



1

Puzzelen met bestaande constructies

Meelfabriek (1): Renovatie bestaande monumenten als onderdeel transformatie industrieel gebouwencomplex

*De Meelfabriek in Leiden ondergaat een grootschalige
transformatie, waarbij een industrieel gebouwencomplex wordt
herontwikkeld tot multifunctioneel woongebied. De oude
monumentale gebouwen worden gerenoveerd en er komen
nieuwe gebouwen bij. In dit eerste van drie artikelen wordt de
constructieve beschouwing van de bestaande constructies en de
transformatie naar nieuwe functies toegelicht.*

→



PROJECTGEGEVENS

project

De Meelfabriek

architect

Studio Akkerhuis, Parijs

ontwerp masterplan

Peter Zumthor

constructeur

Pieters

adviseur bouw fysica en brand

LPB Sight

installaties

Burg installatietechniek

beton-, metselwerk- en staalonderzoek

Nebest

geotechnisch adviseur

Geobest

onderzoek bestaande palen

Wareco (tegenwoordig

Aveco De Bondt)

aannemer

Van der Wiel Bouw

betonwerk

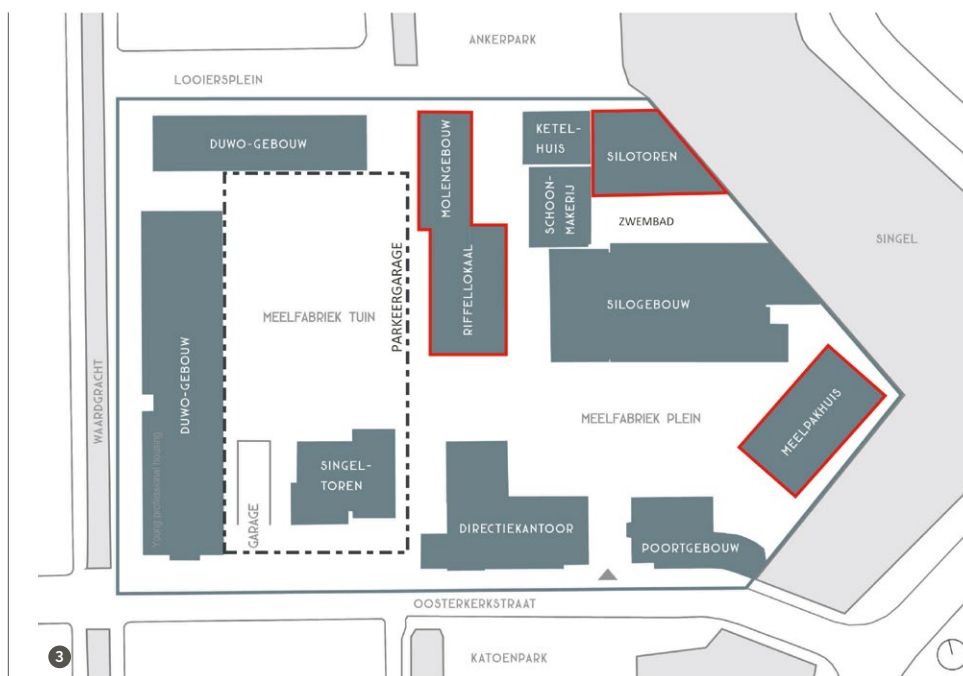
Hendriks/Van Muijen

Betonbouw en HCl

Betonindustrie (prefab)

omvang

55.000 m² BVO



auteur



IR. ROB DOOMEN RO

Partner / Adviseur

Constructies

Pieters

De Meelfabriek ligt aan de centrumzijde van de historische singel in Leiden. De fabriek werd opgericht in 1884 en moest in 1988 om financiële redenen de deuren sluiten. In het 104-jarig bestaan zijn er steeds nieuwe panden bijgebouwd. Het oudste nog bestaande pand is het Ketelhuis uit 1894 en de laatste bouwde-

len zijn silo's, gebouwd in 1960. Na de sluiting kocht ontwikkelaar Ab van der Wiel het complex en redde het daarmee van de sloop, met als idee het cultuurhistorisch erfgoed te behouden en te hergebruiken. In het nieuwe plan wordt De Meelfabriek een knooppunt voor wonen, werken, hotel, spa, horeca en kunst en cultuur.

Bestaande situatie

Het bestaande Meelfabriekcomplex kent een groot aantal gebouwen (fig. 2). Geen gebouw is hetzelfde: ze zijn in verschillende tijden gebouwd, met verschillende bouwmaterialen en systemen. Een groot deel van de gebouwen wordt getransformeerd, waarbij bestaande constructies rigoureus worden aangepakt om nieuwe functies mogelijk te maken. Een klein deel van de bestaande bebouwing is gesloopt, onder meer om vrije zichtlijnen te creëren. En er zijn drie nieuwe gebouwen gemaakt.

Dit artikel, het eerste van een drietal, gaat over de reeds voltooide transformaties (Silotoren, Meelpakhuis en het Riffellokaal/Molengebouw, fig. 3). De nieuwbouw (Parkeergarage en Singeltoren) wordt in het tweede artikel behandeld. In het derde artikel komen de gebouwen aan de orde waar nu nog aan wordt gewerkt, het Silogebouw, de Schoonmakerij en het oude Ketelhuis.

Controle bestaande constructies

Bij herbestemmingen en onderzoek naar de constructieve mogelijkheden van een gebouw is de aanwezigheid van archieftekeningen essentieel. Er zijn honderden archieftekeningen doorzocht, die goed zijn bewaard in de oude kluis van de Meelfabriek. Ook is het gemeentearchief onderzocht, maar daar was veel minder beschik-

baar. Dit toont aan hoe belangrijk goede archivering door bouwweigenaars is.

Als er, zoals bij de Meelfabriek, goede archiefgegevens zijn, dan is het vooral zaak om de staat van de constructie te controleren. Gestart is met een visuele inspectie. Hoewel grote problemen niet altijd goed zijn af te lezen, kun je met een eerste inspectie vaststellen welke materiaalonderzoeken nodig zijn.

De funderingen zijn in eerste instantie gecontroleerd met lintvoegmetingen en waterpassing. Daarmee kon worden geconstateerd waar in het pand de grootste zettingen zijn geweest en waar de grootste scheefstand is ontstaan.

Een groot deel van de bestaande gebouwen is op houten palen gefundeerd en die zijn grotendeels hergebruikt. Op diverse locaties zijn de palen vrijgegraven en geïnspecteerd om te zien of er houtrot was opgetreden, hoeveel draagkracht ze nog hebben en hoelang ze nog meegaan (foto 4). Bij alle gebouwen waren de palen nog goed, behalve bij het uit de 19e eeuw stammende Ketelhuis. Daar waren de palen rot en wordt de complete fundering hersteld met nieuwe palen.

De betonconstructies zijn op basis van de visuele inspectie nader onderzocht (foto 5). Ter plaatse van schades zijn betonkernen geboord en zijn diverse metingen →

Op de onderste 560 mm van de bestaande betonnen funderingsplaat is een nieuwe vloer van 1000 mm aangebracht



4 Onderzoek naar de bestaande paalfunderingen onder de gebouwen

5 Visuele inspectie liet meerdere type betonschade zien. Op diverse plekken heeft carbonatatatie geleid tot corrosie van wapening en afschilpen van beton



gedaan. Van de betonkernen is gemeten wat de carbonatatie diepte is. En er zijn kernen gedrukt om de druksterkte vast te stellen. Met elektromagnetisch apparatuur werd de positie en diepteligging van wapening gemeten tot een diepte van circa 100 mm. Met een betonradar kon dieper, tot circa 300 mm worden gemeten. Ook zijn potentiaalmetingen aan het beton uitgevoerd, waarmee (na ijking door lokaal open te hakken, foto 6) een inschatting is gemaakt van de te verwachten corrosie in de toekomst.

Silotoren

In 1960 is de Silotoren gebouwd. Deze stond gefundeerd op circa 300 betonpalen met daarop een 1,56 m dikke betonnen funderingsplaat. Daarop zijn betonnen silo's gebouwd. Deze hadden hele kleine afmetingen: de silocellen waren circa $2 \times 4 \text{ m}^2$ groot. Hergebruik van de silo's was daarom niet reëel, maar hergebruik van de bestaande fundering wel. Daarom is het gebouw vanaf de begane grond gesloopt en zijn de funderingspalen en een deel van de funderingsplaat gehandhaafd en hergebruikt. In samenwerking met de geotechnisch adviseur is berekend wat de bestaande fundering kon dragen.

Hergebruik van de bestaande palen was een mooie kans, maar tegelijkertijd ook

een noodzaak. Het verwijderen van de bestaande palen was moeilijk voor elkaar te krijgen en zou geotechnisch gezien veel ontspanning in draagkrachtige ondergrond geven. En het maken van nieuwe palen tussen het zeer dichte palengrid zou complex zijn en zwaar heilwerk/schroefwerk opleveren.

Nieuwe bovenbouw Op de fundering is een nieuw woongebouw van 14 bouwlagen geplaatst (foto 7). Dit heeft een betonnen kern met daaromheen dragende prefab betonkolommen buiten de gevels (fig. 11). De krachten worden in de nieuwe situatie veel minder gespreid dan bij de oude silo's het geval was. De bestaande betonnen funderingsplaat was niet berekend op het spreiden van de krachten uit de nieuwbouw. Daarom is een nieuwe betonnen plaatfundering gemaakt, met voldoende wapening om de krachten over bestaande palen te spreiden.

Nieuwe funderingsplaat Om een dure bouwkuip te voorkomen, is de onderste 560 mm van de bestaande betonnen plaat van 1560 mm behouden (foto 8). Op deze wijze bleven de paallankers verankerd en werd het grondwater tegengehouden. De bovenliggende 1000 mm is eraf gesloopt, door de

Een uitdrukkelijke wens was om het beton van vloeren en kolommen zichtbaar te houden



vloer over 1000 mm in te zagen in vlakken en vervolgens de vlakken eruit te hakken. Vervolgens is een nieuwe vloer van 1000 mm aangebracht (foto 9).

Op enkele posities treden in de uiterste grenstoestand trek en grote drukkrachten op in de fundering. Daarom waren zes nieuwe tubexpalen nodig. Deze zijn aangebracht door sparingen in de bestaande fundering en gekoppeld aan de nieuwe vloer.

Voor de berekening van de funderingsplaat is een gevoeligheidsanalyse ge-

maakt waarbij in de stijfheid van de funderingsplaat en die van de palen is gevarieerd. De nieuwe vloer is op sterkte berekend als een 1000 mm dikke betonplaat; alleen het nieuwe beton dus. Voor de paalreacties is het echter ongunstig als het oude en het nieuwe beton samenwerkt en de plaat zich als een stijve, 1560 mm dikke plaat gedraagt. In de controle van de paalbelastingen is daarmee rekening gehouden, door een omhullende paalbelasting en plaatwapening te bepalen. →

Ten behoeve van extra stijfheid zijn de oude en nieuwe vloer gekoppeld. Dit door h.o.h. 600 mm ankers in te boren en de vloer ruw te hakken. Voor de vloerwapening zijn er prefab balkvormige korven aangebracht, om de dwarskrachtwapening veilig (arbotechnisch) te kunnen monteren (fig. 10). Er is in overleg met de betonbouwer een stappenplan voor het leggen van de wapening bedacht, op basis waarvan een korventekening is gemaakt en de zware vloerwapening arbotechnisch goed kon worden geplaatst.

Dragende kolommen De nieuwe dragende betonkolommen staan buiten de thermische schil (fig. 11). De vloeren (binnen thermische schil) zijn met isokorven opgehangen aan de kolommen. Voor deze isokorven is in de vloer-kolomkruising slechts weinig ruimte: 400 mm breedte en 300 mm hoogte. Hier moeten forse krachten worden doorgevoerd, waarvoor uitgebreide afstemming met de leverancier van de isokorven (Schöck) heeft plaatsgevonden om de juiste wapeningsconfiguratie te vinden (fig. 12 en 13).

Een aantal buitenkolommen grenzen aan dragende binnenwanden. Hier ontstaat op korte afstand een verschil in thermische uitzetting. Door de buitenkolommen op deze posities niet-dragend te maken en verticaal schuivend uit te voeren, worden thermische vervormingsverschillen toegelaten zonder grote opgelegde momenten en dwarskrach-

ten. Dit is gerealiseerd met een detail met een stalen plaat met holle achterruimte ('bakje'), die is verankerd in de vloerrand. Met slobgaten in de stalen plaat is voor de mogelijke translaties gezorgd.

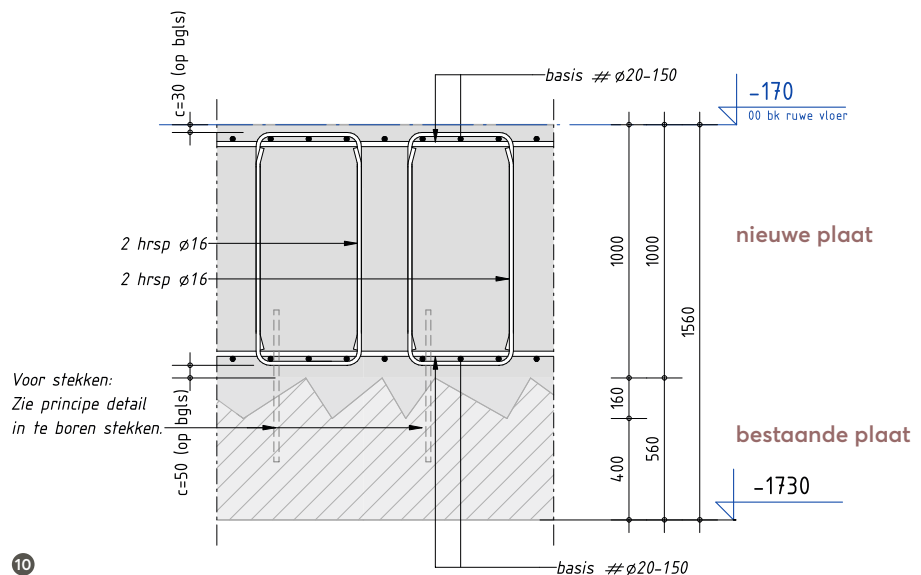
Het Meelpakhuis

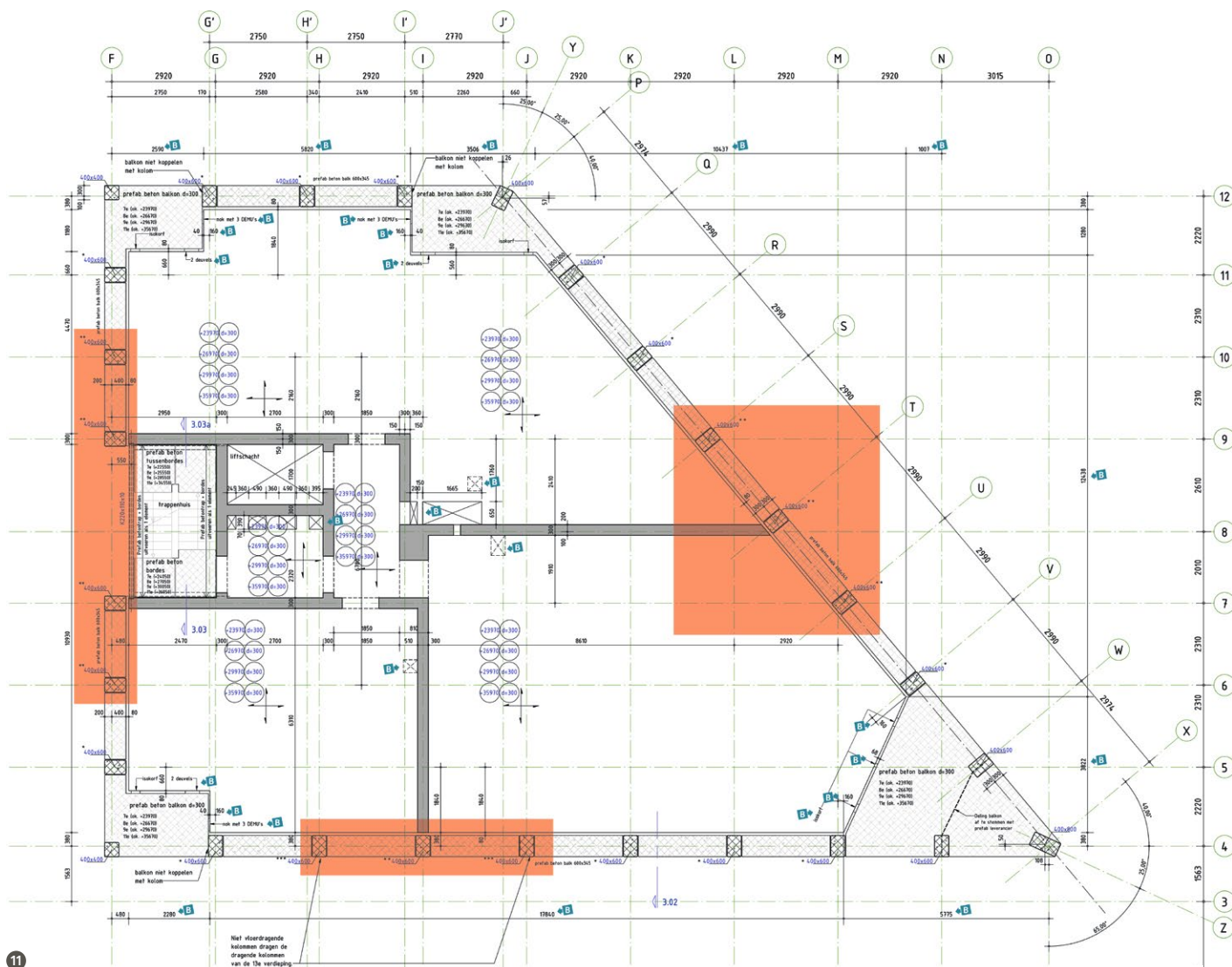
In het voormalige Meelpakhuis zijn loft-appartementen gemaakt (foto 1). Het pakhuis kende een zware functie; er lag veel meel opgeslagen en er werd met zwaar materieel gewerkt. Uit herberekening van het bestaande betonskelet en de fundering bleek dat op het bestaande gebouw drie nieuwe verdiepingen konden worden gemaakt.

Omdat het hogere gebouw veel meer wind vangt, is middenin het gebouw een nieuwe stabiliteitskern gemaakt (fig. 20). Onder deze kern zijn 25 nieuwe Tubex-grout-injectiepalen geslagen.

Bestaande paalfundering Van de bestaande paalfundering met ruim 1200 vuren houten palen waren archieftekeningen beschikbaar. Er zijn inspectieputten gegraven. Negen palen zijn op houtrot gecontroleerd. In alle onderzochte palen werd bacteriële aantasting vastgesteld. Op basis van de analyse van houtmonsters en de restdiameter van de paalkoppen, is de kwaliteit van de palen echter als ruim voldoende beoordeeld.

Op twee palen zijn proefbelastingen uitgevoerd. Op basis van een maximale





drukkracht in de nieuwe situatie van 140 kN, zijn de palen beproefd tot 395 kN. Deze hoge proefbelasting komt voort uit de te rekenen veiligheidsfactor (hier vanwege beperkte steekproef factor 1,51), de te rekenen negatieve kleeft in eindsituatie van 92 kN en de optredende positieve kleeftbelasting tijdens de proeven van 92 kN. De testbelasting is daardoor:

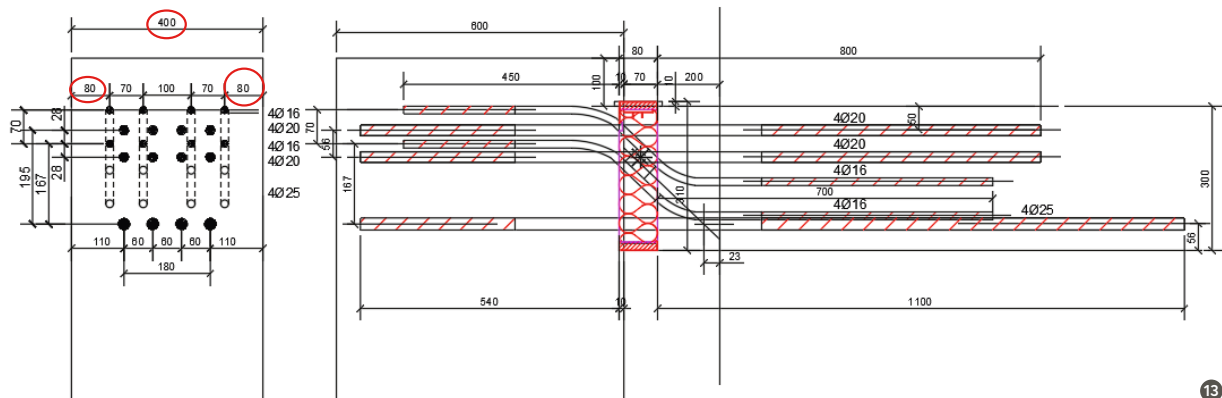
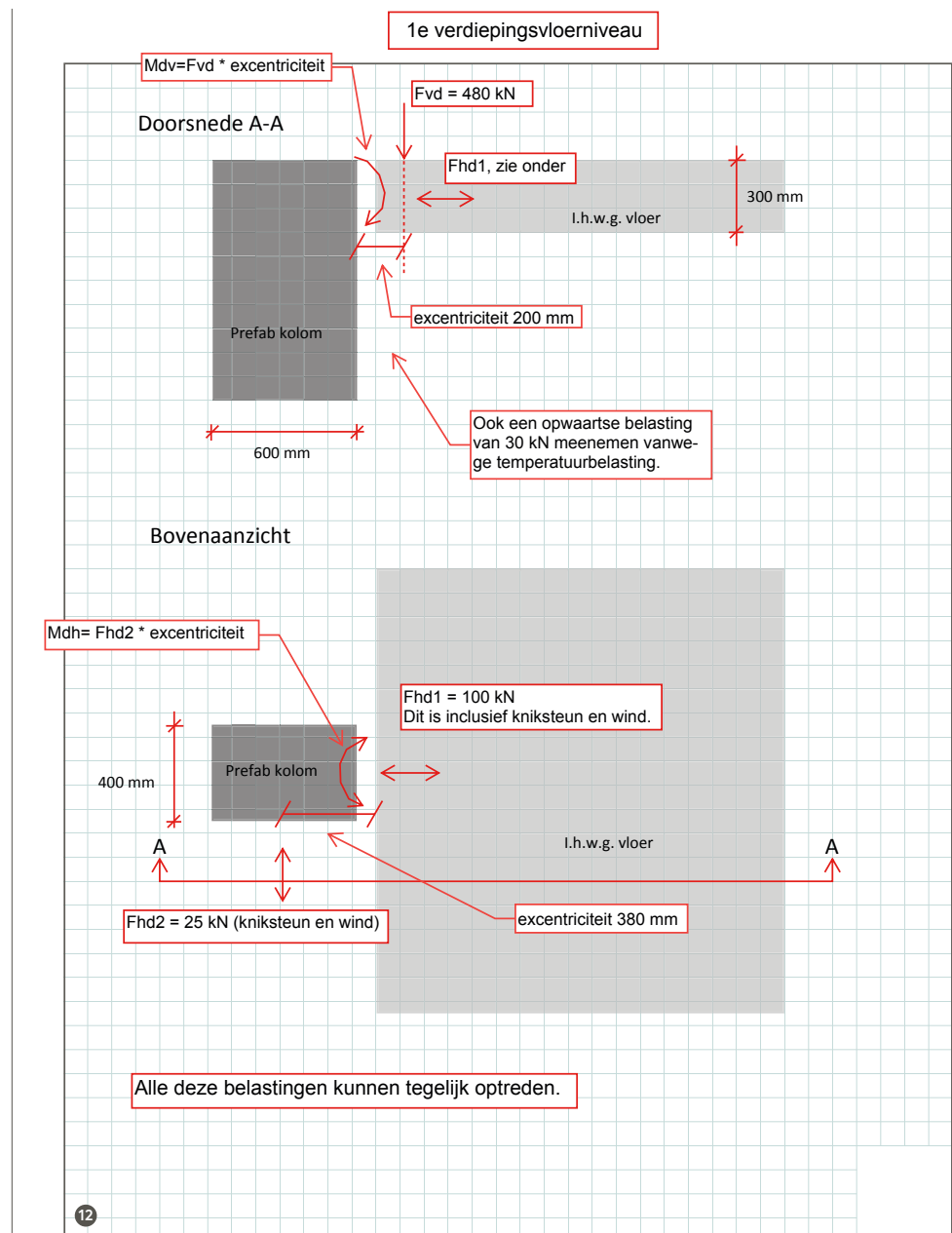
$$F_{\text{test;SLT;max}} = 140 \times 1,51 + 92 + 92 = 395 \text{ kN}$$

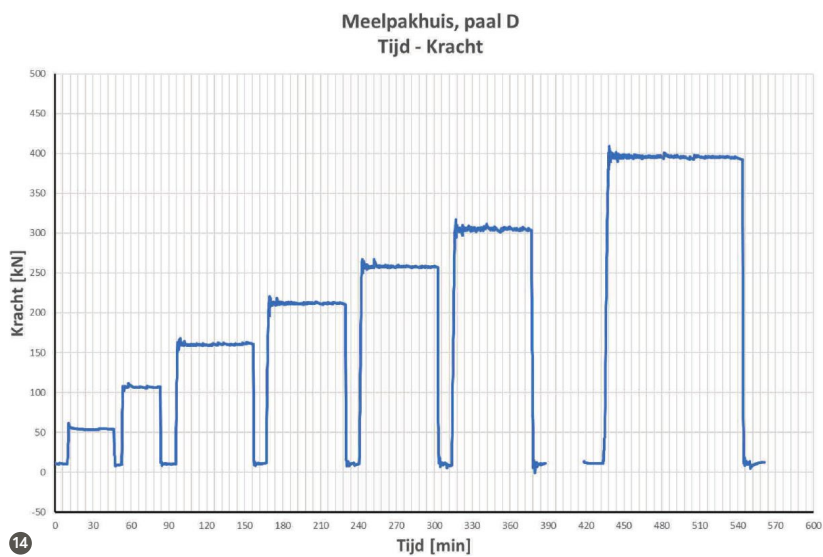
De proefbelasting is in zeven stappen met 30 en 60 minuten interval aangebracht (fig. 14). Zo kon de draagkracht worden getest en aangetoond. Op basis van de proefbelasting en een berekening van de optredende nega-

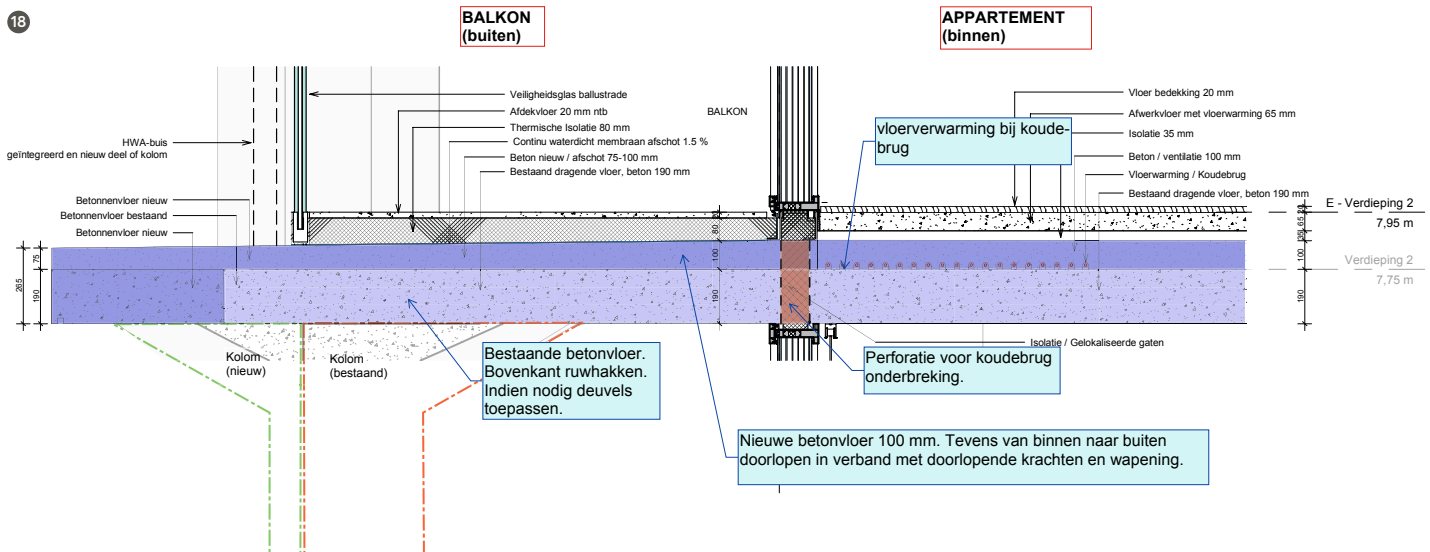
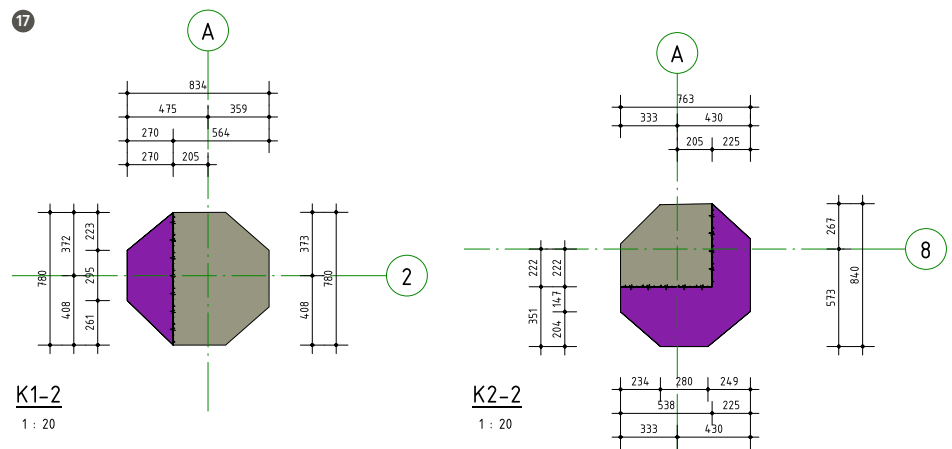
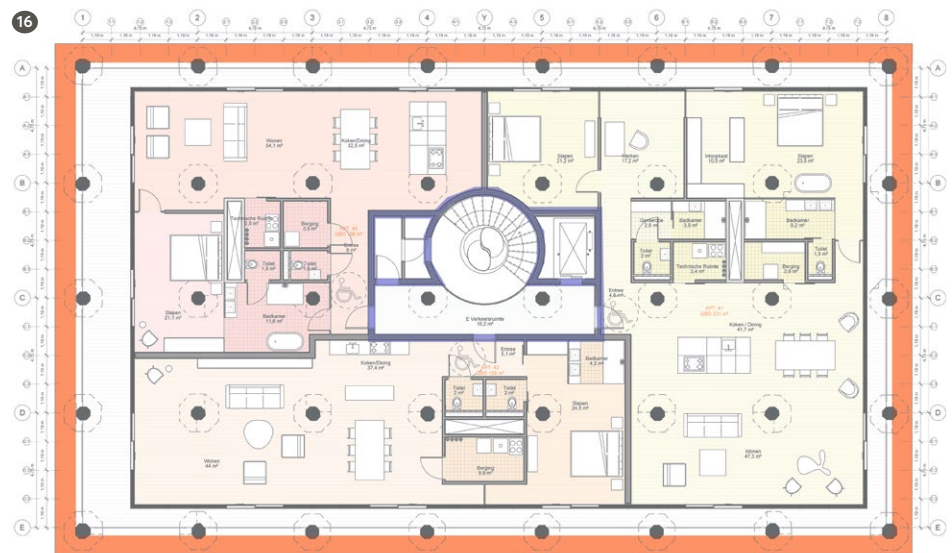
tieve kleeft is een gemiddelde draagkracht van de bestaande palen gevonden van 155 kN.

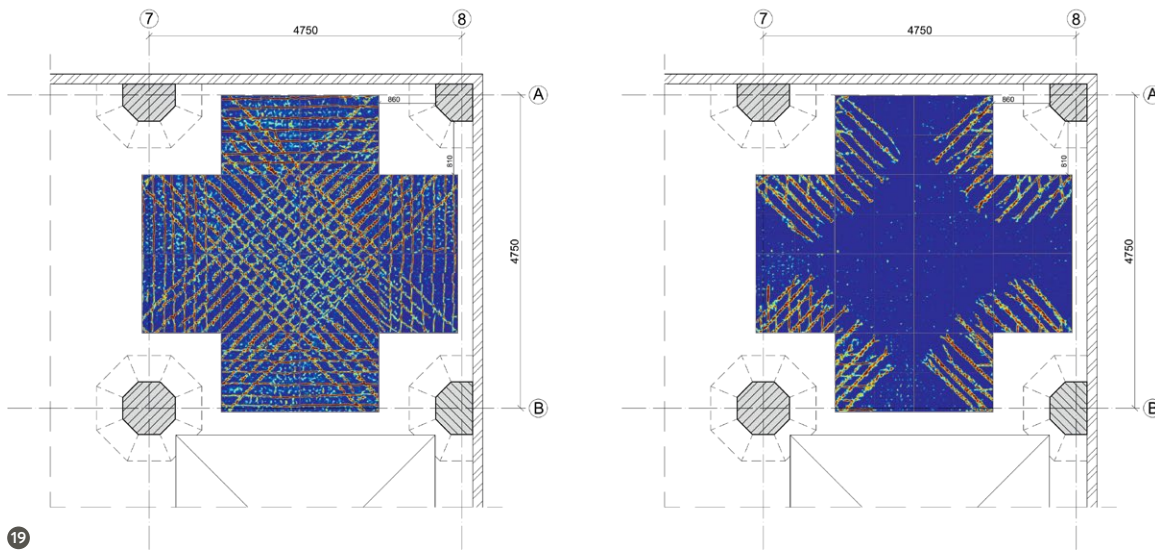
Het was bovendien belangrijk dat met funderingsinspecties werd gecontroleerd of de palen ook conform de archieftekeningen waren uitgevoerd. Bij deze inspecties werd geen afwijking van het palenplan aangetroffen.

Bovenbouw In het ontwerp van het nieuwe loftgebouw is de bestaande metselwerkgevel verwijderd om daglicht naar binnen te halen (fig. 15). Bovendien zijn de vloeren rondom verlengd om ruimte te maken voor balkons (fig. 16) en zijn de gevelkolommen, die in de gevel recht waren, weer aangevuld tot een achthoek (fig. 17). Een uitdrukkelijke →

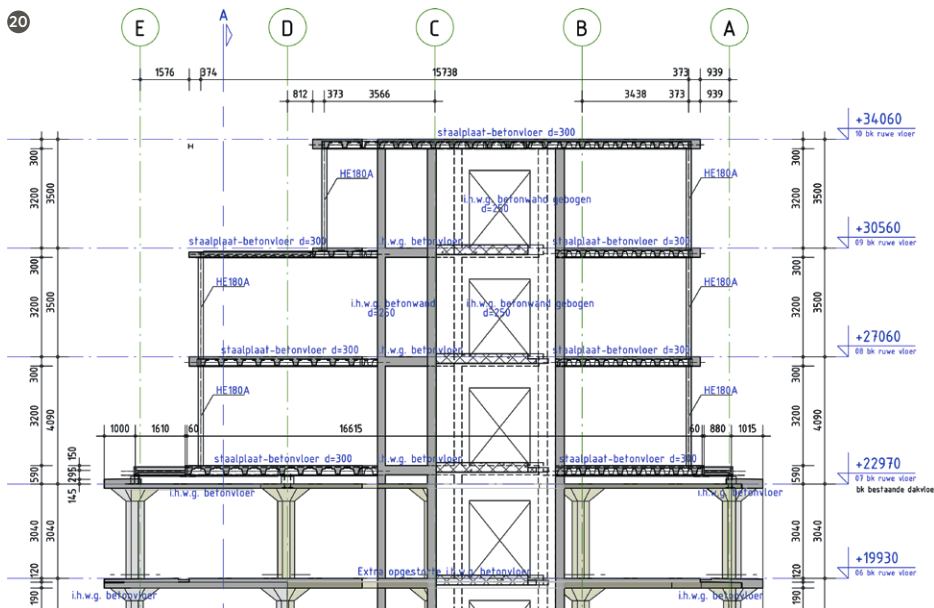








19



20

wens van ontwikkelaar en architect was om het beton van vloeren en kolommen zichtbaar te houden. Dit leidde tot een complex detail, waarbij de gevel naar achter ligt en de vloeren van binnen naar buiten doorlopen (fig. 18).

Samen met de bouwfysisch adviseur is hiervoor een oplossing gevonden. Geïnspireerd door de Zollverein School in Essen (architect Sanaa) is onderzocht of met verwarmingsleidingen het temperatuurverschil in de vloeren kon worden beperkt om condens- en schimmelvorming te voorkomen. Waar in de Zollverein de warmte een

restproduct is van de Kolenmijn, is bij de Meelfabriek de energie niet gratis en was de wens om het energieverbruik met isolatie te reduceren. Daarom zijn de vloeren lokaal voorzien van sparingen (perforaties), die zijn gevuld met isolatie (fig. 18). Door de bestaande 180 mm dikke vloeren een nieuwe druklaag te geven kon de vloer waar nodig worden versterkt en konden de uitkragingen in de vloeren worden gemaakt.

Van de bestaande vloeren zijn geen wapeningsarchieftekeningen gevonden. In samenwerking met Nebest is de vloerwaping gescand. De vloervelden zijn circa →



$5 \times 5 \text{ m}^2$ groot en bleken diagonaal gewapend (fig. 19).

Vanwege de vroegere zware belasting was de capaciteit van de vloeren relatief hoog. Op basis van de beschikbare informatie konden alle controleberekeningen worden gemaakt. De te maken sparingen, uitkragingen en de druklaag zijn zodanig ontworpen dat de onderwapening in de bestaande vloer nog voldeed.

Alleen de dakvloer was niet sterk genoeg. Uit de wapeningsscans bleek dat de vloer door corrosie van deze wapening onvoldoende veilig was. De vloer is in de nieuwe situatie opgehangen aan de nieuwe constructies van de optopping (zie hierna).

Optopping Bovenop het betonnen casco is een lichte stalen constructie toegevoegd voor drie nieuwe verdiepingen met staalplaatbetonvloeren (fig. 20). De nieuwe opbouw ligt iets terug van de bestaande gevels. Deze setback wordt gedragen met stalen liggers boven het bestaande dak. Deze liggers dragen de nieuwe verdiepingen en de terugliggende gevels. Zoals eerder aangegeven is de oude dakvloer aan deze staalconstructie opgehangen. De optopping wordt gestabiliseerd door de betonkernen die vanuit het bestaande gebouw doorlopen. →



23



24



25

23 Rond trappenhuis als verwijzing naar de oude meelglijbanen. Foto: Corentin Haubruge

24 De oude meelglijbanen. Foto: Suzanne Baars

25 Het voormalige Molengebouw en Riffellokaal is een nieuw loftgebouw geworden voor 30 lofts. Foto: Corentin Haubruge

Bij het Riffellokaal/ Molengebouw zijn ter plaatse van beoogde binnenwanden diagonale verbanden toegevoegd

Door het lage gewicht van de drie vloeren was versterking van de bestaande houten palen niet nodig.

Kolommen en trappenhuis De bestaande constructie is fotogeniek, al het beton blijft in het zicht. Opvallend zijn onder andere de achthoekige kolommen, voorzien van ponskoppen (foto 21). Een bijzonder element is ook het ronde trappenhuis in het midden van het gebouw (foto 22). Er zijn cirkelvormige trappen gemaakt, ter referentie aan de meelglijbanen in de oude fabriek (foto 23).

Molengebouw en Riffellokaal

In 2020 zijn het voormalige Molengebouw en Riffellokaal, die samen één gebouw vormen, getransformeerd tot woongebouw met 30 woonlofts (foto 25). Het Riffellokaal is gebouwd in 1931 en het Molengebouw in 1947. Voorheen stond dit rijksmonument vol machines om het graan voor de Meelfabriek te verwerken.

Bestaande constructie De bestaande constructie van respectievelijk acht en zeven bouwlagen bestaat uit momentvast stalen portalen, houten vloeren en metselwerk gevels (foto 26). De portalen staan h.o.h. 5 m.

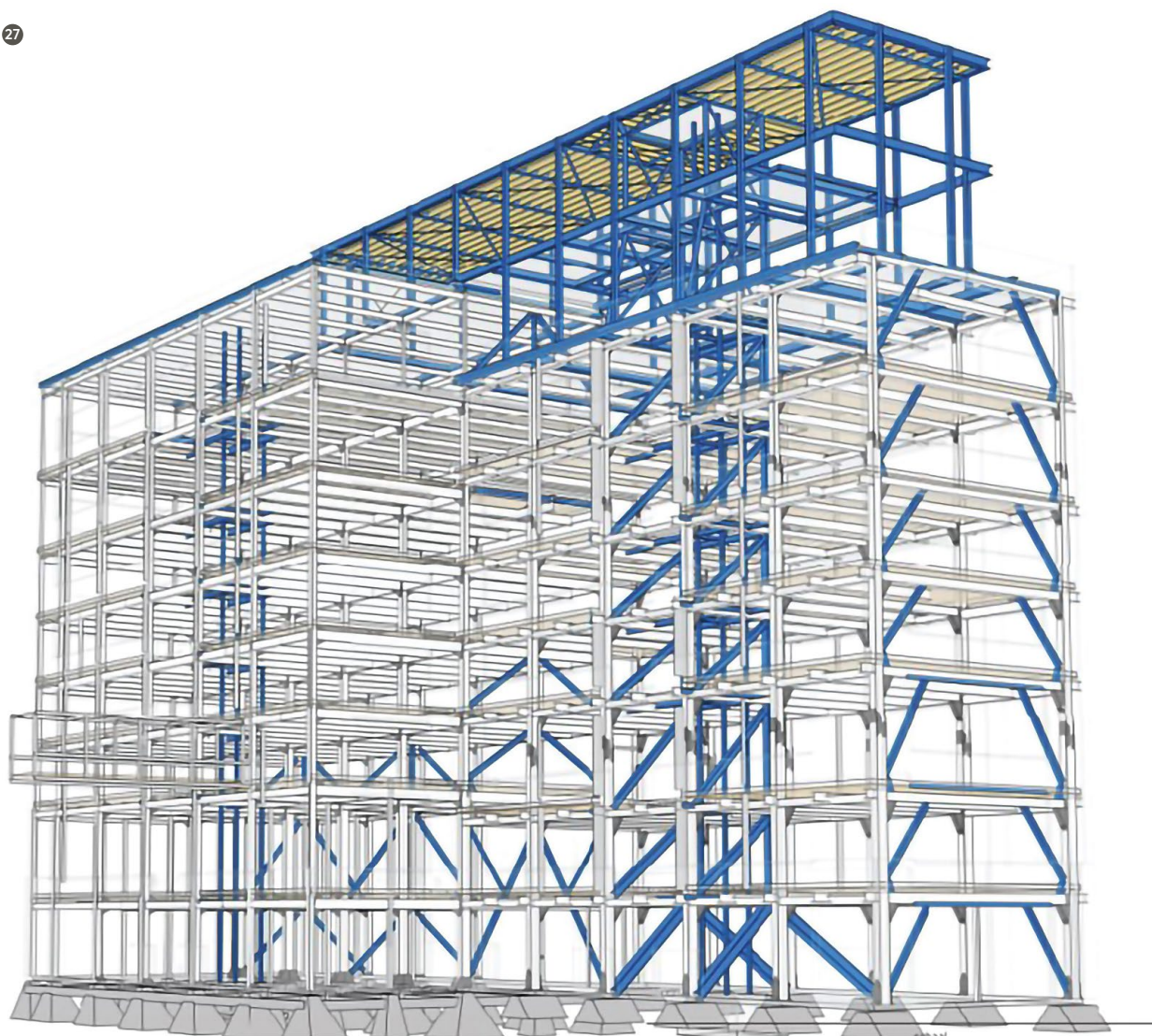
Daartussen liggen secundaire stalen liggers h.o.h. 2,5 m. Tussen die secundaire liggers overspant de houten vloer van 60 mm dikke platte balken. Het gebouw is gefundeerd op houten palen (Riffellokaal) en op betonnen palen (Molengebouw).

Voor de transformatie zijn de houten vloeren voorzien van een 180 mm betonnen druklaag, met daarop een zwevende dekplaat. Hiermee verbetert de geluidskwaliteit, is de vloer brandwerend en is er een tweede draagweg gecreëerd. De staalconstructies zijn brandwerend gecoat. Zowel de staalconstructies als de houten vloeren zijn zichtbaar gebleven in de lofts.

Optopping Op het gebouw is een eenlaagse (Riffellokaal) en tweelaagse (Molengebouw) optopping gemaakt (fig. 27). De optopping heeft een staalconstructie met staalplaatbetonvloeren en een houten balklaag voor het dak. In de optopping is een groot penthouse met dakterras gemaakt.

Vanwege de grotere hoogte door de optopping was een versterking voor stabiliteit nodig. De bestaande staalconstructie is volledig doorberekend. Hieruit bleek dat het in de oorspronkelijke toestand al erg veel vervormde bij wind. Te veel voor een com-





fortabel woongebouw. Daarom zijn er in de bestaande staalconstructies ter plaatse van beoogde binnenwanden diagonale verbanden toegevoegd (fig. 27). Door deze gespreid in het gebouw toe te passen waren versterkingen in de fundering niet nodig.

30 jaar voorbereiding

Al vanaf 2015 wordt er door het ontwerp- en bouwteam gewerkt aan dit complexe project. Daarvoor had eigenaar/ontwikkelaar Ab van der Wiel al bijna 30 jaar voorbereiding getroffen. Dit geeft aan wat erbij komt kijken om waardevol cultuurhistorisch erfgoed te transformeren. Naar verwachting worden de laatste bouwwerkzaamheden in 2026/2027 afgerond. ●