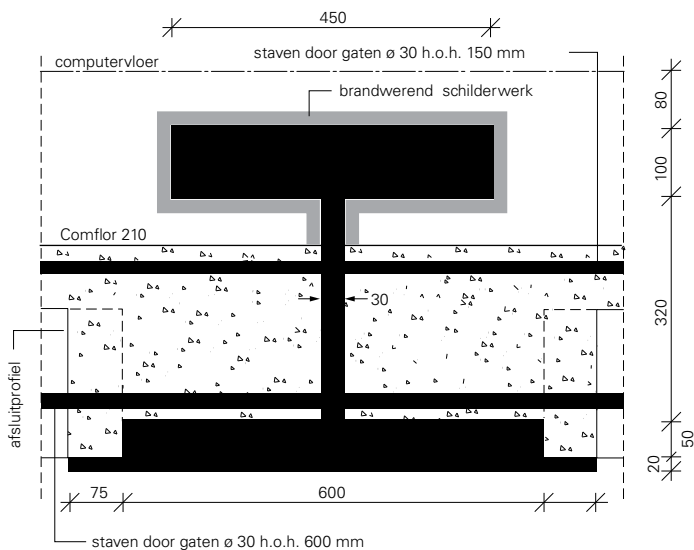
Type A: 155x20-200x300x25+450x20 max. 2050 mm uitkraging



Type C: 370x20-200x80-300x25+450x20 max. 4500 mm uitkraging

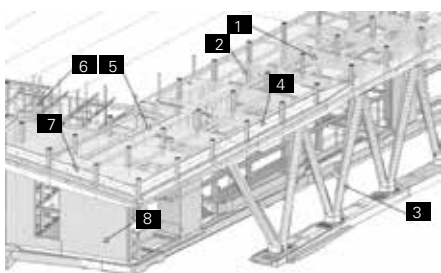


Type B: 275x20-200x80-300x25+450x20 max. 3500 mm uitkraging



Type D: 320x30-450x100-600x50+750x20 voor atriumdak

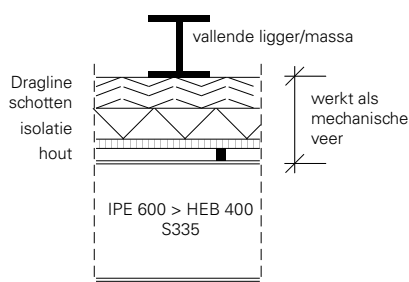
14. Toegepaste 'standaard' liggerdoorsnedes.



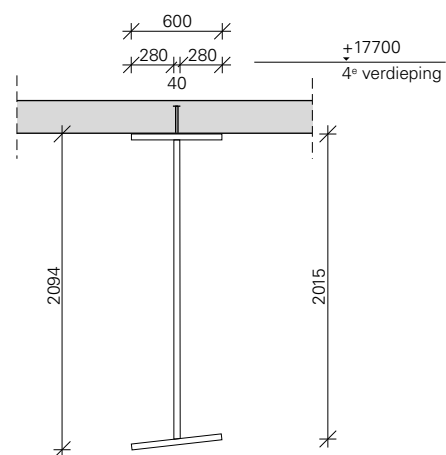
15a. Noordoostelijke gedeelte constructie onderste vier bouwlagen (1: gelaste staal-beton plaatliggers; 2: staal-beton kolommen; 3: W-kolommen; 4: gelaste kokerligger oostelijk deel noordgevel; 5: verdiepinghoge gelaste plaatligger aan weerszijden trappenhuis; 6: verdiepinghoge gelaste plaatliggers aan achterzijde liftschaft; 7: gelaste kokerligger oostgevel; 8: betonwand versterkt met staalprofielen.



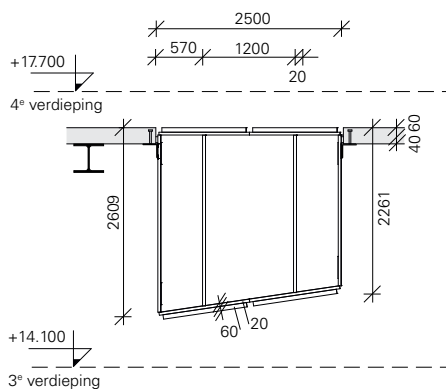
15b. Eindstadium Oosterdokstraat.



18. Opbouw vloerconstructie MoHuCo.



16. Liggenderonsede noordgevel, westzijde.



17. Liggerdoorsnede noordgevel, oostzijde.

nen. Om de rijbaan te overkluisen zijn in noord-zuidrichting onder de vierde verdiepingvloer extra zware liggers aangebracht met een afstand hart-op-hart van 8,4 m, corresponderend met het kolomstramien boven niveau 4. Deze liggers overspannen 16 m en ondersteunen behalve de liggers HEA 400 van de vierde verdieping ook de middenkolommen van de bovengelegen vloeren van niveau 5 tot en met 11 (rekenbelasting ca. 6.000 kN) en het gevouwen bouwkundige plafond onder de vloer van de vierde verdieping (inclusief de installaties tussen de onderzijde van de vloer en het bouwkundige plafond). Dit bouwkundige plafond bestaat uit keramische elementen (eigen gewicht ca. 0,6 kN/m²) die zijn bevestigd op een stalen hulpconstructie. De liggers zijn oorspronkelijk ontworpen als vakwerkliggers om het doorvoeren van installaties te vereenvoudigen. Op verzoek van de staalbouwer zijn ze echter uitgevoerd als gelaste plaatliggers (met sparingen voor de installaties) met stiftdeuvels op de bovenflens, waardoor ze als staal-beton liggers samenwerken met breedplaatvloer van niveau 4 die in dit gedeelte is toegepast. Deze vollwandliggers variëren in hoogte, afhankelijk van de beschikbare ruimte, van 1.300 mm tot 2.180 mm en rusten aan de zuidzijde op vierkante staal-beton kolommen (rekenwaarde kolombelasting oplopend tot 17.500 kN, uitwendige kolomafmeting vierkant 600 mm, ingestorte samengestelde staalprofielen tot ca. 615 kg/m).

Aan de noordzijde wordt de constructie ondersteund door tien schuin geplaatste kolommen in een W-vorm (afb. 20). De aangrijpingspunten van de liggers in noord-zuidrichting corresponderen niet met de ondersteuning door deze W-kolommen. Bovendien is aan de oostzijde een overstek van 23 m aanwezig. Daarom is aan de noordzijde een onderslagligger in het ontwerp opgenomen (afb. 15, #4 en afb. 17). Het overstek is ontstaan door een combinatie van factoren: enerzijds wilde de architect het bouwvolume doorzetten tot de rand van de kavel en anderzijds waren er in de kelder onder dit deel van

het gebouw geen voorzieningen meegenomen om een nieuw volume op af te steunen.

Plaat- en kokerliggers

Ook in het noordelijke deel van de oostgevel ontbreken directe ondersteuning. Hier zijn uitsluitend indirecte ondersteuning aanwezig in de vorm van verdiepinghoge, uitkragende liggers aan weerszijden van het trappenhuis en aan de achterzijde van de liftschacht én is ook in de gevelzone de onderslagligger doorgezet. Deze uitkragende liggers worden afgesteund op een met staalprofielen versterkte betonwand. De combinatie van het grote overstek en de optredende belastingen leidde tot enorme afmetingen voor de onderslagligger in de noordgevel en een deel van de oostgevel. In het westelijke deel van de noordgevel, met beperkte overspanningen, is een gelaste, I-vormige plaatligger toegepast (ruim 2.000 mm hoog, gewicht ca. 1.000 kg/m¹; afb. 16). In de noordoosthoek is, nog net binnen de grenzen van het bouwkundige plafond, een gelaste stalen kokerligger toegepast met een breedte van 2.500 mm en een gemiddelde hoogte van 2.450 mm met flenzen met een totale dikte van 100 mm. De koker is opgebouwd uit voorbewerkte platen van 60 en 40 mm en lijven van 40 mm om de vervorming binnen acceptabele grenzen te houden (afb. 17). Maar zelfs bij deze afmetingen bedraagt de vervorming van de staalconstructie door de totale belasting nog zo'n 215 mm.

Montage

De staalconstructie is gemonteerd boven de Oosterdoksstraat. Om het verkeer daar veilig door te laten, is een tijdelijke constructie gebouwd: de MoHuCo (Montage Hulp Constructie). Op deze hulpconstructie werden de elementen van de staalconstructie van de vierde verdieping geplaatst om daarna te worden samengesteld tot de volledige staalconstructie. Ook is rekening gehouden met de impactbelasting van een uit de kraan vallend liggerelement van 4,65 ton met een valhoogte van 3,5 m. Door het toepassen van

een tempex-tussenlaag in de opbouw van het vloerpakket (afb. 18) is 'slechts' gerekend met een equivalente, statische belasting van 1.800 kN. In het afbouwstadium is de MoHuCo gebruikt als werkplatform van waaraf het bouwkundige plafond aan de onderzijde van de vierde verdieping is aangebracht.

De kokerligger is in delen – in lengte variërend van 3,5 m tot 10,0 m met een gewicht van de complete liggerdoorsnede 6.700 kg/m – aangevoerd naar het werk. Met een mobiele kraan zijn de delen op het tijdelijke werkplateau geplaatst (afb. 19). Op het werkplateau is een hulpconstructie inclusief rails en wissels aangebracht, waarmee de delen op de juiste positie konden worden gebracht en met vijzels op de juiste hoogte gesteld. De verbindingen tussen de delen onderling zijn, op voorstel van de aannemer, op de bouwplaats afgelast.

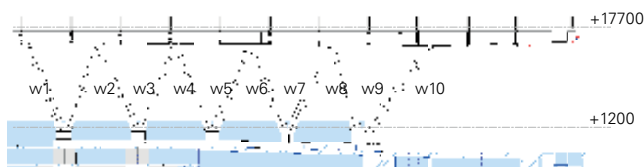
De onderzijde van de vloer van de vierde verdieping, inclusief de stalen liggers onder de vloer, is thermisch geïsoleerd om koudebruggen en ongewenste opgelegde thermische krachten en vervormingen in de staalconstructie te voorkomen. De stalen onderdelen zijn ook brandwerend bekleed (Promatect-H, dikte variërend van 12 tot 18 mm) voor een brandwerend van 60 minuten.

W-kolommen

De vorm van de W-kolommen, die de onderslagligger (gelaste kokerligger) in de noordgevel ondersteunen, is door de architect ontworpen (afb. 20). Om de buigende momenten in de kolommen te reduceren, zijn de aansluitingen met de onderslagligger scharnierend uitgevoerd en zijn de knikpunten aan de onderzijde op een lager niveau uitgekomen dan oorspronkelijk voorzien door de architect. De normaalkrachten in de W-kolommen variëren sterk: van 7.000 kN trek (kolom W8) tot 43.000 kN druk (kolom W10). De W-kolommen met een lengte variërend van 15,9 m tot 20,2 m zijn samengesteld uit platen in S355 (uitsluitend voor kolom W10 is S460 gebruikt) in plaatdikten tot 100 mm. Ze hebben een kokervormige



19. Segment van kokervormige ligger noordgevel op tijdelijke constructie.



20. Aanzicht W-kolommen noordgevel.



25. Vijzels ter weerszijden van betonkolom direct boven niveau 4^e verdieping.



21. Aanvoer W-kolom.



22. Scharnierverbinding op aansluiting met kokerligger 4^e verdieping



23. Ingelijmde stekken ($\varnothing 20$, h.o.h. 200 mm in beide richtingen) voor opstorting op de bovenzijde van de bestaande kelderwandconstructie.



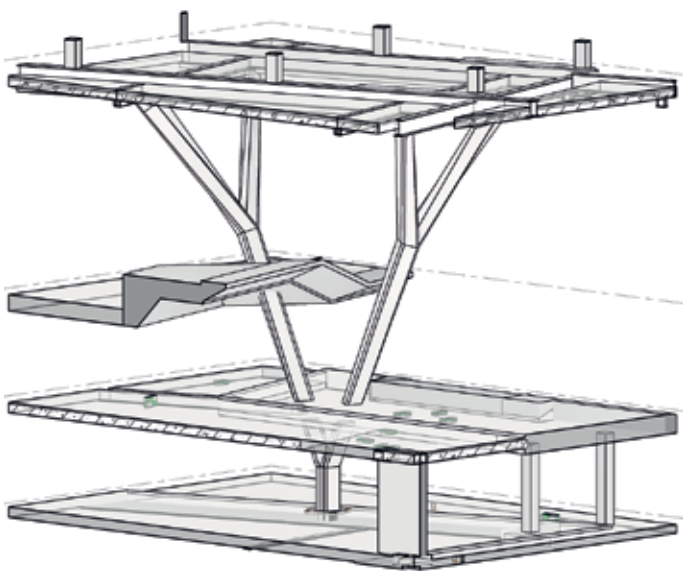
24. Inkassingen in opstorting op de bestaande kelderwandconstructie voor voeten W-kolommen.

doorsnede met gewicht oplopend tot 4.250 kg/m. De staaldoorsnede is omstort met beton om de staalconstructie te beschermen tegen brand (dikte betonschil minimaal ca. 100 mm). De uitwendige vorm van de kolommen bestaat uit getordeerde vlakken. Om geen complexe bekisting op het werk te hoeven maken is hier, net als bij de woningen, op het allerlaatste moment besloten om een stalen bekleding aan de stalen kolom-

doorsnede toe te voegen, die als bekisting werkte. De stalen bekleding is niet over de volledige lengte van de kolom doorgezet en kon mede daardoor niet als dragend element worden meegenomen. Ondanks het gewicht en de lengte van de kolommen (kolom W10 weegt zo'n 80.000 kg) lukte het om elke kolom als één element aan te voeren (afb. 21) en te monteren voorafgaand aan de opbouw van het tijdelijke werkplateau.

De W-kolommen dragen hun belasting af op de bestaande kelderwand. Om de grote optredende belastingen goed te kunnen spreiden naar de palen onder de kelderwand, is op de bovenzijde van de kelderwand een zwaargewapende opstorting gemaakt die als trekband fungeert. Voor een constructieve samenwerking met de bestaande kelderwand is een grote hoeveelheid stekken ingelijmd (afb. 23). De tien voeten van de W-kolommen zijn twee-aan-twee geplaatst in vijf inkassingen in de betonnen opstorting. Elk van deze inkassingen (met een oppervlak van 2x2 m en een diepte van 0,5 m) bestaat uit een stalen frame, waarin de beide kolomvoeten via een kluft in horizontale richting worden gefixeerd en waaraan in de richting van de horizontaalkrachten uit de W-kolommen wapening is gelast. De neerwaartse belasting uit de W-kolommen wordt door druk ingeleid in de onderliggende betonwand; de lokaal optredende opwaartse verticale belastingen worden met ankers ingeleid in de onderliggende betonwand. De resulterende horizontale component uit de combinatie van twee kolommen (maximaal 20.000 kN) wordt via de opstaande kant van het stalen frame van de inkassing en de daaraan gelaste wapening ingeleid in de betondoorsnede van de opstorting.

Met name ter plaatse van kolom W10 treedt een grote neerwaartse belasting op die zal leiden tot zetting in de fundering door de samendrukking van de Eemkleilaag. Op deze locatie voorspelde Fugro een zetting van 120 mm na dertig jaar. Deze zetting heeft vanzelfsprekend ook consequenties voor



26. Driedimensionale 'boomkolom' onder tafelconstructie 4^e verdieping.



27. Tafelconstructie 4^e verdieping vanuit bouwkraan (bron: ODE magazine 3).

de vervorming van de staalconstructie van de vierde verdieping. De staalconstructie is in de noordoosthoek 30 mm extra opgezet ten opzichte van de vervormingen van de staalconstructie zelf om te anticiperen op dat deel van de zettingen dat bij oplevering werd verwacht.

Het meest noordoostelijke punt van de vierde verdiepingvloer is 215 mm opgezet. De laatste controlemeting (maart 2021) na het storten van de laatste betonvloer laat zien dat er nog zo'n 30 mm overhoogte (zeeg) aanwezig is. Met name de zetting van de fundering blijkt minder te zijn dan verwacht.

Kolommen met deuvels

De verdiepinghoge, gelaste plaatliggers aan de oostzijde worden afgesteund op een stalen kolom die is opgenomen in een betonwand. De reden is dat de betonwand – mede door de kleine afstand tussen de oplegging van de ligger en het uiteinde van de wand – niet in staat was de optredende belasting (rekenwaarde ca. 40.000 kN) op te nemen. Via deuvels, die aan de stalen kolommen zijn gelast, wordt toch een deel van de belasting ingeleid in de betonwand. Omdat het storten van de betonwand op het kritieke pad lag, koos de aannemer ervoor eerst de stalen kolom te plaatsen, daar de gelaste plaatliggers op te monteren en pas daarna de betonwand te storten. In deze fase was slechts een beperkt deel van de totale belasting aanwezig, waardoor het ontbreken van de capaciteit van de betonwand geen probleem vormde. De toegepaste kolomprofielen zijn enigszins verzwakt om de knikstabiliteit in de bouwphase te waarborgen.

Kolomvijzels

De kolommen tussen de 4^e en de 5^e verdieping zijn in het gebied waar de grote vervormingen van de staalconstructie optreden net

boven de vloer van de 4^e verdieping voorzien van vijzels: bij het maken van niveau 5 zijn de stalen liggers van niveau 5 horizontaal gesteld en afgestort met beton. Dit leidde tot vervormingen van de constructie van niveau 4 en daarmee tot vervormingen van niveau 5. Door per gerealiseerde verdieping te vijzelen is de vloer van niveau 5 weer horizontaal gebracht en vrij van spanningen door opgelegde vervormingen. Bij de realisatie van de volgende vloeren is hetzelfde procedé herhaald. Het eindresultaat is dat alle vloeren boven niveau 4 horizontaal zijn en dat alleen tussen niveau 4 en niveau 5 afwijkingen tussen de berekende en de opgetreden vervormingen moeten worden opgevangen in de bouwkundige detaillering.

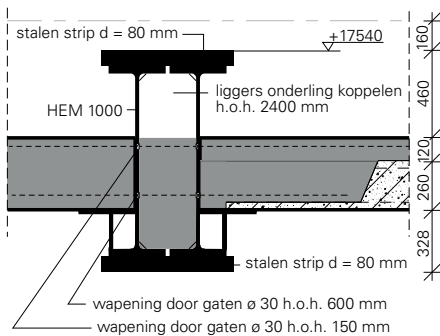
Boomkolommen

In het zuidelijk deel van de constructie vormt de vierde verdieping de overgang van de basisstructuur van de bovenbouw (met tweeënveertig kolommen) naar zes driedimensionale en drie driedimensionale ruimtelijke kolommen (afb. 26). Deze 'boomkolommen' beginnen op de begane grondvloer als één stam en vertakken naar boven toe. Bij de vertakpunten reduceert naar boven toe ook de doorsnede van de 'takken'. Om stempeling vanaf de begane grondvloer te voorkomen is voor de vloer van de vierde verdieping gekozen voor een kanaalplaatvloer (vloerdikte 260 + 120 mm) met een overspanning tot 10,8 m. Om voldoende ruimte te creëren voor installaties boven de constructieve vloer én om de constructiehoogte te beperken, ligt de vloer niet op de bovenflens van de vloerliggers, maar op een oplegplaat die tegen het lijf van de liggers is gelast (afb. 28).

De takken van de ruimtelijke kolommen ondersteunen niet alleen de vierde verdieping, maar ook de vloeren van de eerste, tweede en derde verdieping. In vergelijking met het

noordelijke deel van de vierde verdieping zijn de afmetingen van de hoofdliggers hier (relatief) beperkt: een enkel profiel HEB 800 of dubbele profielen HEM 800 en HEM 1000. De sterkte was hier maatgevend. De vervormingen in de staalconstructie bleven hier beperkt tot zo'n 25 mm en vijzelen was daardoor in dit gebied niet noodzakelijk. Bij de tweedimensionale kolommen ontstaan horizontale spatkrachten in één richting: de overspanningsrichting van de kanaalplaten is zo gekozen dat de richting van de vloerdragende liggers correspondeert met die van de spatkrachten. De horizontale spatkrachten bij de driedimensionale kolommen worden in één richting opgenomen door de vloerdragende liggers en in de andere richting door de toegevoegde koppelliggers in combinatie met de constructieve vloer. Om de hiervoor benodigde wapening in twee richtingen in de druklaag op te kunnen nemen, is voor een ongebruikelijke druklaagdikte van 120 mm gekozen.

Het ontwerp van de boomkolommen laat knikpunten zien die qua hoogteligging niet corresponderen met het niveau van de aansluitende vloeren. Door deze knikpunten ontstaan in de kolomdoorsnede, ondanks de scharnierende verbinding op de aansluiting met de 4^e verdieping, significante buigende momenten in de doorsnede. De beperkte beschikbare doorsnede heeft geresulteerd in een ongebruikelijke kolomdoorsnede: uit dikke staalplaten (in S355 en S460) is een min of meer rechthoekige, massieve staaldoorsnede ontstaan, die, net als bij de tafelconstructie van de woningen en de W-kolommen aan de noordzijde, wordt omstort met beton en over de zichtdelen is voorzien van een stalen mantel als verloren bekisting om de complexe uitwendige vorm te waarborgen.



28. Doorsnede tafelconstructie 4^e verdieping.



29. Boom- en V-kolommen onder 4^e verdiepingvloer.



30. Lassen van deling in boomkolommen.

Lassen op de bouw

Door de complexe, ruimtelijke vorm van de 'boomkolommen' was het niet mogelijk om deze als één element naar de bouwplaats te vervoeren. De grootte van de belastingen en de beperkte afmetingen van de doorsnede maakten geboude verbindingen niet mogelijk. Het op de bouwplaats lassen van de delingen bleek ook hier de meest praktische, maar tijdrovende oplossing: twee lassers hadden vier dagen met werktijden van twaalf uur non-stop lassen nodig voor één kolom (afb. 30). De boomkolommen beginnen op de begane-grondvloer en worden in de kelder ondersteund door grote betonkolommen. Om de belasting uit de stalen kerndoorsnede (de rekenbelasting in de zwaarst belaste kolom bedraagt 40.000 kN) over een voldoende groot betonoppervlak te kunnen spreiden, zijn zware voetplaten toegepast (1,15x1,15 m, 160 mm dik). In die gebieden waar geen computervloer wordt toegepast, zijn inkassingen in de begane-grondvloer opgenomen om te voorkomen dat de voetplaten boven de afwerkvloer uitsteken.

Constructie onder niveau 4

Op de onderste bouwlagen worden, samen met de indrukwekkende entree, veel verschillende functies verzameld met verschillende functionele eisen ten aanzien van kolomvrije overspanningen, vrije hoogte en veranderlijke belastingen. Dit heeft ertoe geleid dat voor de constructie ook diverse oplossingen zijn toegepast. In het meest noordelijke deel zijn kanaalplaatvloeren in combinatie met geïntegreerde liggers toegepast. In het meest zuid-

lijke deel, in het gebied van de entree, is voor de 1^e en de 2^e verdiepingvloer een in het werk gestorte vloer toegepast omdat in dit gebied geen regelmatige structuur van ondersteuning was te maken; deze vloerdelen zijn uitgevoerd als vlakke vloer die in bepaalde zones is voorzien van cassettes die in de eindsituatie in het zicht blijven. Doordat de begrenzingen van de vloerrand geen rechthoek vormen heeft de architect gekozen voor parallelgramvormige cassettes van 600 mm bij 600 mm. De dikte van de cassettevloer is 600 mm met een spiegel dikte van 140 mm. De breedte van de ribben is aan de onderkant van de vloer 300 mm en neemt naar boven iets toe. Om de hoge kosten van de kunststof mallen voor deze vloer te beperken, is het aantal afwijkende cassettevormen beperkt. Naast de ondersteuning door de gevelstijlen in de zuidgevel wordt de cassettevloer slechts op een beperkt aantal punten ondersteund door de boomkolommen, door een hangstijl naar de constructie van de 4^e verdieping en door een tweetal kruisvormige, stalen kolommen. Bij deze kolommen zijn de cassettes achterwege gelaten en in de massieve vloer die hierdoor lokaal ontstaat is een horizontale staalplaat aan de kolom toegevoegd om de belasting uit de vloer te kunnen inleiden. De onderzijde van deze staalplaat ligt op 100 mm uit de onderzijde van de vloer waardoor deze in de eindsituatie niet zichtbaar is. Buiten de gevellijn is op het niveau van de 2^e verdieping een uitkragende balkonconstructie aanwezig: aan de oostzijde is de uitkraging $\pm 2,4$ m, aan de zuidzijde $\pm 6,0$ m (afb. 32). In de gevellijn zijn stalen gevelstijlen aanwe-

zig op een hart-op-hart afstand van circa 2,4 m. Op elk van deze stijlen sluit een uitkragende stalen ligger aan die de balkonvloer ondersteunt. Bij het kleine overstek zijn deze liggers tegen de rand van de vloer aan bevestigd; bij het grote overstek zijn de liggers geïntegreerd binnen de afmetingen van de ribben van de cassettevloer en lopen ze tot $\pm 3,5$ m door in de cassettevloer om het buigend moment dat vanuit de uitkraging ontstaat, goed te kunnen inleiden in de achterliggende betonvloer. De dragende gevelstijlen in de zuid- en oostgevel zijn uitgevoerd als massieve stalen elementen in twee afmetingen (resp. 80x220 mm en 120x250 mm). Welke van de twee afmetingen is toegepast, hangt af van de optredende belastingen en ongesteunde lengtes. Beide doorsneden zijn opgebouwd uit drie strippen, waarbij de middelste strip iets terugliggend is uitgevoerd in verband met het aansluitingsdetail van de stijlen van de glazen gevel.

Aanpassingen in het ontwerp

In samenspraak met de aannemer en het staalconstructiebedrijf zijn een aantal wijzigingen in het constructieve DO-ontwerp doorgevoerd om de bouw sneller en economischer te laten verlopen.

- Onder de keldervloer is het aantal poeren sterk gereduceerd door te kiezen voor een uniforme vloerdikte van 1.300 mm. Uitsluitend bij extreem hoge kolombelastingen is de keldervloer aan de onderzijde verzwakt.
- De prefab platte balkstroken in de beide kelderlagen zijn vervangen door in het werk gestort beton.

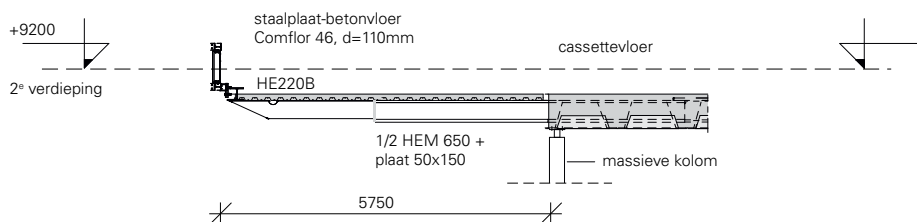


31. Cassettevloer ondersteund door kruisvormige stalen kolom.

- Bij diverse staal-beton kolommen is het ingestorte staalprofiel verzaamd, zodat in de bouwfase de betonmulling tijdelijk achterwege kon blijven.
- De Y-, W- en boomkolommen onder de vierde verdieping zijn aangevoerd met een stalen bekleding die dienst doet als blijvende bekisting.
- Diverse stalen vakwerkliggers zijn vervangen door gelaste plaatliggers met sparingen in het lijf voor de doorvoer van installaties.
- De 'standaard verdiepingvloer' die was voorzien als prefab cassettevloer is uitgevoerd als hoge staalplaat-betonvloer.
- De 'standaard vloerligger' (type A, afb. 14) is door het toevoegen van stiftdeuvels gewijzigd van een stalen ligger in een staal-beton ligger.

Fasering

De uitvoeringsvolgorde in het project is sterk beïnvloed doordat de bestaande toegang naar de parkeergarage moest worden verplaatst: de oorspronkelijke toegang lag direct ten oosten van het Conservatorium. Het ontwerp vereist een straat op de overgang naar het Conservatorium. Om de toegankelijkheid naar de parkeergarage te waarborgen wordt eerst in het nieuwe gedeelte een nieuwe toegang gemaakt voordat de bestaande toegang kan worden verwijderd en het westelijke deel kan worden opgebouwd vanaf de keldervloer. Gevolg is wel dat het westelijke deel van het complex veel later op hoogte is. Omdat de stabiliteit van de bovenbouw deels ontleend wordt aan de kern in het westelijke gedeelte, zijn in het oostelijke deel tijdelijke stabiliteitsverbanden



32. Dwarsdoorsnede balkon zuidzijde.

aangebracht die pas zijn verwijderd nadat ook het westelijke bouwdeel op hoogte was.

Bijzondere constructieve aspecten

Het ontwerp van het gebouw bevat veel bijzondere constructieve aspecten, die in het voorgaande nog niet zijn benoemd. Een aantal hiervan wordt hierna kort beschreven.

Oostgevel

In een beperkt deel van de oostgevel boven de 2^e verdieping zijn schuin geplaatste, dragende gevelstijlen toegepast waar de bouwkundige gevel direct tegenaan is bevestigd. De schuine oriëntatie van de gevelstijlen volgt uit het architectonische ontwerp. Er is voor gekozen de gevelstijlen dragend uit te voeren vanwege de onregelmatige bouwkundige indeling in dit gebied: de vloerlijn ligt op alle verdiepingen op een andere positie en toevoegen van inpandige kolommen op constructief gezien logische posities was daardoor onmogelijk. Dit heeft geleid tot vloervelden die grotendeels zijn uitgevoerd als in het werk gestort beton en zijn versterkt met geïntegreerde stalen liggers. Omdat de gevelstijlen zowel in aanzicht als in doorsnede niet verticaal doorlopen, heeft de vloerconstructie niet alleen de functie om de specifieke vloer te ondersteunen maar moet deze ook in staat zijn de belasting die vanuit de bovenliggende vloeren aangrijpt te verdelen naar de onderliggende gevelstijlen. De lengte van de gevelstijlen verschilt aanzienlijk: de kortste stijlen zijn verdiepinghoog (3,6 m), de langste gevelstijlen zijn ± 10 m lang. De geometrie van dit deel is in Rhino uitgeëngineerd omdat met

Revit deze kruisingen van constructieve vloer en kolommen onder de gewenste diversiteit aan hoeken niet inzichtelijk te maken waren. Om het visuele beeld voor de hele gevel gelijk te houden, is gekozen voor één uitwendige afmeting: stijlen van 150 mm breedte en 300 mm diepte. Door te variëren in de wanddikte is geanticipeerd op de optredende belastingen en ongesteunde lengtes. De onderste gevelstijlen staan op een deel van de uitkragende constructie aan de noordoostzijde van het complex (de zogenaamde 'watervalligger' tussen niveau 2 en niveau 4) en zijn ook van vijzels voorzien om de optredende vervormingen te kunnen compenseren. Door de aansluiting van de bouwkundige gevelstijlen aan één smalle zijde van het dragende staalprofiel, kan de toegepaste brandwerende verf over dat deel niet optimaal functioneren. Controleberekeningen, uitgevoerd door Cauberg Huygen, lieten zien dat, als de coating aan de smalle zijde niet kan opschuimen, door de grote massa van de doorsnede, de kritieke temperatuur weliswaar daalde maar dat bij de juiste laagdikte op de drie overige zijden voldoende bescherming biedt om aan de 60 minuten brandwerendheidseis te voldoen.

Zuidoostelijk trappenhuis

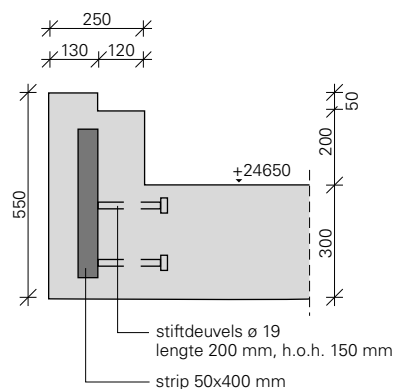
In het zuidoostelijk deel van het kantoordeel ligt één van de trappenhuisen van dit complex. De intentie van de architect was om binnen dit trappenhuis uitsluitend beton in het zicht te hebben, ondanks dat er stalen liggers nodig zijn voor het ondersteunen van de vloeren en de trappen. Aan deze eis is



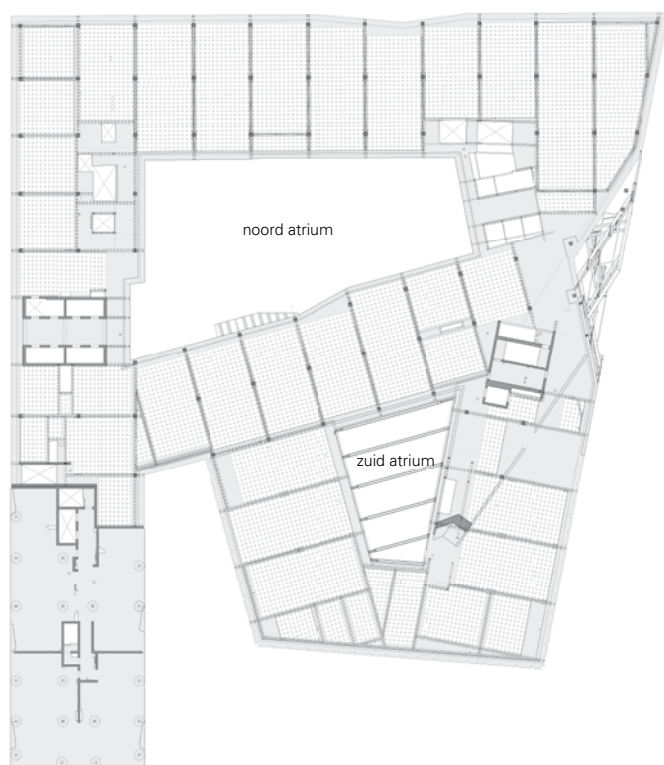
33. Uitkragende balkonconstructie aan oost- en zuidgevel op niveau 2^e verdieping.



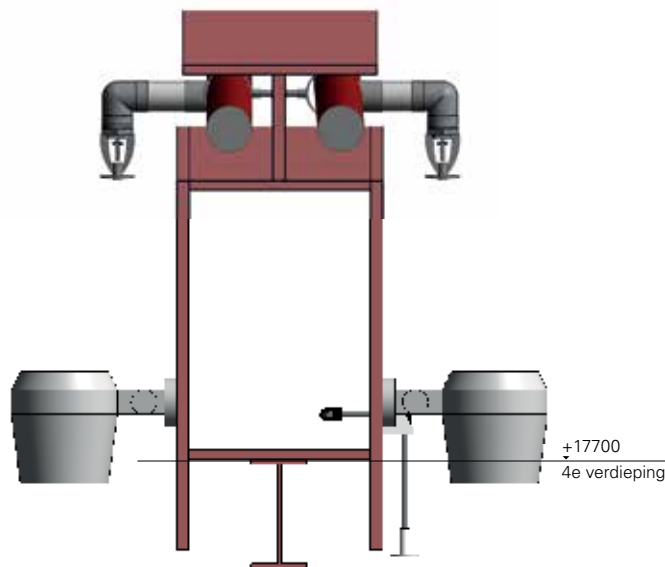
34. Oostgevel.



35. Vloerranddetail trappenhuis.



36. Overzichtsplattegrond met noord- en zuidatrium.



37. Dwarsdoorsnede atriumligger (inclusief sprinklerleidingen, verlichting en railprofiel GOI).

tegemoetgekomen door, binnen de afmetingen van de bouwkundige betondoorsnede, verticale stalen strippen op te nemen die de functie van ligger vervullen (afb. 35). Voor de lastinleiding vanuit de betonconstructie naar de stalen strippen is gebruik gemaakt van stiftdeuvels die tegen de zijkant van de strippen zijn aangebracht.

Atria

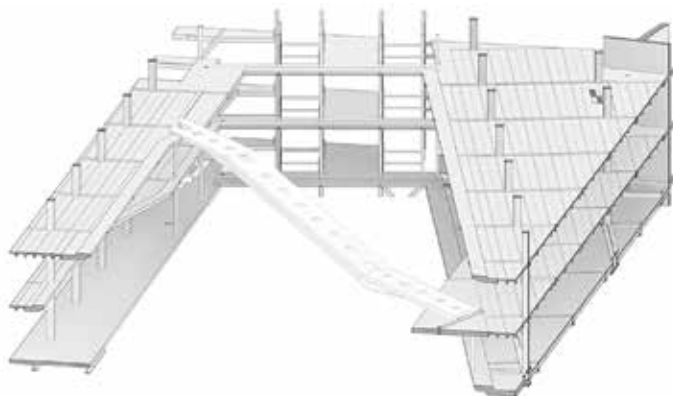
In het ontwerp zijn twee atria opgenomen: het grote, noordelijke atrium van 48x26 m en het kleinere, zuidelijke atrium van 19x22 m (afb. 36). Gelaste stalen liggers op afstanden van 4,8 m zorgen voor de ondersteuning van het glazen dak. De glazen vinnen die daar als

gordingen de glazen dakelementen dragen, sluiten op de zijkant van deze liggers aan. De grootste overspanning van de stalen liggers bedraagt 24,9 m. Het stramien van de atriumliggers correspondeert niet met het stramien van de vloerliggers. Daarom is ter plaatse van de vloerrand een randligger opgenomen die de belasting naar de vloerliggers op het niveau van de atria overdraagt. In aanzicht hebben de atriumliggers een geknikte bovenrand en een horizontale onderrand. Het glazen dakvlak volgt in hoogteligging de bovenrand van de spanten. Hierdoor ontstaat op een natuurlijke manier afschot voor het regenwater. Het hoogste punt van de liggerdoorsnede is op een vaste maat uit

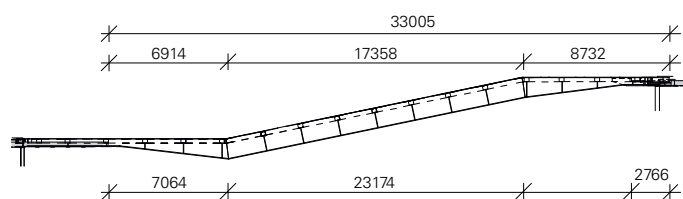
één van de twee opleggingen gekozen en om architectonische redenen niet in het midden van de overspanning. Doordat de atria geen rechthoekige vorm hebben, is het resultaat een variërende spanthoogte bij één van de opleggingen. Voor de dwarsdoorsnede is als basis een kokervormige doorsnede (afb. 37) aangehouden, omdat de excentrische oplegging van de glazen vinnen en de verschillen die in de belasting aan weerszijden van de ligger kunnen optreden, tot torsie kan leiden. Bij de opleggingen is ook een voorziening opgenomen om dit torsiemoment te kunnen inleiden in de randligger. Het T-vormige deel aan de bovenzijde van de doorsnede en de uitstekende verticale platen aan de onderzij-

Projectgegevens

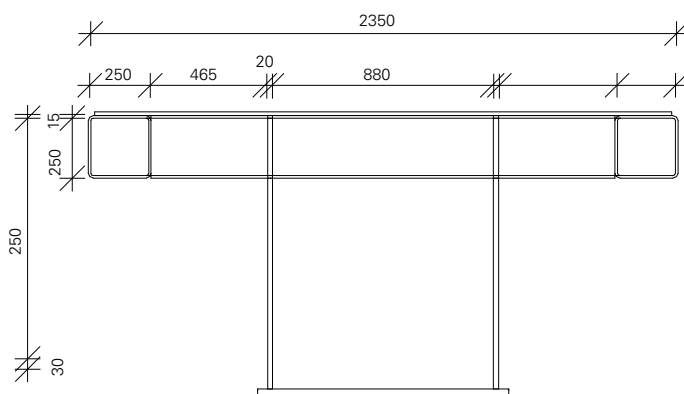
Opdracht BPD | Bouwfonds Gebiedsontwikkeling, Amsterdam • Architectuur UNStudio, Amsterdam • Constructief ontwerp Aronsohn Constructies raadgevende ingenieurs, Rotterdam • Adviseur bouw fysica, akoestiek en brandveiligheid Cauberg Huygen, Amsterdam • Adviseur installaties Techniplan Adviseurs, Rotterdam • Uitvoering Züblin Nederland, Breda • Staalconstructie Spannverbund, Waldems (D) • Gevelbouwer Scheldebouw, Middelburg



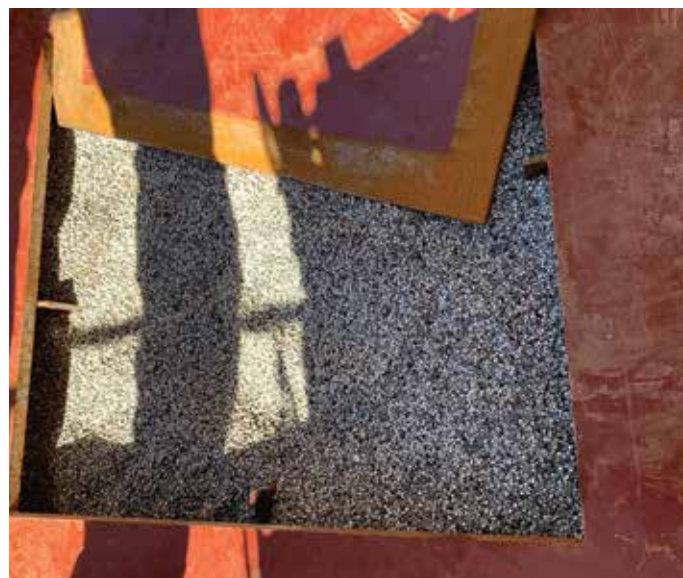
38. Loopbrug in noordelijk atrium tussen niveau 5 en niveau 6.



39. Lengteprofiel loopbrug noordelijk atrium.



40. Dwarsdoorsnede loopbrug noordelijk atrium.



41. Los gestort stalen ballastmateriaal in inwendige van loopbrug.

de zijn geïntroduceerd om bouwkundige en installatietechnische voorzieningen (zoals sprinklerleidingen) zo veel mogelijk aan het oog te onttrekken. De vorm van de liggers is bepaald met parametrische scripts: door de tapse vorm van de atria zijn alle liggers anders van vorm.

Loopbrug

In het noordelijke atrium is een stalen kokervormige loopbrug opgenomen met een overspanning van 37,6 m. Deze verbindt niveau 5 aan de zuidzijde met niveau 6 aan de noordzijde van het noordelijke atrium (afb. 38). De constructiehoogte is vanwege architectonische eisen beperkt en bedraagt in

het midden van overspanning slechts 1.200 mm (dus een van slankheid 1/30!) en ter plaatse van de aansluiting op vloeren niveau 5 en 6 maar 450 mm (afb. 39). Om hinderlijke trillingen te voorkomen is het ontwerp opgezet op basis van de richtlijnen van het Franse Sétra (Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements) en het onderzoeksproject HIVOSS (Human induced vibration of steel structures), namelijk *Technical guide footbridges* respectievelijk *Design of footbridges guideline*. Twee aannemelijke scenario's (met 0,5 resp. 0,8 personen per m² loopbrug) zijn ontworpen op het verkrijgen van een gemiddeld comfort (criterium: maximale versnelling 1,0 m/s²). Een uitzonderlijk

scenario (met 1,0 persoon per m² loopbrug) is ontworpen op een minimaal comfort (criterium: maximale versnelling 2,5 m/s²). Dat laatste scenario bleek maatgevend te zijn. Dit leidde uiteindelijk tot een constructie met een berekende eerste eigenfrequentie van 1,25 Hz en 2.350 kg/m ballast in de cellen van de kokervormige doorsnede (afb. 40 en 41). In de loopbrug is een zeeg van 240 mm aangebracht.

Gekozen is voor ballast in de vorm van los stalen restmateriaal (zogenoeten ponsdoppen) vanwege de hoge volumieke massa, de extra damping en de mogelijkheid om aanpassingen te doen in het geval de ervaring in de praktijk toch onvoldoende prettig blijkt te zijn. •