

In een maatschappij die zo zeer gebonden is aan mobiliteit en waar de meerderheid van de bevolking een auto gebruikt, is het parkeren in stedelijke gebieden een probleem. Tot nog maar een aantal jaren geleden was het gebruik van parkeergarages niet vanzelfsprekend. Men besteedde liever tijd aan het rondrijden dan te betalen voor overdekt parkeren. Inmiddels is een ieder zich bewust van de prijs die men voor parkeren moet betalen. Het aantal parkeergarages is daarom gestaag gegroeid, maar nog kan men op veel plaatsen in de steden niet voldoen aan de behoefte. Dit is mede het gevolg van de restricties die zijn ingevoerd op het aantal beschikbare parkeerplaatsen en de parkeerduur.

Bovengrondse parkeergarages zijn veelal in een prefab-betonsysteem opgebouwd. Voor de in belang toenemende ondergrondse parkeergarages is een mengvorm van prefab beton en in het werk gestort beton veelal de aangewezen oplossing. Bijzondere parkeergarages zijn in den droge gebouwd en daarna door een waterpartij afgedekt.

Parkeren is onderdeel van meervoudig ruimtegebruik geworden en behoort meermalen tot een gebouwencomplex met vele functies, zoals wonen, werken en recreëren. Soms hoog boven het maaiveld, soms enkele lagen onder maaiveld. Het interessante is om de vrije ruimte tussen de kolommen nodig voor het efficiënt parkeren te laten stroken met de indeling van de bovenbouw, dan wel de onderbouw. Een boeiende opgave.

Cement 2000-6 [1] is geheel gewijd aan parkeergarages en geeft een breed beeld van de vragen en de mogelijkheden. Een enkel artikel daaruit is toegevoegd in de bijlage van dit hoofdstuk. Interessant is ook de vergelijking die is gemaakt tussen parkeergarages in prefab beton, in het werk gestort beton en staal.

*Auteurs: ing. S.J. de Boer, Ballast Nedam Engineering, voorheen werkzaam bij Haitsma Prefab Beton te Maarssen
ing. J. van Haastert, BetonSon te Son*

11 PARKEERGARAGES

Inhoudsopgave

11.1	Bovengrondse parkeergarages.....	3
11.1.1	Systemen	
11.1.2	Stramienmaten en parkeermoduul	
11.1.3	Belastingen	
11.1.4	Dynamische aspecten	
11.1.5	Vormgeving	
11.1.6	Samenstellende onderdelen	
11.1.7	Stabiliteit	
11.1.8	Afwerking vloeren	
11.1.9	Voegen	
11.1.10	Waterafvoer	
11.2	Ondergrondse parkeergarages.....	17
Bijlagen		24
I	Geniale eenvoud - <i>Cement</i> , 2000 nr. 6	
II	De toeleverancier als specialist - <i>Cement</i> , 2000, nr. 6	
III	Sacrale ellips - <i>Cement</i> , 2000, nr. 6	
IV	Meervoudig ruimtegebruik op het Museumplein - <i>Cement</i> , 1999 nr. 8	
V	Inventieve prefab oplossing maakt montage eenvoudiger - <i>Cement</i> , 2000 nr. 1	

Literatuurlijst

- [11.1] *Cement* 2000 nr. 6; uitgave gewijd aan parkeergarages.
- [11.2] NEN 2443, Parkeren en stallen van personenauto's op terreinen en in garages, 2000.
- [11.3] NEN 6702, Technische Grondslagen voor Bouwconstructies (TGB) 1990; Belastingen en Vervormingen.
- [11.4] NEN 6720, Voorschriften Beton. Constructieve eisen en rekenmethoden (VBC), 1995.

11.1 BOVENGRONDSE PARKEERGARAGES

Bovengrondse parkeergarages worden veelal daar toegepast waar op een klein stuk terrein een groot aantal auto's moet worden gestald. Bij de nieuwbouw van kantoren wordt door de gemeente vaak een parkeereis gesteld waarbij de eigenaar van het kantoor wordt verplicht een vastgesteld aantal plaatsen per werkplek te creëren.

Vaak is de voordeligste oplossing parkeren op maaiveld. Indien echter het oppervlak van het terrein te klein is of de grondprijzen te hoog zijn, kan een parkeergarage een oplossing bieden. Uiteraard worden daarmee ook de loopafstanden verkleind. Het beschikbare stuk terrein en het aantal te stallen auto's bepalen het aantal verdiepingen van de garage. Andersom, in het geval plaatselijke verordeningen de maximale bouwhoogte voorschrijven, wordt hiermee in combinatie met het aantal auto's het grondvlak van de garage bepaald.



Foto 11.001: Vlakke-vloergarage met uitwendige hellingbaan

De maten van de parkeervakken en rijbanen bepalen het gebruikersgemak van de garage. De minimale eisen zijn vastgelegd in NEN 2443.

Hierin zijn tevens eisen opgenomen met betrekking tot de vrije hoogte onder de vloeren en balken, hellingpercentages, ventilatievoud, bewegwijzering, vluchtwegen etc.

11.1.1 SYSTEMEN

De te onderscheiden systemen in bovengrondse garages zijn in hoofdzaak:

- vlakke-vloergarage;
- hellingbaangarage;
- split-levelgarage.

Vlakke-vloergarage

Een vlakke-vloergarage bestaat uit een aantal horizontaal gelegen vloeren die bereikbaar zijn via hellingbanen. De hellingbanen kunnen buiten de garage worden geplaatst of daarbinnen. Buiten de garage geplaatste hellingbanen kunnen als rechte helling of spiraalvormig worden uitgevoerd.

Het parkeercomfort van vlakke garages is over het algemeen goed. De parkeerroutes zijn vaak wat langer dan bij splitlevelgarages het geval is. De hellingbanen zijn over het algemeen wat gecompliceerder door de grotere hoogte die moet worden overwonnen, zodat het aantal wordt beperkt tot een minimum.

Hellingbaangarage

In een hellingbaangarage liggen de vloeren onder een helling in de lengterichting van de rijbaan. De parkeervakken staan loodrecht op de helling. De parkeerhelling wordt gebruikt om de hoogteverschillen tussen de vloeren te kunnen overbruggen. Combinaties van hellingbaan en vlakke garages komen ook voor. Hierbij wordt één stramien als helling uitgevoerd en het andere als vlakke vloer. De hellingbaan wordt in twee richtingen bereden. Bij tweebeukige garages leidt de parkeerroute langs alle plaatsen, zodat open plaatsen snel kunnen worden gevonden (foto's 11.002 en 11.003).



Foto 11.002: Hellingbaangarage



Foto 11.003: Montage balk hellingbaangarage

Split-levelgarage

Een split-levelgarage bestaat uit vlakke vloeren die over een halve verdiepingshoogte verspringen. Het hoogteverschil tussen de vloeren wordt hierdoor beperkt zodat met korte hellingbanen kan worden volstaan. Bij garages uitgevoerd in TT-platen kunnen de hellingbanen in geknikte platen worden uitgevoerd.

Vaak wordt éénrichtingsverkeer toegepast in combinatie met een aantal hellingbanen zodat een aantal rijlussen wordt gecreëerd. Korte lussen voor het snel stijgen of dalen en lange lussen om parkeervakken te zoeken (foto's 11.004, 11.005, en 11.006).

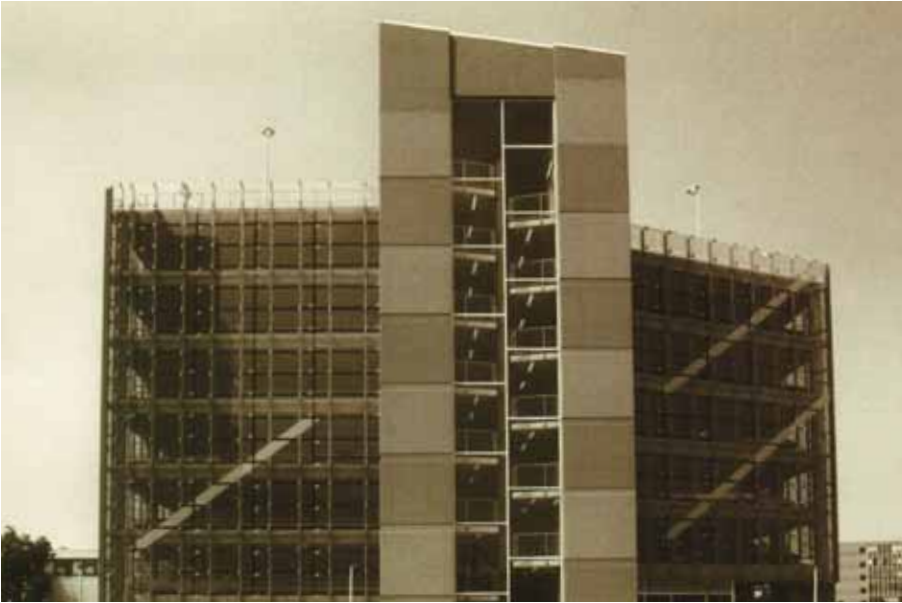


Foto 11.004: Parkeergarage Academisch Ziekenhuis te Leiden



Foto 11.005: Onderzijde TT-vloer

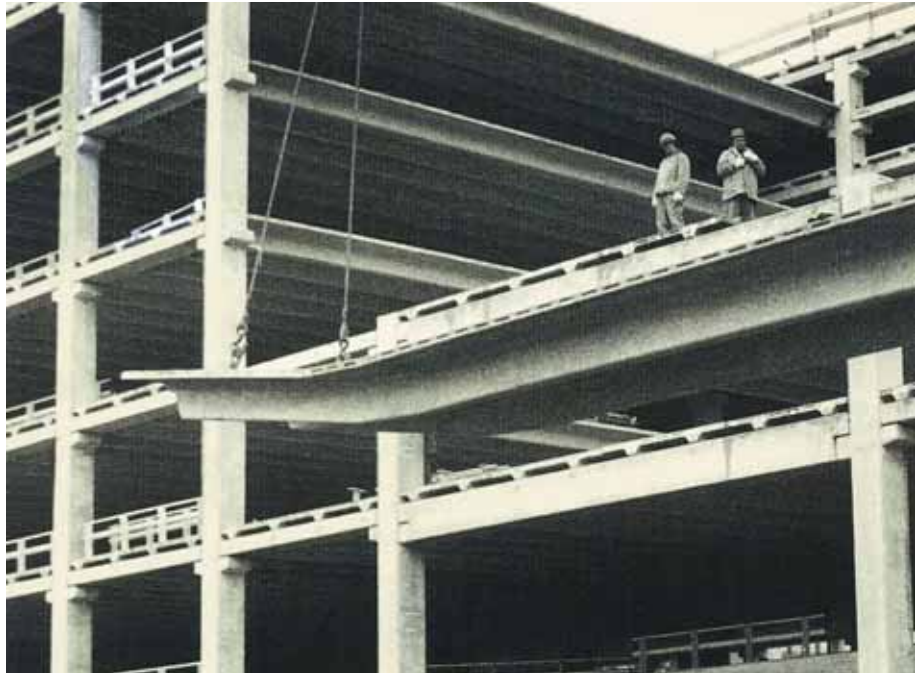


Foto 11.006: Montage geknikte TT-plaat

11.1.2 Stramienmaten en parkeermoduul

In moderne garages worden in het algemeen geen kolommen tussen de parkeerruimten van de auto's geaccepteerd. Dit impliceert dat de vrije overspanning van de vloeren veelal de lengte van twee parkeervakken plus een rijbaanbreedte bedraagt. Afhankelijk van de parkeerhoek en het toepassen van één- of tweerichtingsverkeer wordt zo de stramienmaat bepaald.

Een veel voorkomende maat is 16,0 m, zijnde de som van twee parkeervakken van 5,0 m plus een rijbaanbreedte van 6,0 m.

Worden de auto's onder een hoek geparkeerd dan kan de rijbaanbreedte worden verkleind. Afhankelijk van de beschikbare ruimte wordt deze afweging voor ieder project afzonderlijk gemaakt. Parkeren loodrecht op de rijbaan geeft in de meeste gevallen het grootste aantal plaatsen per m². In de NEN 2443 is een aantal grafieken opgenomen waarin de relatie tussen de verschillende maten is vastgelegd. De meest voorkomende breedte van de parkeervakken bedraagt 2,40 à 2,50 m. De stramienmaat wordt dan een veelvoud hiervan en bedraagt vaak 4,80 m tot 7,50m.

Een stallinggarage bij een kantoor die alleen door eigen personeel wordt gebruikt zal aan andere eisen moeten voldoen dan een garage bij een hoogwaardig winkelcentrum. Bij dagelijks gebruik ontstaat een gewenning waardoor met kleinere plaatsen en rijbaanbreedtes kan worden gewerkt. Daarnaast zorgen de ochtend- en avondspits voor piekbelastingen bij in- en uitrijden. Bij een winkelcentrum waar meubels voor zelfmontage worden verkocht zullen veel klanten met een karretje achter de auto verschijnen. Dit vraagt om grotere parkeervakken. Tevens is hier vaak een andere minimale vrije hoogte vereist. Ook zal de hele dag door verkeersactiviteit te zien zijn. In de NEN 2443 [11.2] wordt de minimale vrije hoogte van parkeergarages voorgeschreven. Op plaatsen die alleen bestemd zijn voor rijdend autoverkeer mag incidenteel (onder balken of leidingen) een vrije hoogte van ten minste 2,10 m worden toegepast.

De ruimten die voornamelijk door voetgangers worden betreden, moeten een vrije hoogte hebben van ten minste 2,30 m. Onder balken is een vrije hoogte van ten minste 2,20 m vereist. Een hoogte van ten minste 2,10 m is incidenteel geoorloofd ter plaatse van leidingen en andere voorwerpen die onder de constructie zijn aangebracht.

1.1.3 Belastingen

Voor de belastingen moet NEN 6702 [11.3] worden gehanteerd. De veranderlijke belasting voor parkeergarages voor voertuigen tot een gewicht van 25 kN bedraagt 2,0 kN/m².

Verder moeten de vloeren worden berekend op een puntlast van 10 kN op een willekeurige plaats op een oppervlak van 100 x 100 mm².

De puntlast is bedoeld voor een eventuele belasting ten gevolge van een krik. Veelal is de plaats van de kriklast net naast de voeg maatgevend voor de dekdikte en dekwapening, die gebruikelijk uit een enkel wapeningsnet bestaat.

De onderdelen van parkeergarages die aangereden kunnen worden moeten worden berekend op een aanrijdkracht van 90 kN. Voor de kolommen is dit in het algemeen geen probleem, maar vaak wel voor de aanwezige borstweringen en hekwerken. In de TGB [11.3] is onder art. 9.4.2 aangegeven hoe de botsbelasting mag worden gereduceerd indien er een energieabsorberend obstakel voor het beschouwde onderdeel aanwezig is of indien er vanaf de rijbaan nog met een remweg kan worden gerekend tot aan het aangrijpingspunt van de botsbelasting. Het voorschrift geeft aan dat de botsenergie van een voertuig na een remweg van 4,0 m geheel is gedissipeerd en er dus geen botsbelasting behoeft te worden gerekend.

11.1.4 Dynamische aspecten

In sommige gevallen is het van belang de dynamische eigenschappen van de vloeren te controleren volgens art. 10.5.2 van NEN 6702. De stijfheid van de vloer is hierbij maatgevend.

De eigenfrequentie kan worden bepaald volgens NEN 6720 [11.4] art. 8.6. Hierin is aangegeven dat de in rekening te brengen belasting bestaat uit het eigen gewicht van de vloer plus het momentane deel van de veranderlijke belasting.

De eigenfrequentie bedraagt dan [11.3]:

$$f_e = \sqrt{0,315 / \delta} \text{ [Hz] ; } \delta \text{ in m.}$$

De ondergrens voor de eigenfrequentie van vloeren die door personen worden belopen bedraagt 3 Hz. Voor TT-platen met een hoogte van 450 mm en een overspanning van 16,0 m bedraagt de eigenfrequentie circa 3 Hz.

In parkeergarages is het dynamisch gedrag van de vloeren uiteraard minder belangrijk dan in verblijfsruimten met een rustiger karakter zoals kantoren of een bibliotheek.

11.1.5 Vormgeving

Afhankelijk van de plaats van de garage en het gebruik zal de architect de maatvoering en vormgeving uitwerken. De vormgeving kan sterk verschillen. Vierkante, ronde, ovale of willekeurige andere kolomvormen.

Kanaalplaatvloeren of TT-vloeren.

Veel fabrikanten beschikken over standaardconcepten, die meestal gericht zijn op een economisch optimum. Vormgevers ontwerpen dan de algemene lay-out van de garage, de ingangspartij, de ligging van de hellingbanen en de gevels. Hierdoor kunnen standaardgarages tot individuele bouwwerken met een eigen karakter worden omgevormd.

Een aspect dat steeds meer aandacht krijgt is het veiligheidsgevoel. Halflege, galmende en slecht verlichte parkeergarages met veel grote kolommen en onverwachte nissen en openingen vormen vaak het decor in misdaadfilms.

In een voor parkeren ontworpen ruimte dient men zich veilig te voelen.

Met de juiste verlichting, grote kolomvrije overspanningen en overzichtelijke toegangswegen voor voetgangers kan veel worden verbeterd (foto's 11.007 t.m. 11.009).



Foto 11.007: Gevel parkeergarage Vervoerscentrum Amstelveen



Foto 11.008: Vervoerscentrum Amstelveen



Foto 11.009: Gevel parkeergarage Vervoerscentrum Amstelveen

11.1.6 Samenstellende onderdelen

Vloeren

De vloeren in garages hebben vaak een overspanning in de orde grootte van 16,0 m. De in rekening te brengen parkeerbelasting is relatief laag en bedraagt 2,0 kN/m².

Beton is hier het beste materiaal gebleken. In het verleden zijn vloeren voor parkeergarages vaak in het werk gestort. Echter om kolomvrije parkeervakken te creëren zijn zeer zware balkroostervloeren nodig. Voorgespannen prefab-betonvloeren blijken hier zeer goed te voldoen bij een beperkte constructiehoogte.

TT platen

TT-platen worden door verschillende fabrikanten geproduceerd.

De platen zijn opgebouwd uit twee ribben die aan de bovenzijde van een dunne flens zijn voorzien. De werkende breedte bedraagt meestal de breedte van één parkeervak en kan variëren van circa 2,40 m tot 2,70 m. De in parkeergarages toegepaste constructiehoogte voor deze platen bedraagt circa 450 mm. De massa van dit soort platen bedraagt circa 3,50 kN/m².

De platen worden altijd voorgespannen uitgevoerd. Hierdoor blijft de doorsnede in de gebruikstoestand ongescheurd waardoor de stijfheid tegen buiging niet wordt gereduceerd. De doorbuiging van TT-platen ten gevolge van de veranderlijke belasting is dan ook zeer gering. In de orde grootte van 10 mm. De platen zullen onder belasting ten gevolge van eigengewicht en voorspanning een opbuiging vertonen. Deze opbuiging bedraagt circa 30 mm tot 50 mm. Tijdens de montage kunnen eventuele toogverschillen worden beperkt door de platen te knevelen. Meestal wordt een maximaal verschil van 12 mm geaccepteerd. De TT-dekvloer, 80 mm dik, en de met kit afgewerkte voegen kunnen aan de eis van waterdichtheid voldoen.

Kanaalplaatvloeren

Een eveneens veel toegepast vloertype is de kanaalplaat. Voor de overspanning van 16,0 m is een plaat met een hoogte van 400 mm nodig. De massa van een 400 mm hoge plaat bedraagt circa 5,0 kN/m². Door de middenondersteuning een substantiële breedte te geven kan de overspanning worden gereduceerd zodat met een 320 mm plaathoogte kan worden volstaan.

De plaatbreedte bedraagt altijd 1200 mm. De bovenzijde van de platen is onafgewerkt zodat meestal een afwerklaag wordt toegepast. Deze kan in constructief beton worden uitgevoerd zodat een druklaag ontstaat die de stijfheid van de vloerconstructie gunstig beïnvloedt en tevens dienst kan doen voor het vormen van een schijf. Ook vanwege de vereiste waterdichtheid van de vloer wordt veelal een druklaag toegepast. De bovenschil is slechts 35 mm dik en dus niet waterdicht.

De voegdichting geschiedt met mortel of specie, maar de voeg is te breed om met een kitvulling af te dekken, zoals bij TT-platen gebruikelijk is.

Kanaalplaatvloeren zijn net als TT-platen voorgespannen en dus getoogd. Ook hier kunnen toegvershillen optreden.

Kolommen

Om tot een snelle montagemethode te komen en voor een economische constructie, worden de kolommen zo lang mogelijk gemaakt.

De constructiehoogte bedraagt circa 2700 tot 2800 mm, per verdieping. Hierbij kunnen kolommen over de hoogte van drie verdiepingen worden toegepast.

De kolommen worden in het algemeen voorzien van consoles voor de oplegging van de balken (foto 11.010).



Foto 11.010: Aansluitdetail sponningbalk-kolom

Tijdens de montage dient men rekening te houden met het uitbuigen van de kolommen onder excentrische belasting. Montagebedrijven houden op grond van ervaring rekening met dit effect door een initiële scheefstand van 10 à 15 mm aan te brengen.

De kolommen worden met de fundering verbonden door een stekverbinding. Afhankelijk van het stabiliteitsysteem dat wordt gehanteerd zal het aantal stekken 4 tot 8 stuks bedragen. De kolom is voorzien van omhullingbuizen.

De kolom wordt op hoogte gesteld en afgeschoord waarna de omhullingbuizen en de voeg onder de voet worden aangegoten. Er bestaan zeer tixotrope species die als een laag op de fundering kunnen worden aangebracht, waarna de kolom erop wordt geplaatst zonder noemenswaardige luchtinsluitingen.

De VBC geeft hiervoor de toe te passen reductiecoëfficiënten. Soms kan het lonend zijn om door middel van proeven op het werk de vullinggraad van de voeg vast te stellen en aan de hand hiervan de reductiecoëfficiënt te bepalen. Vervolgens worden de omhullingbuizen geïnjecteerd of aangegoten. Door de hoge kwaliteit en snelle verharding van de gietmortels kan de kolom vaak al na 24 uur worden belast. Voor de verbinding tussen balk en kolomconsole wordt meestal een stekanker toegepast.

Balken

Om de constructiehoogte zoveel mogelijk te beperken worden de balken meestal voorgespannen, maar ook een gewapende uitvoering is mogelijk. Bij een stramienmaat van 7200 mm is het verschil in constructiehoogte tussen voorgespannen en gewapende balken in de orde grootte van 150 mm. Vooral bij een stramienmaat van 4800 mm kan de balkhoogte zodanig worden beperkt dat de balkrib minder dan 100 mm onder de vloerconstructie uitsteekt en daardoor niet maatgevend is voor de constructiehoogte. In de gevel worden de balken soms geïntegreerd met een borstwering. In dat geval is de constructiehoogte zodanig dat het element gewapend kan worden uitgevoerd. In de kopgevel worden smalle balken toegepast met een lengte van circa 15,5 m. Omdat hierop vaak een hekwerk wordt geplaatst wordt de weerstand tegen torsie vergroot door koppeling aan de rib van de naastliggende TT-plaat.

Wanden

Het gebruik van wanden in garages is veelal beperkt tot stabiliteitswanden en liftkernen. In het geval van stabiliteitswanden worden deze tevens gebruikt voor het dragen van de vloeren. Dit heeft als voordeel dat de wanden een normaal-kracht krijgen waardoor trekspanningen in de aansluiting van de wand en fundering geheel of gedeeltelijk 'weggedrukt' worden. De vorm van de wanden kan vrij gecompliceerd worden door aan te storten consoles aan weerszijden van de wand op verschillende hoogtes. In het geval van een hellingbaangarage verlopen de consoles ook per zijde.

Hellingbanen

Geïntegreerd

In split-level garages kunnen de hellingen worden uitgevoerd in geknikte TT-platen (zie foto 11.006). De geknikte platen worden eveneens voorgespannen uitgevoerd.

De overgang van de ene naar de andere vloer vindt plaats via een korte hellingbaan van circa 10 m lengte. Dit is precies de lengte van twee parkeer-vakken. De geknikte TT-platen overspannen 16,0 m en behoeven geen tussen-ondersteuning. Hierdoor kunnen kolomplaatsingen halverwege de vakken worden voorkomen. In vlakke-vloergarages moet de totale verdiepingshoogte in één keer worden overwonnen. Het maximale hellingspercentage bedraagt circa 15 %. Hierdoor wordt de lengte van de hellingbaan circa 7 maal de verdiepingshoogte. Het standaard stramien wordt hierdoor onderbroken. Vaak zijn extra kolommen noodzakelijk.

Externe hellingbanen

Deze komen alleen voor bij vlakke-vloergarages. De hellingbanen worden recht of als spiraal uitgevoerd. Ook de spiraalvormige hellingbanen kunnen in prefab beton worden uitgevoerd. De exacte oplossing zal voor iedere individuele garage opnieuw moeten worden bepaald.

Gevels

De gevels van parkeergarages worden in het algemeen als open gevel uitgevoerd. Hierdoor wordt voorkomen dat de garage geforceerd moet worden geventileerd. Dit scheelt aanzienlijk op de exploitatiekosten.

De invulling van de gevel is in het algemeen bouwkundig. In sommige gevallen wordt de garage afgewerkt met metselwerk of met constructieglas (foto's 11.011 en 11.012). Indien geen speciale eisen worden gesteld door de omgeving wordt er vaak geen afwerking toegepast (foto 11.013). Zoals reeds eerder opgemerkt kan een eventuele borstwering worden geïntegreerd met de gevelbalk.



Foto 11.011: Vliesgevel parkeergarage Leeuwarden



Foto 11.012: Vliesgevel



Foto 11.013: Frame vliesgevel

11.1.7 Stabiliteit

De stabiliteit van parkeergarages wordt verzorgd door in de fundering ingeklemde kolommen of door speciale stabiliteitsvoorzieningen in combinatie met schijfwerking van de vloeren. Globaal gesproken kan de stabiliteit van een garage tot een hoogte van drie verdiepingen met behulp van ingeklemde kolommen worden geregeld. Bij meer verdiepingen worden de vervormingen te groot en neemt bovendien het tweede-orde-effect op de fundering sterk toe. De kolomdoorsnede wordt groter dan $500 \times 400 \text{ mm}^2$.

Schijfwerking vloeren

Indien van stabiliteitselementen gebruik wordt gemaakt moeten de vloeren de optredende horizontale belastingen naar deze elementen afvoeren. Hiertoe moeten de vloeren zodanig worden uitgevoerd dat ze als schijf kunnen fungeren. Om de losse vloerelementen tot een schijf te formeren worden ze onderling gekoppeld. Voor de koppeling van TT-platen worden laskoppelingen of geboute koppelingen gebruikt (foto's 11.014 en 11.015). Ook worden gewapende opstortingen toegepast, die dienen als trekband.



Foto 11.014: Trekbandkoppeling



Foto 11.015: Trekbandkoppeling; waterafvoer door middenbalk

Kanaalplaten worden via kopsleuven en hamerkopsparingen of via een constructieve druklaag gekoppeld tot een schijf. De schijf kan de horizontale belasting uit de gevel en remkrachten naar de stabiliteitselementen afvoeren.

Verticale stabiliserende elementen

De stabiliserende elementen kunnen bestaan uit betonwanden of uit een staalconstructie (foto's 11.016 t.m. 11.018). Indien er verder geen wanden in de garage voorkomen is het vaak economisch aantrekkelijker geen betonwanden te introduceren en derhalve te kiezen voor een staalconstructie.

De meest eenvoudige uitvoering is het aanbrengen van een kruisverband tussen de kolommen. Bij een iets ruimer budget kunnen koker- of buisprofielen worden gekozen waarmee een uit architectonisch oogpunt aantrekkelijker constructie kan worden gerealiseerd.



Foto 11.016: Stalen stabiliteitsverband



Foto 11.017: Stalen stabiliteitsverband



Foto 11.018: Stabiliteitswand

Temperatuur

Door de bestraling van de zon kan de temperatuur van de bovenste vloer sterk verschillen van de onderliggende. Hierdoor ontstaan uitzettingsverschillen die momenten opwekken in de kolommen tussen de twee vloeren. In sommige gevallen wordt de bovenste vloer los op de balken gelegd teneinde dit effect te elimineren. De kolommen kragen dan uit vanuit het niveau van de onderliggende vloer. In het algemeen zijn de momenten die in de kolommen optreden ten gevolge van wind ondergeschikt. De onderliggende vloer wordt wel zwaarder aangesproken op schijfwerking omdat de belasting van de bovenliggende vloer via deze schijf naar de stabiliserende elementen moet worden afgevoerd.

11.1.8 Afwerking vloeren

Kanaalplaten

Kanaalplaten hebben door hun wijze van produceren een wat ruwe oppervlakte-structuur. Daarnaast is er een eis van waterdichtheid. Dit zijn in de meeste gevallen redenen om een afwerklaag aan te brengen welke in sommige gevallen als gevulde druklaag wordt uitgevoerd.

De vloer met een gewapende druklaag kan dan tevens dienst doen als schijf.

TT-platen

De vloeren kunnen op verschillende manieren worden afgewerkt. De vloeren kunnen worden geschuurd, gebezemd of gevulde. Afhankelijk van de wensen van de opdrachtgever wordt één van genoemde afwerksystemen gekozen. Wil men belijningen aanbrengen dan heeft een gevulde vloer die niet spiegelglad is geschuurd vaak de voorkeur. Wil men een wat ruwere vloer dan wordt een bezemstreek in dwarsrichting van de vloer aangebracht.

11.1.9 Voegen

Afhankelijk van het stabiliteitssysteem worden aan de voegen wel of niet constructieve eisen gesteld. Als de vloer als schijf moet werken moeten de voegen drukspanningen en schuifspanningen overbrengen. In CUR rapport 136 zijn de mechanismen voor de verschillende vormen van krachtsoverdracht beschreven. Afhankelijk van de dwarskrachtslankheid van de schijf moeten de voegen eventueel van schuifdeuvels of een profilering worden voorzien. De voegen tussen de kanaalplaten worden gevuld met een betonspecie. Bij TT-platen worden de voegen gevuld met een gietmortel waarna deze worden voorzien van een afsluitende kitvoeg (zie foto 11.014).

11.1.10 Waterafvoer

De parkeerdekken dienen altijd van een goede waterafvoer te worden voorzien. Indien er water blijft staan is er eerder kans op een lek in de voeg. Het lekwater is in de meeste gevallen verzadigd met kalk en kan dan schade veroorzaken aan geparkeerde auto's. De detaillering rondom inwendige hellingbanen is in dit opzicht eveneens van belang.

Bij toepassing van TT-platen kan worden volstaan met de toog die de platen door de voorspanning krijgen. De opbuiging van de platen in het midden bedraagt circa 40 mm. De hoekverdraaiing van de plaat bij de oplegging bedraagt circa 1,5%.

Indien men de platen in zijn geheel onder afschot zou willen leggen moet dus minimaal een afschot van 1,5% worden toegepast om de oplegging aan de hoge zijde vlak te leggen. Om ook hier afschot te krijgen zou het afschot in de orde grootte van 2% moeten bedragen.

11.2 ONDERGRONDSE PARKEERGARAGES

In de binnensteden is steeds minder ruimte om bovengrondse garages te kunnen bouwen. Men ziet hier een sterke ontwikkeling in de richting van ondergrondse garages. Alles wat gezegd is voor bovengrondse garages geldt in grote lijnen ook voor ondergrondse garages.

Bijzondere aspecten zijn natuurlijk de belasting uit gronddruk en het grondwater. Op het maaiveld moet rekening worden gehouden met een belasting uit gronddekking en verkeersbelasting. In veel gevallen wordt een verkeersklasse 45 geëist, waardoor het dek het karakter krijgt van een brugdek.

In het algemeen zal de wand van de garage uit een betonnen of stalen damwand worden samengesteld of uit een ter plaatse gestorte diepwand.

Een bijzondere vorm van een ondergrondse garage is een cirkelvorm.

Bij een recent project is de parkeervloer als een spiraal uitgevoerd.

In het midden is een kleinere spiraal ingericht als uitrit.

In de bijlagen worden twee ondergrondse parkeergarages behandeld, te weten:

- spiraalparkeergarage onder de Ossenmarkt te Groningen (bijlage 11 - I);
- parkeergarage onder het Museumplein te Amsterdam (bijlage 11 - IV en V).

Parkeergarage Ossenmarkt te Groningen

In Groningen is een ondergrondse garage gerealiseerd in een ronde vorm (foto's 11.019 t.m. 11.021).

Er bestond de behoefte om het bovengrondse parkeren op het plein van de Ossenmarkt te laten vervallen. Tevens is men in Groningen bezig in het kader van een autoluwe c.q. autovrije binnenstad om langs de periferie van het centrum een aantal parkeerplaatsen te creëren in zowel ondergrondse als bovengrondse parkeergarages.

Voor de Ossenmarkt is een aantal aannemers uitgenodigd een plan te maken voor een ondergrondse parkeergarage voor circa 400 auto's. Door Ballast Nedam is een plan ingediend voor een ronde garage dat op basis van kosten als meest gunstig is beoordeeld. Het betreft een ronde ondergrondse garage met een diameter van 56 m.



Foto 11.019: Inrit parkeergarage Ossenmarkt Groningen



Foto 11.020: Pleindragende vloer op kolommen

De constructie bestaat in hoofdzaak uit:

- buitenwand;
- garagevloer;
- parkeervloeren;
- hellingbanen;
- verticale dragers;
- dekconstructie.



Foto 11.021: Spiraalvormige hellingbaan

Buitenwand

De wand van de garage wordt gevormd door een diepwandconstructie. Dit is een in de grond gevormde betonnen wand. De wand heeft een dikte van 800 mm. De wand wordt gevormd door met een grijper grond uit te graven over de gewenste breedte en over een lengte van circa 2,5 m; het zo gevormde gat wordt gestabiliseerd door een steunvloeistof van water met daarin bentoniet. Hierdoor ontstaat een vloeistof zwaarder dan water die in staat is het gat tegen instorten te behoeden. Aan de zijkanten van het gat worden buizen geplaatst die na het storten van het beton worden getrokken. Hierdoor ontstaat een halfronde holle beëindiging van het paneel. In het gat wordt een geprefabriceerde wapeningskorf geplaatst. Door een stortpijp wordt vervolgens het beton in het gat gestort. Het eind van de stortpijp blijft hierbij onder het betonoppervlak om insluitingen van grond of bentoniet te voorkomen. Het volgende paneel wordt op een afstand van één paneelbreedte gemaakt. Daarna wordt het tussenliggende paneel gemaakt.

Garagevloer

De onderste vloer is niet voorzien van een betonnen constructievloer. De garage is uitgevoerd volgens het polderprincipe. Dit betekent dat er een natuurlijke waterafsluitende grondlaag aanwezig is die in staat is de waterdruk die ontstaat door het grondwater te keren. In dit geval bestaat deze laag uit een potkleilaag. Deze laag is zeer waterdicht en zo dik dat de waterdruk kan worden gekeerd. Een eigenschap van potklei is dat deze door grote bovenbelasting in de ijstijd sterk is samengedrukt. Door de ontgraving wordt de laag ontlast waardoor er in de loop van de tijd een aanzienlijke zwel wordt verwacht. Bij het ontwerp van de prefab constructie is met het stijgen van de bodem rekening gehouden. De kolommen zijn op stalen pootjes geplaatst (foto 11.022).

De kolommen kunnen met behulp van vijzels worden opgevangen waarna de pootjes kunnen worden ingekort. Per vijzelslag kan men de kolommen 5 mm laten zakken. Om deze bewegingen mogelijk te maken zijn in de constructie tal van scharnieren ingebouwd.



Foto 11.022: Montage 15 m lange kolommen

Parkeervloer

In het oorspronkelijke ontwerp is uitgegaan van vlakke rondlopende parkeervloeren. Tijdens de uitwerking van het project is gekozen voor een rondlopende vloer onder een helling. Hierdoor ontstaat een spiraal. De spiraal loopt 4,5 spoed naar beneden. Bij het binnenrijden over de spiraal passeert men automatisch alle parkeerplaatsen, waardoor het zoeken naar een plaats zeer efficiënt verloopt (foto 11.023).

De parkeervloer bestaat uit twee rijen parkeervakken aan de buitenzijden met daartussen de rijbaan. De parkeervloer is opgebouwd uit TT-platen. De platen zijn in de lengterichting taps en getordeerd om de spiraal te kunnen maken. Om hoogte te besparen is de constructiehoogte van de TT-platen beperkt tot 400 mm.

Hellingbanen

De hellingbanen vormen eveneens een spiraal. Deze ligt binnen de spiraal van de parkeervloer, in hetzelfde vlak als de parkeervloer. Om de garage uit te rijden dient men deze helling dus in tegengestelde richting te berijden. Deze spiraal heeft een binnendiameter van circa 11 m en een buitendiameter van circa 22 m.

De vloer is opgebouwd uit massieve platen. Ook deze platen zijn taps en getordeerd. Om de afmeting van de platen te beperken is een dun driehoekig vulelement ontworpen.

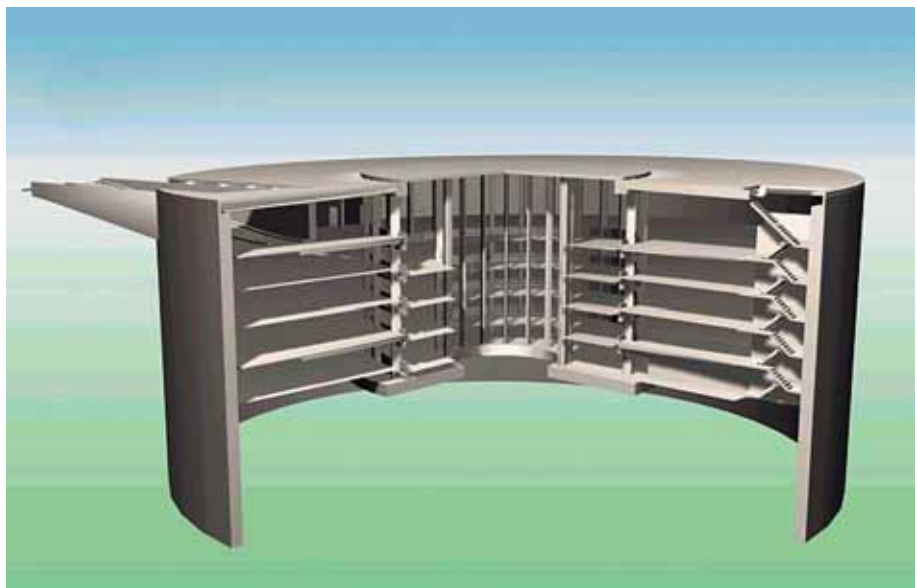


Foto 11.023: Doorsnede parkeergarage Ossenmarkt

Verdiepingshoogte

De verdiepingshoogte is zoveel mogelijk beperkt om de uitgraving zo gering mogelijk te maken. Om dit te bereiken zijn alle dragende elementen in de vloeren zo slank mogelijk uitgevoerd.

Verticale dragers

Aan de buitenzijde worden de vloeren gedragen door aan de diepwand aangestorte consoles. Aan de binnenzijde van de parkeervloer staan kolommen met daaraan geïntegreerde balkelementen (foto 11.024).



Foto 11.024: Geïntegreerde kolom/balk

De kolommen bestaan uit één stuk over de gehele hoogte van de garage. Uit architectonische overwegingen zijn de kolommen zeer bijzonder vormgegeven. De doorsnede is een tapse afgeronde vorm (zie foto 11.022). Langs de binnencirkel van de hellingbaan staan eveneens kolommen uit één stuk. Deze kolommen zijn relatief licht belast en kunnen daarom zeer slank worden uitgevoerd. De kolommen zijn voorzien van consoles voor de oplegging van de hellingbaanplaten.

Dekconstructie

De dekconstructie moet geschikt zijn voor het dragen van voertuigen van verkeersklasse 45 en een grondpakket van 250 mm met bestrating. Er is gekozen voor brugliggers van het type 'omgekeerde T' met een in het werk gestorte druklaag. De druklaag is opgebouwd uit prefab bekistingplaten met een in het werk gestorte afwerking.

Uit bovenstaande project blijkt dat ook ingewikkelde elementen goed in geprefabriceerd beton zijn te maken mits van enige seriegrootte sprake is. De integratie van elementen, zoals hier kolommen en balken, kan tot efficiënte oplossingen leiden. Prefab beton kan voordelen hebben ten opzichte van in het werk gestort beton indien vervormingen van de ondergrond moeten worden gevolgd. De opbouw uit losse elementen maakt rotatie in de opleggingen mogelijk.

Parkeergarage Museumplein Amsterdam

Foto 11.025: Tweelaagse, ondergrondse parkeergarage



Foto 11.026: Op de eerste laag is tevens een supermarkt gerealiseerd



Foto 11.027: Balk met verzwaarde stroken om de overspanning van de kanaalplaten te reduceren

Architectuur & ontwerp
Utiliteitsbouw

Parkeergarage Ossenmarkt Groningen

GENIALE EENVOUD

Egbert Koster



Spiraal in aanbouw

Fotografie:

Studio Sphinx, Groningen

In de parkeergarage onder de Ossenmarkt in Groningen vallen functie, constructie en verschijningsvorm op voorbeeldige wijze met elkaar samen in een even heldere als geniale 'wokkel'-vorm. Hellingbanen, rijstroken en parkeervakken zijn ruimtelijk en constructief volledig met elkaar geïntegreerd tot een grote, spiraalsgewijs omlaaglopende rij-/parkeervloer. Behalve helder, compact en overzichtelijk is de ondergrondse garage ook zeer gebruiksvriendelijk door de schuine, kolomvrije steekhavens en de strikte scheiding van in- en uitgaand verkeer.

De auto is niet meer weg te denken uit onze samenleving.

Door het almaar toenemend bezit en groeiend gebruik ervan wordt echter wel een enorm beslag gelegd op de openbare ruimte, en dat niet alleen in de vorm van weginfrastructuur: elke autorit begint en eindigt namelijk op een parkeerplaats en voor elke auto zijn momenteel in ons land ongeveer drie parkeerplaatsen beschikbaar. In die groeiende parkeerbehoefte kan vooral in de stedelijke gebieden allang niet meer alleen op straatniveau worden voorzien. Her en der verrijzen steeds meer parkeergarages boven- en ondergronds en in de komende jaren worden er nog veel meer bijgebouwd.

In feite hebben we te maken met twee tegengestelde ontwikkelingen. Enerzijds is er de toenemende verkeersdruk en daarmee ook een groeiende parkeerbehoefte, anderzijds past het niet meer in deze tijd om de auto lukraak te stallen of te parkeren waar de automobilist dat het liefst heeft. Parkeren maakt daarom tegenwoordig integraal deel uit van stadsontwikkelingsplannen. Geen bouwplan zonder de vraag: Wat doen we met het parkeren? Steeds vaker worden woon-, winkel- en kantoorcomplexen compleet met parkeervoorzieningen ontworpen. Gemeenten zien inmiddels niet alleen de noodzaak in van het hebben van een integraal parkeerbeleid, ze zijn tevens tot de conclusie gekomen dat bij het uitvoeren van dat beleid de hulp van specialisten onontbeerlijk is. Organisaties als Parkeermanagement Nederland (PMN) en Q-park bieden pasklare oplossingen voor onder meer financiering, exploitatie en management van parkeergarages. En investeringsmaatschappijen hebben de parkeergarage als lucratief beleggingsobject ontdekt. De parkeermarkt kan voor hen interessant zijn, vooral als gemeenten een nog restrictiever openbaar parkeerbeleid gaan voeren. Bij een groeiende schaarste aan parkeerruimte op straatniveau kunnen de tarieven in parkeergarages namelijk gemakkelijk omhoog, waardoor de exploitatie winstgevend kan worden.

Ketenmobiliteit

Effectief parkeerbeleid begint bij het begrip mobiliteit. Mobiliteit betekent voor het individu vrijheid en ontplooiing. De auto sluit goed aan op dit ideaal, maar het massale gebruik veroorzaakt grote overlast. Openbaar vervoer biedt maatschappelijke voordelen, maar sluit minder goed aan op die individuele mobiliteitsbehoefte. Ondanks pogingen het openbaar vervoer aantrekkelijker te maken, blijft de automobilist 'hardnekkig' in zijn auto zitten.

Volgens de meest recente inzichten ligt de oplossing van het parkeer- en fileprobleem dan ook in combinaties van beide vormen van vervoer. Door afzonderlijke vervoerswijzen zoals auto, openbaar vervoer en fiets te combineren, kan de mobiele mens steeds optimaler zijn route plannen. Parkeren is één van de essentiële schakels in die mobiliteitsketen. Om ketenmobiliteit tot een succes te maken, zijn veel op- en overstappunten noodzakelijk, die snel bereikbaar en gebruikersvriendelijk zijn. Maar ook is veel, dynamische en snel toegankelijke informatie nodig over zaken als vertrek- en aankomsttijden, routes, vervoerswijzen, alternatieven en kosten.

Het begin van ketenmobiliteit ligt voor de automobilist bij de staart van de file. Omdat die file overal kan staan, moeten er dus ook overal overstappun-



(boven) Ossenmarkt met massieve 'glasdruppels' en op de achtergrond de hoofd- in- en uitgang voor voetgangers
(links) Onderzijde garage-dak met daarin opgenomen negen 'glasdruppels' annex daklichten
(onder) De in de kade van Het Diep geïntegreerde hoofd- in- en uitgang voor voetgangers



Architectuur & ontwerp
Utiliteitsbouw



ten naar ketenmobiliteit zijn. Figuur 3 laat een piramide van overstappunten zien, met veel kleinschalige en weinig grootschalige overstappunten. Kleinschalige overstappunten zijn bijvoorbeeld bushaltes met vijftig parkeerplaatsen erbij. Zeer grote, multimodale overstappunten (foto 4), met wellicht duizenden parkeerplaatsen en met veel aansluitingen op het openbaar vervoer, zullen er maar weinig zijn. Parkeergarages bevinden zich in het midden van deze piramide. Momenteel zijn er

Kolomvrije rij-/parkeervloer met door middel van zwarte vlakken aangegeven parkeervakken



circa 350 openbare parkeergarages in Nederland. Naar verwachting zullen dat er over tien jaar ongeveer 500 zijn.

Kosten en baten

Met het opzetten van parkeergarages zijn forse investeringen gemoeid. Vooral de grond- en bouwkosten kunnen hoog oplopen. Daarbij zijn de inrichtingseisen alleen maar strenger geworden. Veel locaties vereisen bovendien kostbaar toezicht. Daartegenover staan natuurlijk inkomsten. In bezetting kennen parkeergarages echter pieken en dalen. Als de gemiddelde bezettingsgraad veel lager uitkomt dan de maximaal mogelijke, is het twijfelachtig of de capaciteit moet worden afgestemd op die pieken. Ook maakt het nogal wat uit of een parkeergarage wordt gebruikt voor woon-werkverkeer (dagstalling met piekbelasting bij in- en uitrijden) of voor winkelbezoek (korte stallingsmomenten met veel wisselende gebruikers). Of door dagjesmensen bij recreatieve bestemmingen.

Een parkeergarage is winstgevend te exploiteren bij een minimale omvang van 350 à 400 plaatsen. Maar om te komen tot een hoge gemiddelde bezettingsgraad, is kennis van en begrip voor wat de automobilist beweegt, onontbeerlijk. Waarom bij-

voorbeeld kent bijna elke stad op zaterdag rijen auto's voor een bepaalde parkeergarage, terwijl er in de omgeving vele plekken vrij zijn?

Met de toename van het aantal parkeergarages zal de onderlinge concurrentie alleen nog maar groter worden. Een parkeergarage moet daarom ook meer zijn dan slechts een autostalling. Het (weliswaar kortstondige) verblijf moet zo aantrekkelijk mogelijk zijn en gaat verder dan het ophangen van een frisdrank-automaat.

De belangrijkste factoren die het succes van een parkeergarage bepalen, zijn:

- locatie (voor zeventig procent bepalend voor het commerciële succes!): goed bereikbaar enerzijds, maar ook nabij voorzieningen en met een adequaat parkeer-geleidesysteem;
- prijs: afgestemd op het gemeentelijk beleid, op de aard van het gebruik en op de wensen van de parkeerconsument;
- veiligheid: zowel voor het voertuig als voor de consument;
- bijkomende service: zoals een stadsplattegrond of een telefooncel.

Versrijningsvormen

Het weren van de auto uit het straatbeeld heeft niet alleen gevolgen voor de ontwikkeling van kantoor- en winkelprojecten. Ook bij het ontwerpen van binnenstedelijke woningbouwcomplexen wordt de oplossing van het parkeerprobleem al regelmatig in pandig gezocht. De noodzakelijke parkeerruimte bevindt zich meestal onder of boven het woongedeelte (foto 5); een enkele keer ernaast. Deze combinatie van gebruiksdoeleinden zorgt overigens in de bouwkundige uitwerking voor extra aandacht wat betreft de afstemming tussen de verschillende bouwmethodieken, die vaak verschillende raster-



Uitrit van parkeervloer naar de retourbaan met tegengestelde rijrichting

Projectgegevens

opdrachtgever/initiatiefnemer: Gemeente Groningen
eigenaar/exploitant: Q-park, Maastricht
constructief ontwerp: Ballast Nedam Engineering / Haitsma Prefab Beton
bouwkundig ontwerp: OLGA Architecten, Groningen (Jan C. de Graaf)
hoofdaannemer: Ballast Nedam Beton en Waterbouw, Groningen
onderaannemer: Haitsma Prefab Beton, Maarsse/Kootstertille

Bouwkosten: f 22 miljoen excl. BTW

maten hanteren, en de functionele randvoorwaarden.

Gestandaardiseerde systemen voor parkeergarages zijn er al sinds het begin van de jaren zeventig. Aan het principe daarvan is sindsdien niet veel gewijzigd. Nog altijd bestaat een (bovengrondse) parkeergarage voornamelijk uit kolommen, balken, vloerplaten en op- en afritten, meestal geordend in een rechthoekig stramienpatroon.

De 'binnenring' met retourbaan en vide



Architectuur & ontwerp
Utiliteitsbouw

Innovatief parkeerdek Ikea Amsterdam via design & build-contract

DE TOELEVERANCIER ALS SPECIALIST

Frans Oremus



In korte tijd kreeg de Ikea-vestiging in Amsterdam er met dit parkeerdek ruim driehonderd parkeerplaatsen bij

foto's: Klaas Laan, Hoorn

Een innovatief ontwerp dat weinig overlast veroorzaakt, snel gerealiseerd kan worden en economisch concurrerend is. Dat was, in het kort, het programma van eisen van meubelgigant Ikea bij de bouw van een parkeerdek boven op het bestaande parkeerterrein voor haar vestiging in Amsterdam. In een selectieprocedure bleek Hurks Beton de beste oplossing te offren: een parkeerdek waarbij de heipalen tevens als kolommen dienen.

Het principe is even simpel als doeltreffend. In plaats van apart gefundeerde kolommen te gebruiken kwam Hurks met het idee de heipalen voor dit parkeerdek niet helemaal in de grond te laten zakken, maar ze zoveel boven de grond uit te laten steken dat ze tevens als kolommen dienen waarop het parkeerdek direct kan worden aangebracht.

Winst is dat op een relatief simpele manier een extra laag op het bestaande parkeerterrein kan worden aangebracht. Dit was nodig omdat Ikea haar vestiging op deze locatie wilde uitbreiden van 20 000 naar 30 000 m², waardoor tevens extra parkeerterruimte nodig was.

In totaal ontstonden met de bouw van het parkeerdek ruim driehonderd extra parkeerplaatsen, zonder dat het hieronder gelegen parkeerterrein op de schop behoefde te worden genomen. In feite behoefden er uitsluitend gaten in het asfalt te worden gemaakt op de plaatsen waar de heipalen de grond in zouden gaan. Via deze openingen werden de prefab heipalen - annex kolommen - de grond in geslagen en kon vervolgens het dek worden aangebracht.

Gunstige grondslag

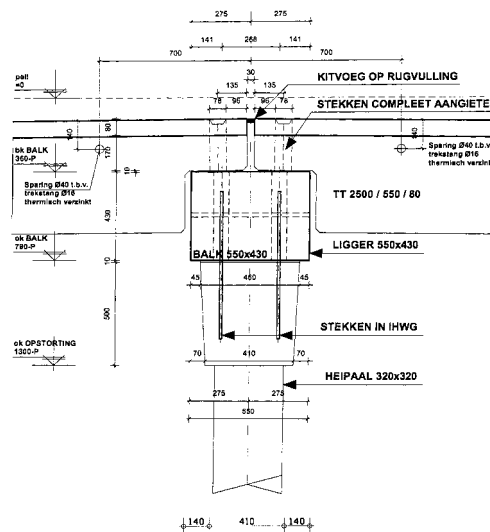
Dat deze techniek nog maar mondjesmaat is ingezet – Hurks paste het concept één keer eerder toe bij een parkeerdek in Leidschendam - heeft alles te maken met het feit dat heipalen doorgaans niet recht de grond in gaan, waardoor een scheefstaande kolommenrij kan ontstaan, wat met name uit esthetisch oogpunt niet gewenst is. Hurks durfde echter de afgesproken marge van 20 millimeter die de kolommen uit het lood mochten staan (tegenover de gangbare 50 millimeter als constructieve marge) wel aan. De gunstige grondslag (zand met daaronder veen) en een sterke geleiding van de palen langs de asfaltlaag zorgden er voor dat de esthetische marge werd gehaald. Met het blote oog was geen scheefstand waarneembaar. Met de opdrachtgever was overigens vooraf afgesproken dat elke heipaal die niet aan de tolerantie voldeed, opnieuw geslagen zou worden of dat optische maatregelen zouden worden genomen.

De in totaal zeventig prefab heipalen hebben een lengte van 12 meter, waarvan de bovenste 2 meter als kolommen fungeren. In de bovenste 4 meter van de palen werd extra wapening aangebracht om horizontale krachten op te kunnen vangen. Daarnaast werd het zichtbare deel van de palen mooier afgewerkt dan het gedeelte dat de grond in gaat, en werd de paal/kolom tevens voorzien van een vellingrand.

Tegelijk ontwikkelen en bouwen

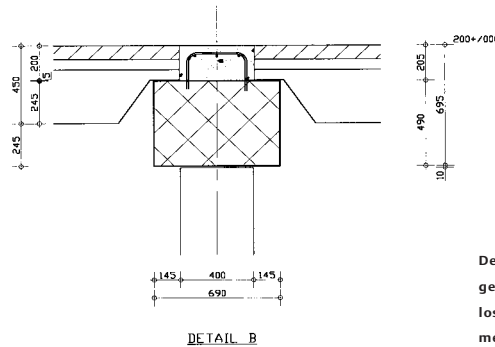
Hurks Beton was overigens niet de enige die een oplossing indiende voor het parkeerdek van de Amsterdamse Ikea-vestiging. De Zweedse meubelverkooper was op zoek naar een turn key-oplossing voor zijn parkeerprobleem in Amsterdam en nodigde - via de Brink Groep als bouwmanager - vijf bedrijven uit om een ontwerp te maken. Het ging om toeleverende bedrijven uit de betonindustrie (naast Hurks Beton werden Haitsma, Betonson en Spanbeton aangezocht) en één staalbouwer (Nedpark Parkingsystems).

“Deze werkwijze is vrij ongebruikelijk, maar wel doeltreffend”, zo stelt projectleider H. Smits van de Brink Groep in Eindhoven. “In Nederland zijn wij het niet zo gewend om turn key-oplossingen in te kopen van toeleverende bedrijven. Het zegt veel over de werkwijze van Ikea, die gewend is om één en hetzelfde project tegelijk te ontwikkelen en te bouwen. Als bouwmanager voor Ikea in Nederland krijgen wij voor nieuw te bouwen vestigingen, rechtstreeks uit Zweden, zeer globale schetsen en een ‘store order’ (het aantal neer te zetten vierkante meters) aangeleverd. Dit basisontwerp gaan wij vervolgens uitwerken, waarna de ruwbouw meteen wordt aanbesteed. Er is nooit sprake van een hoofdaannemer. Alle op zichzelf staande werken in de



Het principe van de Hurks-oplossing: uit de grond uitstekende heipalen, waarop een oplegblok is gestort, waar balken en TT-platen op rusten

Principedetail over de middenbalk zoals gerealiseerd



De door Spanbeton voorgestelde traditionele oplossing, met prefab kolommen, balken en TT-platen

Architectuur & ontwerp
Utiliteitsbouw



Randoplegging van het innovatieve parkeerdek

bouw en afbouw worden apart aanbesteed. Het doel hiervan is steeds de optimale oplossing te krijgen en innovaties te stimuleren.

In het geval van het parkeerdek in Amsterdam hebben we voor een design & build-constructie gekozen. Aan de hand van een functioneel programma van eisen werden de vijf bedrijven gevraagd een schetsontwerp in te dienen. Aanvankelijk hadden we verwacht dat de staalbouwer met de goedkoopste oplossing zou komen, maar dat bleek niet het geval te zijn. De betonbouwers Betonson en Haitsma haakten af toen Ikea om een aangepast ontwerp vroeg nadat was besloten dat de winkel groter zou worden dan aanvankelijk werd aangenomen, waardoor ook het aantal parkeerhavens naventant zou stijgen. Vervolgens bleven Spanbeton en Hurks over met twee betonontwerpen, allebei op een andere manier ingevuld. De keuze viel op Hurks vanwege de innovatie in het ontwerp, maar ook omdat goed werd geanticipeerd op het programma van eisen en omdat het prijstechnisch interessant was. In het ontwerp was niet alleen tot in detail nagedacht over de esthetiek, maar ook over de beveiliging, de opritten en de hemelwaterafvoer. Daarnaast was het concept van Hurks al een keer beproefd.”

Risico's

Hoewel het voor de bouwmanager in zekere zin gemakkelijk is wanneer de toeleverancier optreedt als turn key-aannemer, is het volgens Smits wel zaak om alert te blijven. “Als eindverantwoordelijke moet je de uitvoering nauwlettend blijven volgen.

Er kleeft een risico aan het werken met een puur functioneel opgesteld programma van eisen. Wanneer het gaten vertoont zit je als eindverantwoordelijke met de stukken. De kennis van hoe een innovatieve oplossing zich precies gedraagt, heb je nooit vooraf. In dit project bleek de innovatie ruimschoots aan de verwachtingen te voldoen.

Iets wat we niet hadden voorzien - omdat gewerkt werd vanuit een niet-gedetailleerd schetsontwerp - was dat de verhouding tussen de vangrail en het omringende hek op het parkeerdek zodanig was, dat wanneer een kind op de vangrail zou staan, het vrij gemakkelijk over het hek zou kunnen klimmen. Om veiligheidsredenen moest dat worden aangepast. De meerkosten kwamen voor rekening van de opdrachtgever. Dat zijn risico's die je loopt bij een functionele aanbesteding. Buiten dit incident is de winst bij deze manier van werken groot, zowel financieel als functioneel.

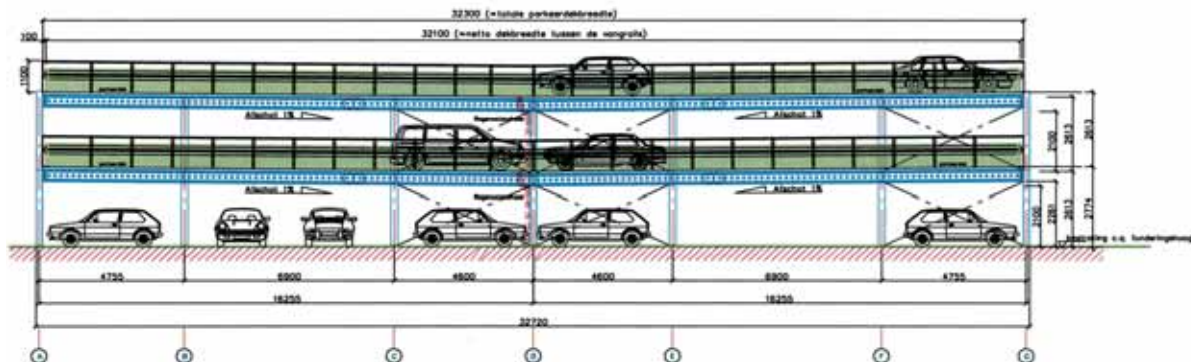
Het viel ons bijvoorbeeld op dat de toeleverende industrie goed in staat bleek in te spelen op de vraag haar creativiteit en innovatief vermogen in te zetten, ondanks het feit dat daar nog weinig gebruik van wordt gemaakt. Je ziet ook dat de meeste bedrijven nog niet helemaal geëquipeerd zijn hun eigen innovaties te vertalen in concrete ontwerpen. Een aanbestedingsronde als deze betekent een duwtje in de rug om bedrijven te stimuleren daar verder in te investeren. Als Brink Groep zien wij als voorzichtige trend voor de toekomst dat de toeleverancier vaker turn key-projecten op gaat leveren met een grotere eigen inbreng. In die zin leren we veel van de ervaring die wij via Ikea opdoen met deze manier van werken.”

Toeleverancier als specialist

Het toebedelen aan een toeleverancier van een rol als penvoerder voor (deel)projecten is ook volgens ir. J. Bertels een opkomende trend. Bertels was directeur van Hurks Beton ten tijde van de aanbesteding van het parkeerdek, en inmiddels zelfstandig ondernemer. Bertels: “Wanneer een werk voor meer dan tweederde bestaat uit prefab betononderdelen is het eigenlijk niet meer dan logisch dat de specialistische toeleverancier een belangrijke rol krijgt toebedeeld. Hurks heeft veel kennis in huis, omdat het bedrijf zijn engineeringafdeling heeft gekoppeld aan de fabriek. Alleen op die manier kun je overigens maatwerk leveren. Toeleverende bedrijven die het tekenwerk uitbesteden hebben al gauw een achterstand in innovatieve slagkracht.”

De opdracht voor het parkeerdek in Amsterdam heeft twee vervolgoopdrachten opgeleverd. Hurks gaat voor Ikea ook parkeerdekken bouwen in Eindhoven en Heerlen. Bertels: “In Heerlen zal hetzelfde concept worden toegepast als in Amsterdam. Ook in Eindhoven wordt bij het te bouwen parkeerdek de funderingspaal als kolom

Architectuur & ontwerp
 Utiliteitsbouw



gebruikt, maar hier is gekozen voor boorpalen, omdat de ondergrond bij dit project een te wisselende samenstelling heeft, waardoor het risico van scheefstand te groot wordt.”

Noodzakelijk kwaad

Spanbeton, die als goede tweede eindigde in de aanbesteding voor het parkeerdek in Amsterdam, wil niet spreken over een tendens als het gaat om turn key-oplossingen van toeleveranciers. Commercieel-technisch adviseur A. Verhoeff namens Spanbeton: “Toch worden ook wij steeds vaker gevraagd om met name bij parkeergarages en -dekken met turn key-oplossingen te komen. Dat komt vooral omdat het realiseren van parkeerruimte door de opdrachtgever veelal als een noodzakelijk kwaad wordt gezien, naast de bouw van een kantoor of winkelruimte. Als specialist krijg je dan over het algemeen wat meer ruimte.”

Spanbeton heeft engineering en productie gekoppeld. “Wij hebben een eigen ontwerper in dienst en we besteden veel tijd aan elke offerte die we leveren, compleet met een constructieve opzet in autoCAD. Voor wat betreft het parkeerdek in Amsterdam hebben we bij de inzending een inschattingfout op marketingvlak gedaan. Spanbeton had namelijk ook ervaring met het doorheien van palen, namelijk bij het parkeerdek voor de Makro-vestiging in Delft. Wij hadden echter verwacht dat Ikea een meer traditionele oplossing zocht. Dat bleek dus juist niet het geval. Helaas...maar in de bouw is het nu eenmaal *part of the deal*, dat je als tweede kan eindigen”, aldus Verhoeff. ■

Standaard dek volgens staalbouwer Nedpark Parkingsystems met tussenkolommen en prefab betonvloeren

Artist impression van de stalen variant



Architectuur & ontwerp
Utiliteitsbouw

Verrassende betonnen parkeergarage van Philippe Samyn

SACRALE ELLIPS

Maarten Willems, TU Eindhoven



De parking direct na voltooiing. De klimop-begroeiing is al zichtbaar

foto's blz. 16, 17 en 18:
Ch. Bastin & J. Evrard

In het Waalse Rixensart staat sinds dit voorjaar een ovale betonnen parkeergarage. Zowel de vorm als de materiaalkeuze zijn in dit geval uitzonderlijk. Een ellipsvormige plattegrond is bepaald onalledaags en de toepassing van uitsluitend prefab beton is in het oeuvre van architect Philippe Samyn op zijn minst verrassend. Het resultaat blinkt uit in logische eenvoud en stille schoonheid.

De meeste Belgische architectenbureaus zijn ofwel noodgedwongen klein, ofwel krijgen het merendeel van hun opdrachten uit het buitenland, zo staat te lezen in het voorwoord van de recent verschenen monografie over Philippe Samyn. De Brusselse architect Samyn vormt een stralende uitzondering op deze hedendaagse, al dan niet geveinsde, bescheidenheid. Met een bureau van in totaal tachtig werknemers en overwegend vaderlandse opdrachten weersprekt hij deze visie.

On-Belgisch

Samyn bevindt zich in betrekkelijke eenzaamheid op het kruispunt waar architectuur en engineering elkaar ontmoeten. Ondanks, of juist dankzij, deze curieuze positie behoort hij tot de topvijf van

hedendaagse architecten uit België. Hij is onmiskenbaar een architect, maar is opgeleid tot civiel ingenieur, in eigen land en aan het prestigieuze MIT. Desalniettemin propageert hij niet-dominante technische oplossingen.

De taal van Samyns architectuur is on-Belgisch. De architectuurhistoricus Bekaert omschreef hem eens als "een typische ingenieur met een sterk geloof in de 'universele bouwer'". Zijn ontwerpen ontstijgen door die universaliteit de volksaard. Zijn gebouwen zijn glashelder, sterk symmetrisch, geometrisch harmonieus en laten zich hierdoor eenvoudig lezen. Ze zijn juist door hun abstractie, grijpbaar en begrijpelijk, tastbaar en toegankelijk. De parkeergarage in Rixensart past naadloos in deze traditie.

"Waarheden bestaan niet in techniek"

Wie het werk van Philippe Samyn kent zal oprecht verbaasd zijn een project van hem aan te treffen in een tijdschrift over beton. Een pertinente misvatting, vindt de architect zelf. Samyn heeft weliswaar vooral naam gemaakt met constructies in staal, glas en hout, maar uitgedrukt in kilo's bestaat mogelijk zelfs het merendeel van al zijn gerealiseerde pro-



Philippe Samyn in zijn bureau te Brussel: "Waarheden bestaan niet in techniek, alleen redelijkheden."

jecten uit beton. Het meeste is echter onzichtbaar verwerkt in de vorm van vloerplaten.

Hij heeft zich bovendien nooit laten verleiden zijn heil te zoeken in een of enkele materialen. "Waarheden bestaan niet in de techniek, alleen redelijkheden.", aldus Samyn. Soms is hout een logische optie, soms is beton adequaat. "Neem nou de vangrails op de autosnelwegen. Hoewel staal erg vaak wordt angewend, is het hiervoor erg onlogisch. Ze worden dan ook meer en meer vervangen door betonnen geleide-elementen; een fantastische en slimme betontoepassing!"

Lastig te slopen

Een veronderstelde antipathie tegen beton heeft Samyn dus allerminst: "Ieder materiaal heeft ongelofelijke eigenschappen. Beton kun je gieten, je kunt er met weinig energie de lichtste structuren mee realiseren en bovendien brandt beton slecht. Het is alleen een vervelend materiaal als je bedenkt dat je het ook moet slopen."

In de ogen van Philippe Samyn is beton dus een redelijke optie indien je het toepast voor constructies die een voorspelbaar lang leven hebben en/of die aanvaardbare sloopkosten impliceren. Een vertaling van dit laatste kan ook betekenen dat het gebouw dermate goedkoop te realiseren is, bijvoorbeeld door de mate van herhaling in de elementen, dat dit deels de kosten voor latere demontage compenseert.

Vesting

De opdrachtgever voor de bouw van de parkeergarage, SmithKline Beecham Biologicals, is een grote farmaceutische multinational die is gespecialiseerd in het ontwikkelen van vaccins. De hoofdvestiging bevindt zich in Rixensart, even ten zuiden van Brussel. De nieuwe zes verdiepingen tellende parkeergarage bevindt zich globaal in het midden van het dichtbebouwde bedrijventerrein en is van buitenaf onzichtbaar. Een bezoek moet helaas sterk worden ontraden. SmithKline Beecham is vanwege de strenge veiligheidsmaatregelen een onneembare vesting en vermoedelijk nog moeilijker toegankelijk dan het Pentagon.

De keuze voor Samyn is deels verklaarbaar uit de band die zijn bureau met SmithKline Beecham heeft. Tegenover de parkeergarage ligt een volumineus researchgebouw van zijn hand. Een tweede reden kan worden gezocht in de ervaring die Samyn recent heeft opgebouwd met bouwtypen die een sterke relatie met transport hebben. "Auto's zijn een ramp, maar je moet er mee leven. Parkeergarages worden nu eenmaal een deel van ons landschap. Deze bouwwerken, en andere 'banale' architectuur langs de weg, verdienen meer eerbied.", vindt Samyn.

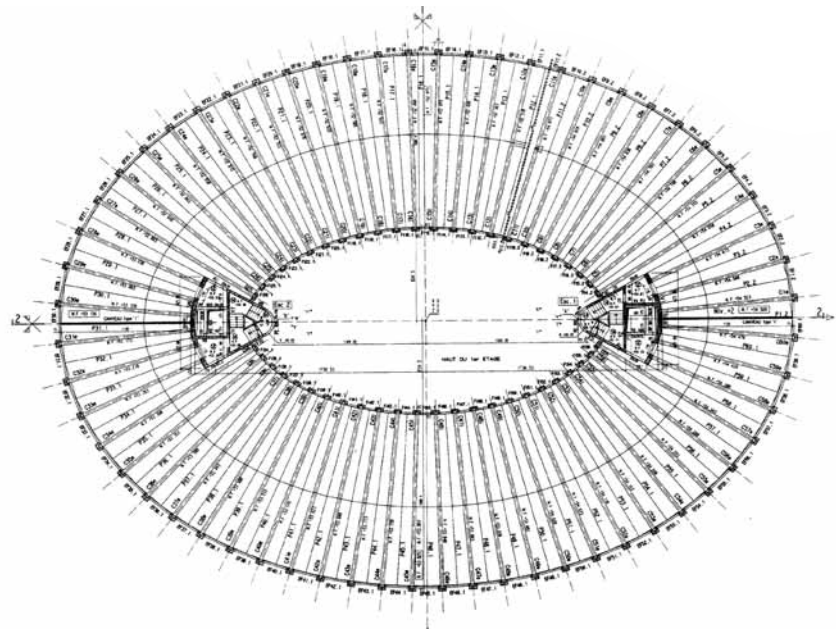
De parkeergarage heeft een restruimte opgeleverd met een kathedraalachtig karakter



Architectuur & ontwerp
Utiliteitsbouw

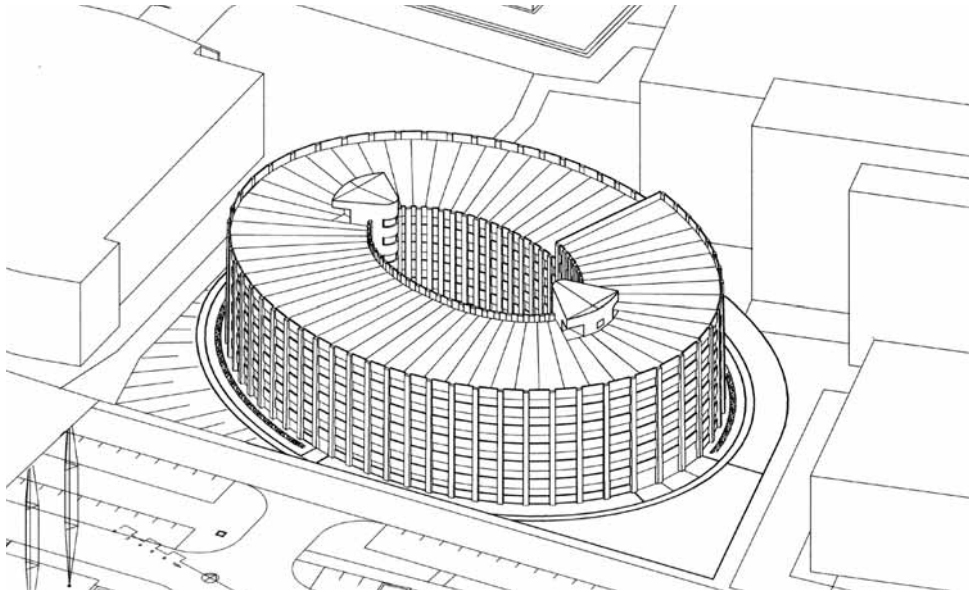


Blik op de binnenplaats. Het toont zowel de voorliefde van Samyn voor strikte symmetrie, als de universaliteit van de ontstane cour. Het roept uiteenlopende associaties op van concertzaal en columbarium tot Japanse zen-tuin



Plattegrond met de balkverdeling. De buitenafmetingen zijn 50,4 x 64,8 meter. De parkeergarage biedt plaats aan 624 auto's

Architectuur & ontwerp
 Utiliteitsbouw



Isometrie

Anekdotisch ovaal

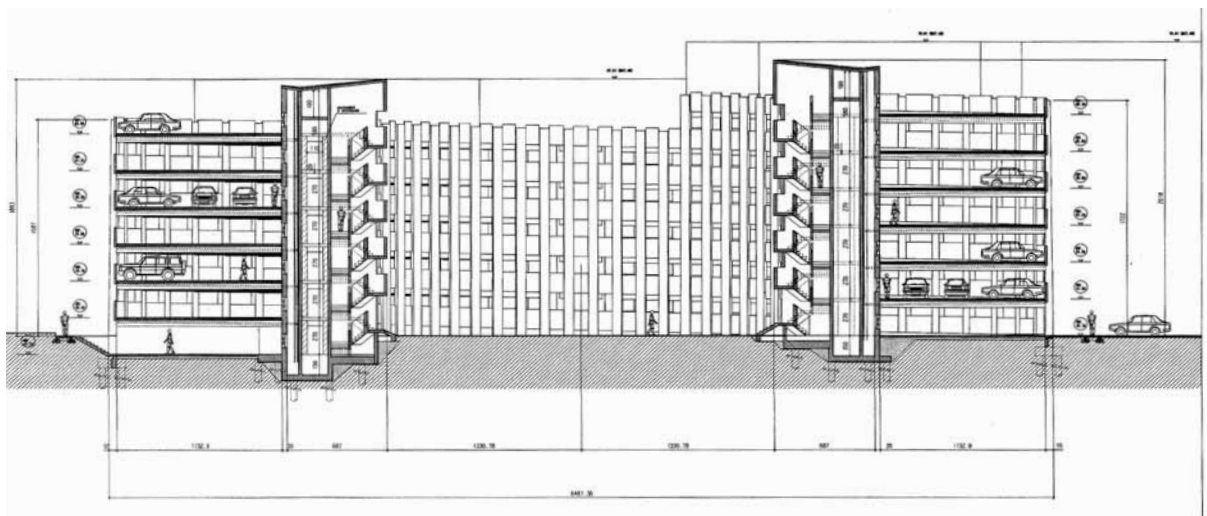
Het ontwerp voor de parking van SmithKline Beecham is in meerdere opzichten afwijkend. Naast het verrassend overweldigende gebruik van beton door Samyn, is natuurlijk het ovale grondvlak opvallend. Ook hiervoor heeft de architect een even eenvoudige als logische verklaring.

De oorspronkelijke reden voor de ovale vorm is achteraf anekdotisch. Aanvankelijk bestaat het ontwerp uit zeven parkeerlagen, waarvan er drie onder het maaiveld liggen. Vanwege de grote druk op de kelderwanden, kiest Samyn voor de constructief meest logische vorm om de krachten te verdelen: de cirkel. Om binnen de rechthoekige kavel te passen,

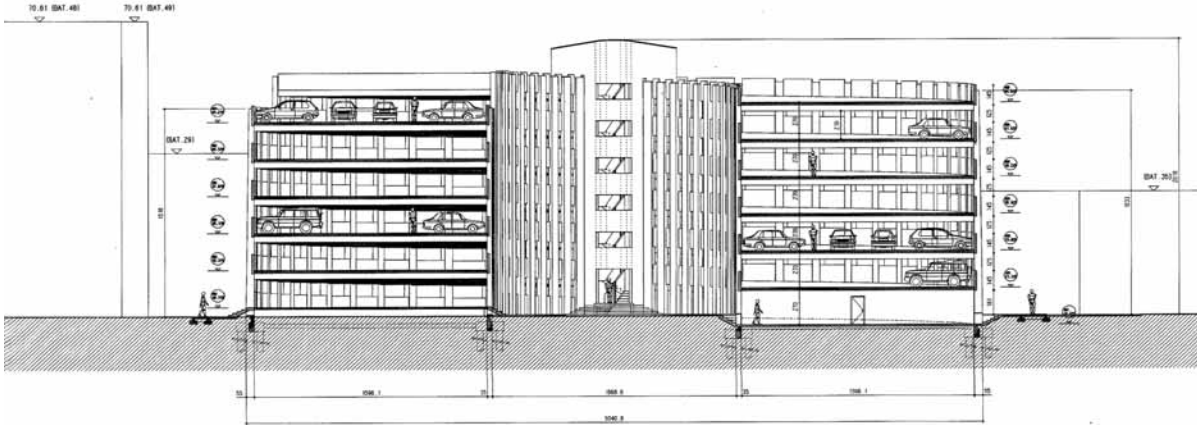
wordt de cirkel vervormd tot de uiteindelijke elliptische vorm. Nadien blijkt echter dat het ondergronds geplande deel onoverkomelijk duur uitpakt en wordt de gehele parking, intussen ingekrompen tot zes lagen, alsnog bovengronds uitgevoerd.

Afgezien van de vervallen constructieve logica achter de ellips, heeft deze nog bijkomende voordelen. Zo is de spiraliserende beweging tijdens de autorit ononderbroken vloeiend en zijn er geen dode hoeken in het gebouw. Het enige echte gebruikersprobleem is het terugvinden van je auto. Er zijn kunstmatig aangebrachte hulpmiddelen (plaatsnummers en kleurcodes) nodig die het oriënteren vergemakkelijken.

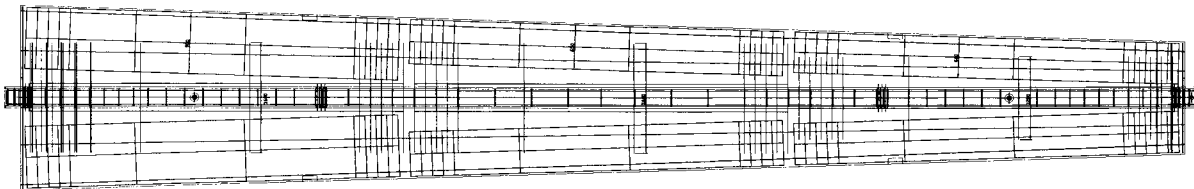
Langsdoorsnede



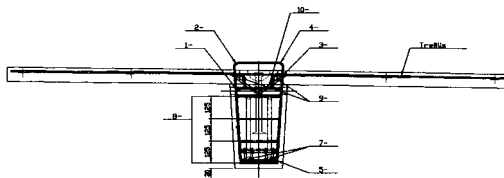
Architectuur & ontwerp
Utiliteitsbouw



Dwarsdoorsnede



Bovenaanzicht en doorsnede van een T-balk met wapening. Alle balken hebben dezelfde lengte en dezelfde breedtemaat in het midden. De vijftien voorkomende varianten verschillen slechts in de hoek die de wigvorm heeft. Eén kist kan volstaan voor de vervaardiging van al deze vloer-elementen



Constructieve eenvoud

De ovale vorm leidt ook tot de door Samyn vereiste mate van herhaling in de bouwdelen. Alle kolommen zijn gelijkvormig, met dien verstande dat slechts de opleghoogte van de vloerbalken verschilt. Het doorlopende vloerveld is opgebouwd uit naast elkaar gelegen wigvormige T-balken. De belasting per balk is nagenoeg overal gelijk. Daardoor is niet alleen de vorm maar ook de dimensionering van alle balken gelijk gehouden. Een kwart van de ellips bestaat uit vijftien van deze T-balken en elk kwart is een (gespiegelde) herhaling van het voorafgaande. Met andere woorden: er komen in het hele plan slechts vijftien verschillende balken voor. De breed-

temaat in het midden van elke T-balk is gelijk gehouden. Alleen de hoek van de scheg verschilt onderling. Alle balken kunnen met minimale aanpassingen in dezelfde kist worden gemaakt. Door tijdsdruk was prefab-aannemer Ronveaux helaas gedwongen met meerdere mallen parallel te werken, waardoor uiteindelijk toch in vijftien separate kisten is gestort.

Chopin en klimop

De ontstane binnenplaats is een welhaast sacrale ruimte geworden. Deze wordt omzoomd door zes verdiepingen geprefabriceerd beton. Grijs grind vormt de neutrale bodem. In functionele zin wordt er niets mee gedaan. In feite is dat nu juist de kwaliteit ervan. De leegte prikkelt de fantasie van iedere bezoeker die er zijn eigen invulling in kan projecteren. De droom van Samyn zelf is om de *cour* ooit eens om te toveren tot een concertzaal en er op een vleugel Chopin uit te laten voeren.

Iets van een latente ambivalentie ten aanzien van beton valt er toch te bespeuren bij Philippe Samyn, als hij zijn langetermijnbedoelingen met de parking ontvouwt. Het ligt in de verwachting dat de betonnen façade, geheel rondom en zes verdiepingen hoog, over enige tijd met klimop zal zijn overgroeid. ■

Architectuur & ontwerp
Utiliteitsbouw



Tijdens de assemblage van de prefab T-balken is de heldere constructieve opbouw te zien. Tussen de twee concentrische kranen van kolommen, langs de buitenrand van de ellips en 16 meter naar binnen, overspannen de wigvormige T-balken

Uitvoeringsfase waarin de onderste drie parkeerdekken worden gelegd



Projectgegevens

project:
Multilevel Car Park SmithKline Beecham Biologicals,
Rixensart
ontwerp:
Samyn and Partners, Architects and Engineers, Brussel
prefab-betonleverancier:
Ronveaux Ets, Ciney

Halverwege het uitvoeringstraject;
de onderste helft is nagenoeg gereed
foto's: M. Detiffe

Meervoudig ruimtegebruik op het Museumplein



Het nieuwe Museumplein
 foto: KLM Aerocarto, Arnhem

ir. A.C. Lindhoud, Arcadis Bouw/Infra

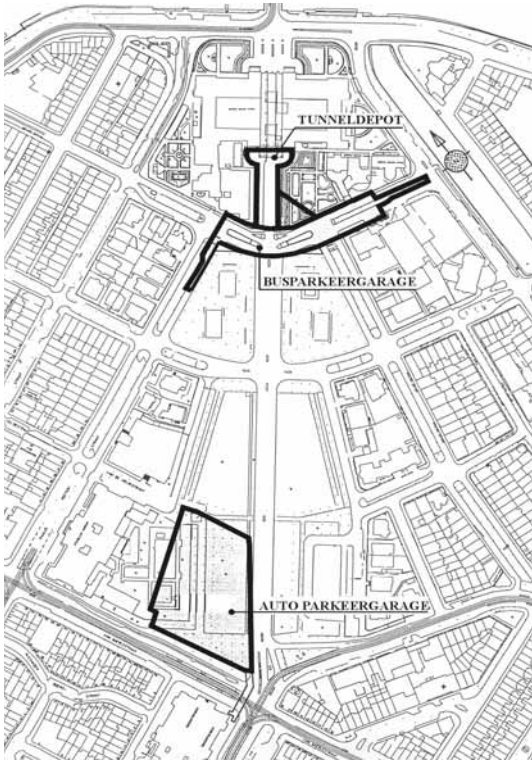
Sinds afgelopen zomer is het Museumplein het domein van voetgangers en fietsers. Na honderd jaren plannen maken lijkt een intensievere benutting van het plein nu echt realiteit te gaan worden. Een belangrijke factor voor succes hierbij vormen de functies die onder het plein zijn aangebracht: een parkeergarage voor circa zeshonderd auto's, een garage voor 26 touringcars en een ondergronds depot voor het Rijksmuseum. In dit artikel worden de constructieve ontwerpen van deze drie projecten toegelicht. In het volgende nummer van Cement zal de leverancier van de geprefabriceerde betonelementen de montage van het prefab beton bespreken.

Een groene, stedelijke ruimte

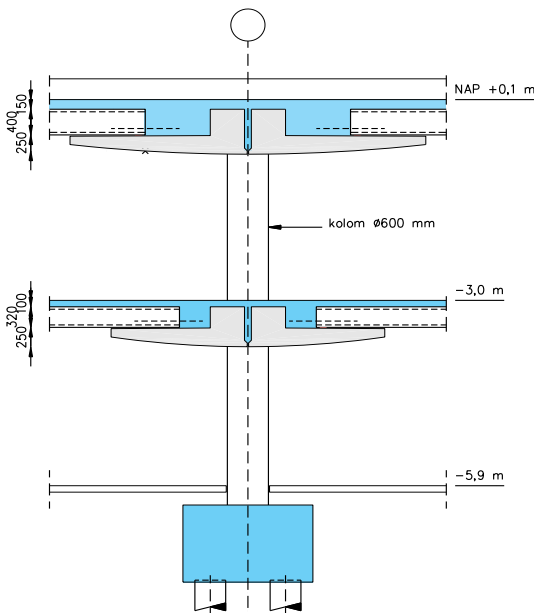
Het vernieuwde Museumplein, ontworpen door de Deense landschapsarchitect Andersson, is een groene en tegelijk stedelijke ruimte in het centrum van de hoofdstad. Er zijn speelvelden, een bloementuin, een grand café, kiosken, een promenade en een lindenlaan. Tevens is er een autovrij gebied voor fietsers en voetgangers, skaters en kunstminnaars, voor buurtbewoners en toeristen, en af en toe een grote manifestatie. De parkeergarage is afgedekt met een grasveld op een gronddekking op het betondek van 500 mm. Aan de zijde van het Stedelijk museum is een punt van het grasveld 'opgetild', waarmee het zogenoemde ezelsoor is gecreëerd. Deze groene grashelling heeft afgelopen zomer zijn functie reeds bewezen als tribune bij evenementen op het plein en als ligterras in de zon. Onder het ezelsoor is de inrit van de parkeergarage gelegen en tevens de entree naar de ondergrondse supermarkt op de eerste laag. De uitrit bevindt zich aan de Van Baerlestraat, recht tegenover de Lairessestraat. Voorts zijn bovengronds nog de glazen opbouwen zichtbaar van twee voetgangersuitgangen. De busgarage biedt plaats aan 26 touringcars en is zodanig ingericht, dat 's avonds en buiten het toeristenseizoen ook auto's van de garage gebruik kunnen maken. Op maaiveld bevinden zich twee fraai vormgegeven paviljoens, waarin museumshops en horeca gevestigd zijn.

Constructie & uitvoering

Bouwputten



7 | Situering parkeergarages en depot Rijksmuseum

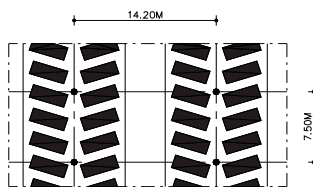


3 | Oplegging kanaalplaten op verzwaaide stroken

De parkeergarage ligt aan de Van Baerlestraat en grenst zowel aan het uitbreidingsplan van het Stedelijk Museum als aan de gerealiseerde uitbreiding van het Van Goghmuseum. De busgarage bevindt zich onder de Hobbemastraat en het ondergronds depot onder de Museumstraat (fig.1). Het totale ondergronds gerealiseerde parkeeroppervlak bedraagt circa 25 000 m². Ter vergelijking: het totale oppervlak van het Museumplein bedraagt ongeveer 80 000 m².

Autogarage

Het totale parkeeroppervlak van de autogarage is gerealiseerd in twee bouwlagen, omsloten door een stalen damwand. Op de eerste ondergrondse bouwlaag bevindt zich tevens een supermarkt met een oppervlak van 2000 m². De lengte van de garage bedraagt maximaal 150 m, de breedte gemiddeld 80 m. De parkeerbeuken zijn 14,20 m breed (fig. 2), de kolommen op de scheidingen van de parkeerbeuken staan 7,50 m h.o.h. Er wordt geparkeerd onder een hoek van 70°. De rijbaan tussen de parkeervakken heeft éénrichtingsverkeer.



2 | Parkeerbeuken en kolomplaatsing in autogarage

De vereiste vrije hoogte in de supermarkt is 800 mm meer dan in de parkeergarage. De consequentie hiervan is, dat de vloeren ter plaatse van de supermarkt op de niveaus -1 en -2, 800 mm lager liggen dan de naastgelegen vloeren. Om dit hoogteverschil te overbruggen zijn hellingbanen toegepast.

Constructieprincipe

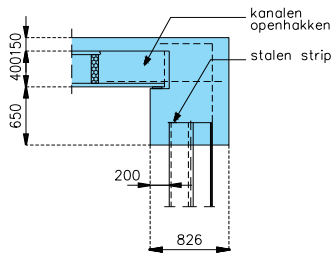
Het principe van het constructiesysteem van de vloeren op de

niveaus 0 en -1 is hetzelfde. Op niveau 0 zijn de afmetingen alleen groter in verband met de hogere belastingen op maaiveld. De aangehouden belasting op maaiveld bestaat uit een permanente belasting door 500 mm gronddekking en een veranderlijke belasting van 10 kN/m². Tevens is gerekend op een mogelijke belasting door voertuigen, behorend bij verkeersklasse 30. De veranderlijke belasting op niveau -1 is in het parkeergedeelte, conform NEN 6702, 2 kN/m², in de supermarkt 10 kN/m².

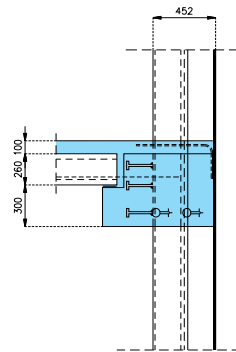
In de richting van de grootste overspanning zijn voorgespannen kanaalplaten met een in het werk te storten druklaag toegepast, uitgevoerd als statisch onbepaalde doorgaande liggers. De platen zijn opgelegd op verzwaarde stroken, opgelegd op geprefabriceerde kolommen (fig. 3). De verzwaarde stroken hebben een overspanning van 7,50 m en zijn om esthetische redenen aan de onderzijde afgerond. Het in figuur 3 gearceerde gedeelte is geprefabriceerd uitgevoerd. Om de noodzakelijke onderstempling in het uitvoeringsstadium te beperken, is aan de bovenzijde een verstijvingsrib aangebracht. In het bestekontwerp waren de verzwaarde stroken opgelegd op consoleplaten, 1000 x 1000 mm², aan de bovenzijde van de kolommen. De oplegging was uitgevoerd als tandoplegging, waardoor deze platen niet onder de constructie uitstaken. Bovendien waren de oplegplaten aan de onderzijde op overeenkomstige wijze afgerond als de aansluitende verzwaarde stroken. In het volgende nummer van Cement zal de leverancier van de prefab betonelementen de aangebrachte modificaties bij deze oplegging toelichten.

Voor de oplegging van de constructie-elementen op de damwand zijn op de niveaus 0 en -1 respectievelijk een betonnen balk

Constructie & uitvoering
 Bouwputten



4 | Aansluiting kanaalplaten op damwand op niveau 0



5 | Aansluiting kanaalplaten tegen damwand op niveau -1

op en tegen de damwand aangebracht (fig. 4 en 5). Om het excentriciteitsmoment te kunnen opnemen, zijn voor de balk op niveau 0 aan de buitenzijde staven betonstaal aan de damwand gelast, terwijl aan de binnenzijde stalen strips op de damwand zijn gelast om in de drukzone de spanningen in het beton te beperken. Voor de balk op niveau -1 zijn voor opname van de dwarskracht stiftdeuvels op de damwand gelast. Voor het verkrijgen van monoliete verbindingen tussen kanaalplaten en opleggings-elementen zijn per kanaalplaat steeds twee kanalen opengehakt, van wapening voorzien en met de druklagen aangestort.

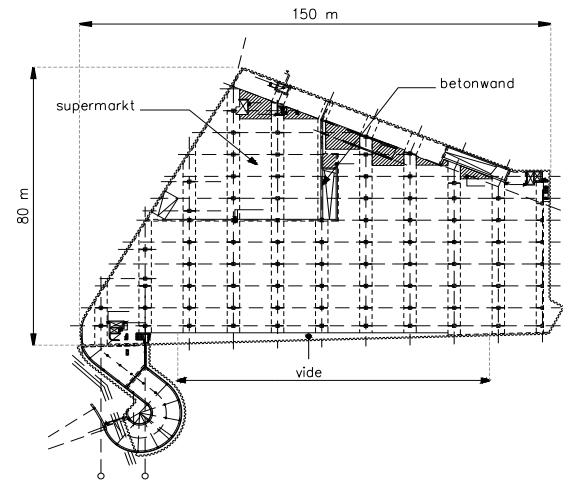
Stempelfunctie van de vloeren

In het uitvoeringsstadium is langs de gehele omtrek van de bouwput de permanente stalen damwand verankerd door groutankers. In de eindsituatie wordt de damwand gesteund door de vloeren op niveau 0 en niveau -1. Een complicatie hierbij wordt veroorzaakt door de vide op niveau -1, lang 100 m, onder de lichtlijn bij de langste zijde (fig. 6). De stempelkrachten in de vloerschijf op niveau -1, veroorzaakt door de grond achter de damwand aan de zijde van het Stedelijk Museum, zijn vanwege deze vide niet afgesteund op de stempelkrachten, veroorzaakt door gronddruk achter de damwand aan de tegenovergelegen zijde.

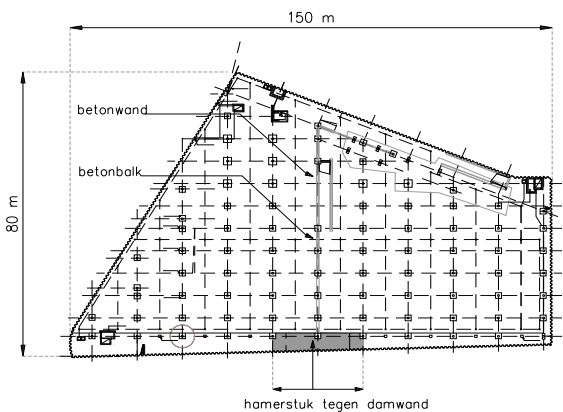
Het systeem dat deze stempelkrachten in evenwicht houdt, wordt gevormd door drie constructieve elementen (fig. 7):

- een verticale betonwand op de scheiding van supermarkt en parkeergedeelte;
- de vloerschijf op niveau 0;
- een betonbalk op niveau -2, met een hamerstuk afgesteund op de damwand (fig. 8).

De betonschijf verdeelt de stempelkrachten over de dekvloer en het aangebrachte stempel op niveau -2. Dit stempel is nodig omdat op niveau -2 geen betonnen vloerschijf aanwezig is. Vanwege het ontbreken van de stempeling op niveau -1 langs de vide, is over de lengte van de vide een zwaarder damwandprofiel toegepast.



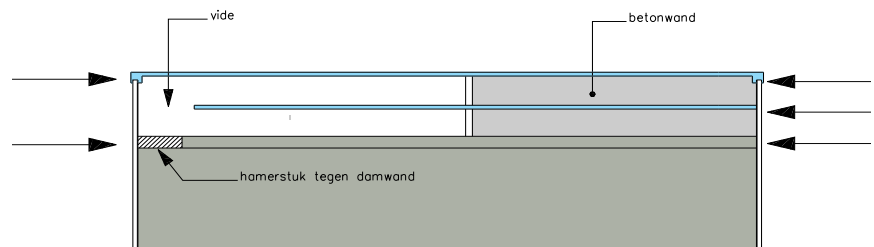
6 | Plattegrond niveau -1 met vide



8 | Plattegrond niveau -2 met betonbalk en hamerstuk

Fundering

Het maaiveld bevindt zich op ongeveer NAP + 0,60 m. Vanaf maaiveld tot circa NAP - 2,50 m



7 | Evenwicht stempelkrachten door betonwand, vloer op niveau 0 en betonbalk met hamerstuk

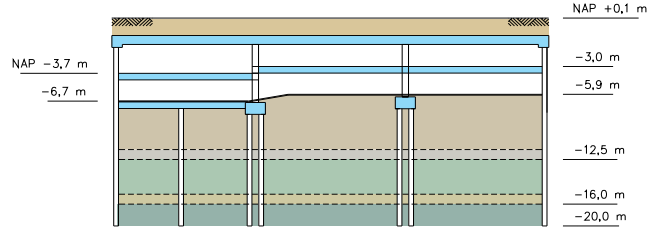
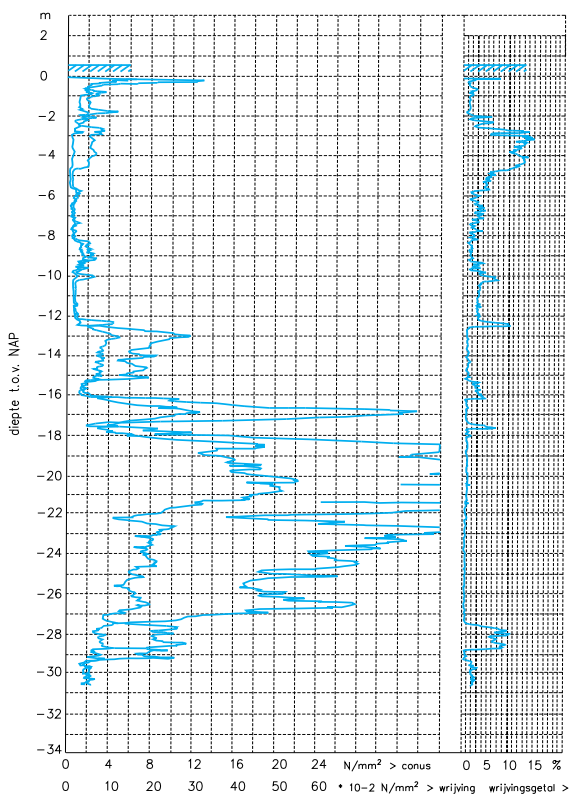
Constructie & uitvoering

Bouwputten

wordt ophoogzand aangetroffen, vervolgens tot een diepte van gemiddeld NAP - 12,5 m afwisselend klei- en zandlagen met aan de onderzijde een 0,20 à 0,40 m dun laagje veen, het zogenoemde basisveen. Onder dit laagje basisveen is een 2 à 3 m dikke zandlaag aanwezig, de zogenaamde eerste zandlaag. Op een diepte van ongeveer NAP - 16 m bevindt zich een tussenlaag van zandhoudende klei, waarvan de dikte en het waterremmend vermogen wisselend zijn. In het noordelijke gedeelte van de bouwput is deze laag afwezig. De meer draagkrachtige tweede zandlaag is aanwezig vanaf een diepte van ongeveer NAP - 17,0 m.

Het funderingsniveau is ongeveer NAP - 20 m (fig. 9). Langs de buitenomtrek is de stalen damwand het verticaal dragende funderingselement, in het middengebied zijn prefab betonpalen 450

9 | Representatieve sondering



10 | Ligging waterremmende lagen

x 450 mm² toegepast. De rekenwaarde van het bezwijkdraagvermogen van de damwand is 300 kN/m en van de palen 1500 kN.

Polderprincipe

Niveau -2 bestaat dus uit een verdiept en een niet-verdiept gedeelte. Ter plaatse van het verdiepte gedeelte onder de supermarkt bevindt de bestrating op niveau -2 zich op NAP - 6,70 m en in het niet-verdiepte gedeelte op NAP - 5,90 m. Bij het onderzoek naar de technische haalbaarheid van het poldersysteem waren twee zaken van belang: de stabiliteit van de bouwputbodem moest voldoende zijn gewaarborgd, ofwel de veiligheid tegen opbarsten moest voldoende zijn, en het waterbezwaar moest beperkt zijn om vergunning te verkrijgen.

Het waterbezwaar wordt veroorzaakt door lekkage door de damwandsloten en kwel door de waterremmende lagen aan de onderzijde van de bouwput. In het vooronderzoek is vastgesteld dat het waterbezwaar niet meer zou bedragen dan enkele tientallen m³ per dag indien een gat in de waterremmende laag in het noordelijke gedeelte van de bouwput zou worden gedicht door middel van jetgrouten.

Bij gebruik van de veenlaag op NAP - 12,5 m als referentielaag is de veiligheid tegen opbarsten onvoldoende. Dit geldt voor het verdiepte en in mindere mate voor het niet-verdiepte gedeelte. Om deze reden is de tweede waterremmende laag op NAP - 16 m als afsluiting aan de onderzijde gekozen (fig. 10).

Bij de stabiliteitsberekening van de bouwputbodem is uitgegaan van een stijghoogte van het water in de tweede zandlaag van NAP - 2,40 m. In de uitvoeringsfase is de situatie uiteraard het meest kritisch, omdat in deze fase diepere ontgravningsniveaus voorkomen bij het aanleggen van het drainagesysteem onder de bestrating en de plaatselijk diepere ontgravingen ten behoeve van de vervoerdigging van funderingsconstructies en liftputten. Van belang is de stijghoogte in de eerste zandlaag tussen de twee waterremmende lagen. Deze is afhankelijk van de verhouding van de doorlatendheden van de twee waterremmen-

Voetgangerstraverse

Op beide parkeerlagen is langs de buitenzijde een traverse voor voetgangers aangebracht, door een glazen wand gescheiden van het parkeergedeelte. In de traverse valt daglicht door een 400 mm brede doorgaande opening in de dekvloer, die met glas is afgedicht. Deze zogenoemde lichtlijn maakt deel uit van een in totaal 400 m lange lijn in het maaiveld, die 's avonds is verlicht. De luchtbehandeling geschiedt volgens het systeem van langsventilatie, zoals ook wordt toegepast in verkeerstunnels. Bij dit systeem houden aan het plafond opgehangen ventilatoren de lucht constant in beweging. De luchttoevoer heeft plaats via de in- en uitritten, de luchtafvoer via schachten.



De autogarage

de lagen. Bij tegenvallende waterremmende eigenschappen van de kleilaag op NAP - 16 m, zal de stijghoogte in de eerste zandlaag in het ongunstigste geval gelijk zijn aan die in de tweede zandlaag, namelijk NAP - 2,40 m. In dat geval is in de eindsituatie de veiligheid tegen opbarsten in het niet-verdiepte gedeelte gelijk aan 1,08, hetgeen onvoldoende is. In het verdiepte gedeelte is de veiligheid zelfs lager dan 1.

Om in de eerste zandlaag een voldoende lage stijghoogte te bereiken is voorzien in een systeem van vijftien ontlastbronnen, waarvan het filter zich in de eerste zandlaag bevindt. Tijdens de ontgraving bleek dat met de geplaatste ontlastbronnen onvoldoende verlagings van de stijghoogte werd bereikt. Als aanvullende maatregelen werden achtereenvolgens extra ontlastbronnen geïnstalleerd en werden deze actief bemalen. Krachtiger maatregelen bleken echter noodzakelijk: er zijn enkele diep wells geïnstalleerd, waarmee het gewenste resultaat werd bereikt. Uiteraard ging het inzetten van de diep wells gepaard met een uitgebreid monitoringsplan om tijdig ongewenste situaties in de omgeving van de bouwput te kunnen signaleren.

Inmiddels was duidelijk dat ook voor de eindsituatie ter plaatse van het verdiepte gedeelte aanvul-

lende maatregelen nodig waren ten opzichte van het oorspronkelijke plan, waarin uitsluitend ontlastbronnen zouden worden toegepast. Verschillende mogelijkheden zijn onderzocht, zoals het aanbrengen van ballast door een laag ijzererts. Deze oplossing is echter duur en brengt milieubezwaren met zich mee. Een andere methode is vernageling, waarbij palen worden aangebracht in een stramen van bijvoorbeeld 4 x 4 m². Aan de bovenzijde wordt op de paal een betonplaat aangebracht van 1 x 1 m². De opwaartse gronddruk wordt opgenomen door gewelfwerking in de grond tussen de palen. Het aanwezige wadzand werd echter niet in staat geacht deze gewelfwerking te doen ontstaan.

Gekozen is voor het aanbrengen van een betonvloer, dik 300 mm, door trekpalen verankerd in de tweede zandlaag. Het zal duidelijk zijn dat een en ander ingrijpende gevolgen heeft gehad voor het uitvoeringsplan.

De opwaartse gronddruk tegen de onderzijde van de vloer wordt bepaald door de opwaarts gerichte gronddruk tegen de onderzijde van de veenlaag op NAP - 12,5 m en het neerwaarts gerichte gewicht van het grondpakket tussen de veenlaag en de onderzijde van de vloer op NAP - 7,0 m. Berekening levert een waarde op van de opwaartse gronddruk van circa 20 kN/m².

Om te voorkomen dat de waterdruk tegen de onderzijde van de betonvloer te hoog wordt, is een drainagesysteem onder de vloer aangebracht. Van beneden naar boven bestaat dit systeem uit een grondscheidend en waterdoorlatend doek, een 250 mm dikke laag drainzand en een 250 mm dikke laag grind. Tevens zijn op onderlinge afstanden van 7,0 m drains aangebracht.

In het niet-verdiepte gedeelte is het stelsel van ontlastbronnen aangesloten op verzamelleidingen, die op twee locaties zijn voorzien van een verticaal buizenstelsel, waarin een drietal overloophoorniveaus kan worden ingesteld. In peilbuizen kan de stijghoogte worden afgelezen. Als de stijghoogte in de eerste zandlaag de kritische waarde nadert, wordt in de beheerdersruimte een waarschuwingssignaal gegeven. Het overloophoorniveau kan dan zodanig worden aangepast, dat de stijghoogte weer afneemt tot een acceptabele waarde. Geruststellend is dat bij de meest ongunstige stijghoogte de veiligheid tegen opbarsten nog groter dan 1 is.

Busgarage

De plattegrond van de busgarage heeft een gebogen vorm met een lengte van circa 90 m en een breedte van 26 m (fig. 1). Om de overlast op maaiveldniveau zoveel mogelijk te beperken, is de garage gebouwd volgens de wanden-dak-

Constructie & uitvoering

Bouwputten

methode (fig. 11). Eerst zijn de damwanden ingeheid en vervolgens is het dek op het zand gestort, waarbij de aannemer als intermediair tussen zand en beton een metalen beplating heeft toegepast. Bij de overspanning van 26 m heeft het dek een dikte van 900 mm, in het werk voorgespannen.

Evenals bij de autogarage is de busgarage ontworpen volgens het polderprincipe. Omdat de garage slechts één laag heeft, ligt de bestrating hoger en is het polderstelsel derhalve minder kritisch. Als afsluiting aan de onderzijde geldt de veenlaag op NAP - 12,50 m. Een systeem van ontlastbronnen is niet nodig.

Vanwege de zwaardere aslasten door bussen is de opbouw van het drainagepakket onder de bestrating anders dan de gebruikelijke minimaal 700 mm dikke laag drainzand die bij autogarages wordt toegepast. Van beneden naar boven bestaat het pakket uit grondscheidend en waterdoorlatend doek, 600 mm drainzand, 250 mm hoogovenslakken, 50 mm straatzand en 80 mm bestrating.

De functie van de damwand is weer tweeledig: verticale begrenzing en afdragen van de verticale belasting naar de draagkrachtige tweede zandlaag. Omdat het

draagvermogen van de damwand ontoereikend is voor de totale verticale belasting, zijn aanvullend om de vier damwandplanken boxpiles toegepast. Om voldoende puntoppervlak bij deze uit damwandplanken samengestelde palen te verkrijgen, is aan de onderzijde een stalen voetplaat gelast. De bovenste 2 m is met beton gevuld, waarbij door uitstekende wapening de verbinding met de betonconstructie van het dek wordt verkregen.

Ondergronds depot

Rijksmuseum

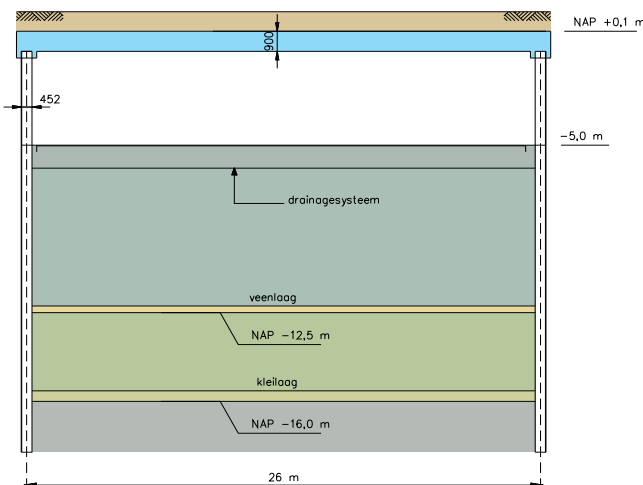
Het depot heeft een lengte van 70 m en een breedte van 20 m (fig. 1). Het straatniveau en daarmee het niveau van het dek is ter plaatse van het Rijksmuseum het hoogst. Dit heeft als consequentie dat over de helft van de lengte, aansluitend op het Rijksmuseum, voldoende hoogte aanwezig is voor de realisering van twee lagen. Het overige gedeelte, dat aansluit op de busgarage, heeft één bouwlaag. Bij de aansluiting van het depot op de busgarage is een remise aanwezig, waar de overslag van goederen plaatsheeft, voor vrachtauto's bereikbaar via de busgarage.

Om de overlast op straatniveau zoveel mogelijk te beperken was, zoals bij de busgarage, het ont-



De busgarage

11 | Dwarsdoorsnede over busgarage



werp aanvankelijk gebaseerd op de wanden-dakmethode. Omdat een betonnen funderingsvloer op trekpalen nodig was en bovendien de tussenvloer en tussensteunpunten gedeeltelijk aanwezig waren, bracht deze bouwmethode gecompliceerde uitvoeringsfasen met zich mee. Omdat dit sterk kostenverhogend is, is van beneden naar boven gebouwd in een open bouwput met gestempelde damwanden.

Vanwege bouwfysische en andere eisen is voor het depot het polderprincipe niet gewenst.

Evenwijdig aan de lengterichting van het depot bevindt zich op circa 10 m afstand de Zuidvleugel van het Rijksmuseum. Ter plaatse van

Constructie & uitvoering
 Bouwputten



foto: Louk Boucher, Zaandam

de aansluiting op het museum bevindt zich de zogenoemde Vermeeruitbouw met De Nachtwacht. Door de aanwezige kunst in de belendende bebouwing werden hoge eisen gesteld aan het trillingsniveau. De trekpalen onder de funderingsvloer staan in een stramien van 2 x 3 m. Uitgangspunt was het toepassen van geheide prefab betonpalen. Bij overschrijding van een bepaald trillingsniveau werd overgegaan op in het werk vervaardigde betonnen schroefpalen (systeem Fundex).

De tussenvloer ligt op het niveau van de bestaande kelder van het Rijksmuseum. Op het niveau van deze vloer zijn ter plaatse van de Vermeeruitbouw twee doorbraken gemaakt. Ook hierbij is gebruikgemaakt van een trillingsvrij paalsysteem. ■

Projectgegevens

projectontwikkeling:

ING Vastgoedontwikkeling

projectmanagement, constructieve en bouwkundige advisering:

ARCADIS Bouw/Infra

architect Museumplein:

Sven-Ingvar Andersson

architect autogarage en busgarage:

Kees Spanjers

architect ondergronds tunneldepot Rijksmuseum:

Architektengroep

grondmechanische en

geo-hydrologische adviezen:

OMEGAM

verkeerskundige adviezen:

Grontmij

bouwkundige hoofdaannemer:

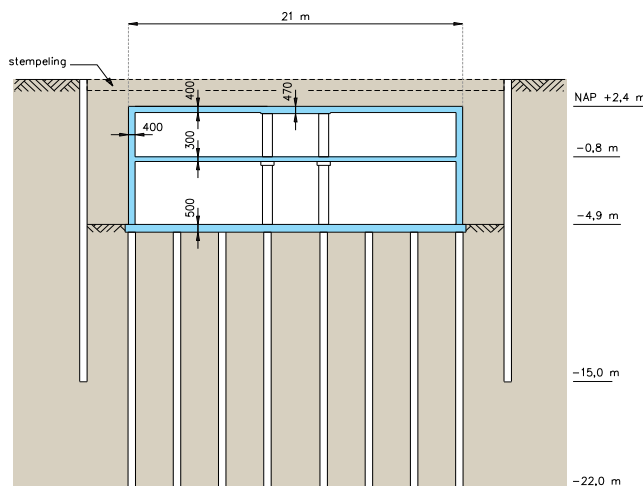
Van Hattum en Blankevoort

levering en montage prefab beton:

Spanbeton

aannemer technische installaties:

GTI



12 | Dwarsdoorsnede over depot Rijksmuseum

Constructie & uitvoering
Utiliteitsbouw

Parkeergarage Museumplein Amsterdam
**Inventieve prefab oplossing
maakt montage eenvoudiger**

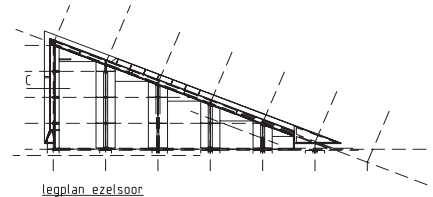
ing. G. Wittebol, Spanbeton bv, Koudekerk aan den Rijn

In Cement 1999, nr. 8 is als element van meervoudig ruimtegebruik op het Museumplein in Amsterdam de ondergrondse parkeergarage met supermarkt besproken. De aspecten van engineering, productie en montage van de prefab constructie hiervoor komen in dit artikel aan de orde.

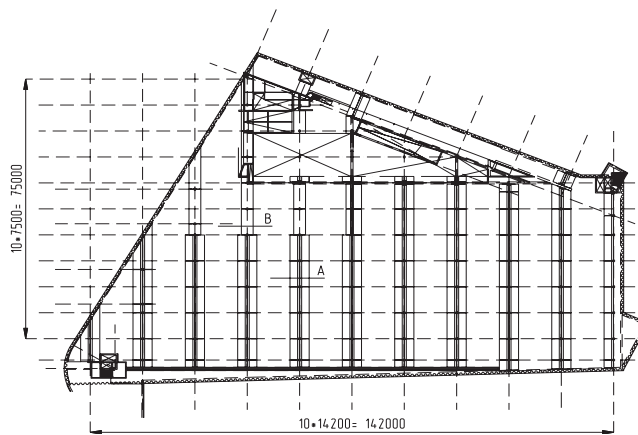
Prefab constructie

De prefab constructie van zowel de begane-grondvloer als de vloer op niveau -1 is opgebouwd uit kanaalplaatvloeren op verzwaaarde stroken, ondersteund door kolommen in een stramienmaat van 14200 x 7500 mm² (fig. 1). Op de vloeren en verzwaaarde stroken is een druklaag aangebracht, waardoor in beide richtingen een statisch onbepaald systeem ontstaat. De druklaag verhoogt de capaciteit van de

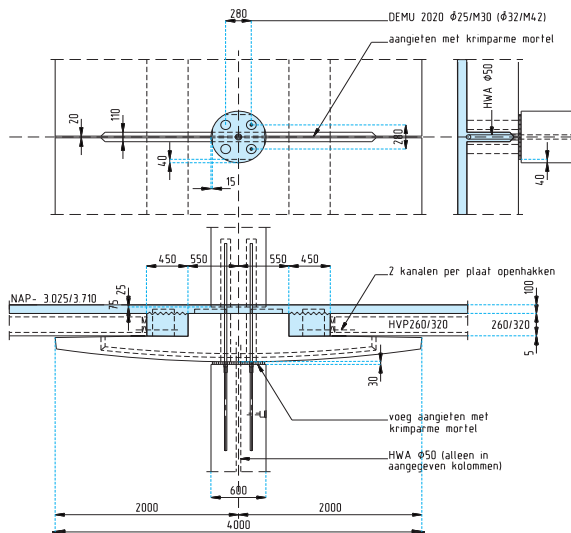
foto's: Victor Scheffer, Den Haag.



legplan ezelsoor



1 | Legplan begane grond en ezelsoor



2-3 | Verzwaaarde stroken niveau -1



Constructie & uitvoering
 Utiliteitsbouw

vloeren en stroken en vormt een belangrijk onderdeel van de schijfwerking van de vloer voor het afdragen van de stempelkrachten vanuit de stalen damwanden.

Op niveau -1 is de constructie uitgevoerd zoals aangegeven in figuur 2 en foto's 3 en 4. De veranderlijke belasting, conform NEN 6702, bedraagt $2,0 \text{ kN/m}^2$. In tegenstelling tot het bestekontwerp is de verzwaarde strook niet uitgevoerd in twee elementen van elk 2000 mm breedte, maar in één element met een breedte van 4000 mm. Na onderzoek van productie- en transportmogelijkheden bleek dit uitvoerbaar. De buitenste delen van de verzwaarde stroken hebben uitsluitend een esthetische functie, aangezien de kanaalplaatvloeren 900 mm 'naar binnen' zijn opgelegd. In verband met het statisch onbepaalde systeem van de verzwaarde stroken is de voeg tussen de elementen gevuld met een krimparme mortel. Op de begane grond is het principe van de constructie hetzelfde als van de vloer op niveau -1, echter is de breedte van de verzwaarde strook hier $2 \times 2600 \text{ mm}$ (foto 5, fig. 6).



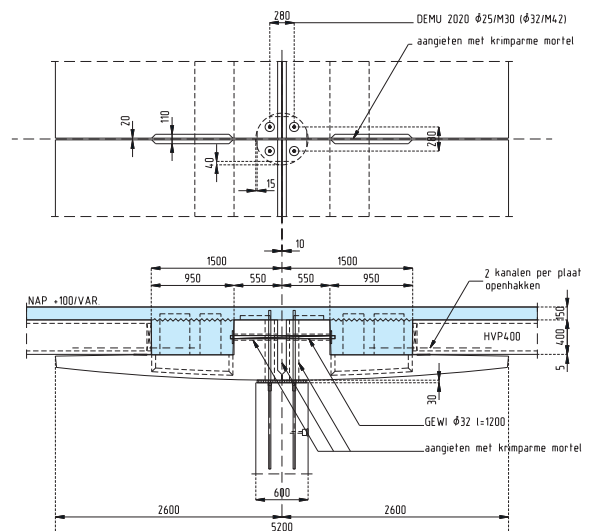
4 | Vloeren niveau -1 en begane grond

De grotere breedte was noodzakelijk door de hogere belasting op de vloer vanuit het aanwezige grondpakket van 0,50 m en een variabele belasting van 10 kN/m^2 . De twee helften van de verzwaarde strook worden met Gewi-ankers $\text{Ø} 32 \text{ mm}$ gekoppeld, waar-

na de voeg met krimparme mortel wordt gevuld.

In het dak van de supermarkt (niveau begane grond) is gekozen voor rechthoekige verzwaarde stroken zonder esthetische functie (fig. 7).

5-6 | Verzwaarde stroken begane grond (doorsnede A in figuur 1)



Constructie & uitvoering
Utiliteitsbouw

Het schuin oplopende deel van de begane-grondvloer, ook wel ezelsoor genoemd, is uitgevoerd in identieke elementen als de begane-grondvloer, maar dan onder een helling. De combinatie van uitsluitend kolommen als ondersteunende constructie, con-

sole's, eenzijdige vloervelden en gootelementen, resulteerde in complexe details. Het probleem werd nog versterkt doordat het geheel onder een helling van 12° moest worden uitgevoerd (fig. 8, foto 9).

De goten hebben overigens de functie van doorvalbeveiliging aangezien er, op uitdrukkelijke wens van de architect, langs de opgaande randen geen hek is aangebracht.

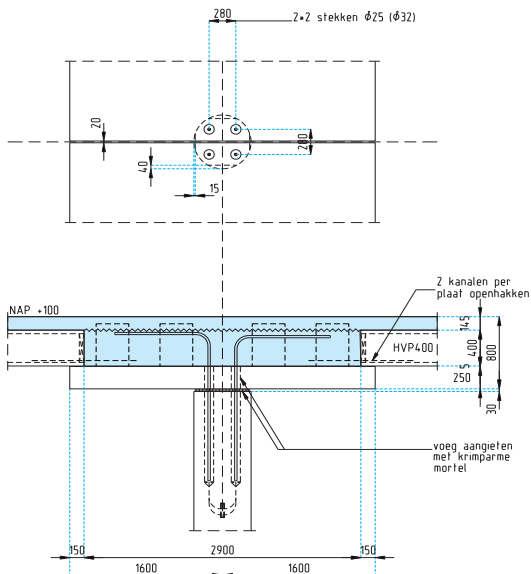
De plattegrond van de garage heeft een grillige vorm en op diverse plaatsen zijn verstoringen aanwezig door hellingbanen en trappenhuizen, waarvoor op basis van de hierboven beschreven details afgeleide oplossingen zijn doorgevoerd.

In het besteksontwerp waren de verzwaarde stroken opgelegd op consoleplaten op de kop van de prefab kolommen. Direct bij het begin van het uitwerkingstraject van de prefabconstructie kwam de constructeur met het voorstel deze consoleplaten te laten vervallen en de verzwaarde stroken direct op de kolomkoppen te leggen. Dit betekende voor de prefab elementen een aanzienlijke vereenvoudiging (zie kadertekst).

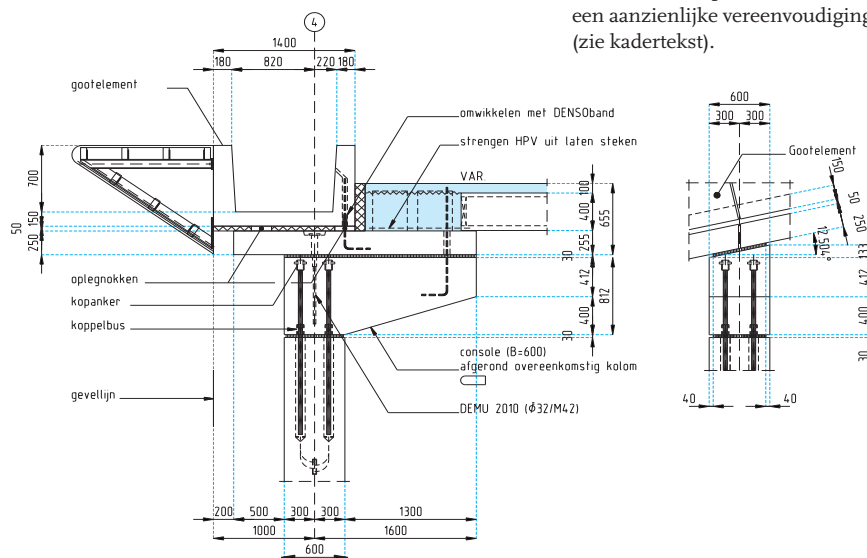
Oplegging verzwaarde stroken op kolommen

Veel prefab werken starten vanaf het bestekstadium waarbij afmetingen, vormen en details zijn vastgelegd. Afhankelijk van het type werk zijn er soms nog aanpassingen mogelijk, ingegeven door de wijze waarop de prefabricerancier tegen het ontwerp aankijkt. Bij de parkeergarage aan het Museumplein is door de hoofdconstructeur gekozen voor een tandoplegging voor de verzwaarde stroken, opgelegd op een kolomplaat van 1000 x 1000 mm². Op deze manier wordt in het montages stadium een kleinste overspanning van 6,7 m bereikt. Aangezien de belastingen tijdens dit stadium (statisch bepaalde ligger op twee steunpunten) dominant zijn, is dit een logische keuze. In het korte traject waarin de bestekstekeningen werden omgevormd tot montagetekeningen met details, is een alternatief voorgesteld voor de oplossing met kolomplaat en tandoplegging. Dit bestaat uit een directe oplegging van de balk op de kolom, waardoor de overspanning in het montages stadium 7,2 m wordt. Het bleek dat de gevolgen van de grotere overspanning gecompenseerd konden worden door de eenvoudiger uitvoering van de prefab constructie. De kolom kon zonder kolomkop worden uitgevoerd, hetgeen een besparing opleverde ten aanzien van bekisting en wapening. De balken konden zonder tandoplegging recht eindigen. Dit leverde een vereenvoudiging van de kopschotten in de bekisting op, alsmede het vervallen van de typische tandwapening bestaande uit ophang- en buigwapening. Gezien de grote oplegdruk is een terugliggende voeg toegepast. Tevens zijn ter plaatse van het uiteinde van de kolom extra beugels toegepast. Zo is bij een gelijkblijvende visuele aanblik van de balkoplegging een gelijkwaardig alternatief geboden.

ing. M.H.M.W.Ronde,
Arcadis Bouw/infra, Eindhoven



7 | Verzwaarde stroken in supermarkt op niveau begane grond (doorsnede B in figuur 1)



8 | Ondersteuning vloer en goot ezelsoor (doorsnede C in figuur 1)

Uitvoering

De montage van de prefab elementen had plaats vanuit de bouwput met een 140-tons rupskraan. Dit betekende dat zowel de kraan als de vrachtwagens die de elementen aanvoerden, de bouwput moesten inrijden via een hellingbaan met een maximale helling van 1 : 10. De benodigde ruimte voor de 55 m lange hellingbaan is gevonden aan de lange zijde van de plattegrond. De indeling en afmetingen van de plattegrond bepaalden vervolgens of er per bouwlaag of 'over de volle hoogte' kon worden gewerkt. In dit geval lag het voor de hand voor de laatste optie te kiezen. Dit betekende dat er hogere eisen werden gesteld aan de verhardingssnelheid van zowel de voegmortels tussen kolom en fundering als aan die tussen de prefab elementen onderling. Vooral in perioden met lage buitentemperaturen is dit een belangrijk criterium voor de te behalen montagesnelheid.

Het is wenselijk met minimale onderstempelingen te werken. De brede vleugelbalken waarop eenzijdig kanaalplaten worden gemonteerd, veroorzaken grote excentriciteiten die niet door de verbinding tussen balk en kolom kunnen worden opgenomen en dus om onderstempeling vragen of vermeden dienen te worden. Om dit te bereiken is de montage van de kanaalplaten uitgevoerd in een zig-zag beweging over zo groot mogelijke breedten van de plattegrond. Het maximale verschil per ligger tijdens de montage was twee kanaalplaten, waarbij kon worden volstaan met lichte stempels voor het stellen van de elementen.

Uiteraard zijn er randsituaties waar tijdens de montage altijd excentrische belastingen ontstaan. Dit verschijnsel werd nog versterkt door de gefaseerde uitvoering. In deze gevallen zijn zware onderstempelingen over twee bouwlagen toegepast. Ook de montage van het ezelsoor was



slechts mogelijk door gebruik te maken van uitgebreide en zware stempels.

De stempels zijn verwijderd voordat de druklagen werden gestort. Nadat de hellingbaan was verwijderd, is het laatste deel van de montage uitgevoerd vanuit een positie naast de stalen damwand. De montage van de prefab elementen is uitgevoerd in negentien weken. In totaal zijn 186 stuks verdiepingshoge kolommen Ø 600 mm, 87 vleugelbalken met een breedte van 4000 mm en 144 halve vleugelbalken met een breedte van 2600 mm gemonteerd. Voorts 21 platte balken met een breedte van 3000 mm, 5890 m² kanaalplaten met een dikte van 260 mm, 1548 m² van 320 mm en 7132 m² van 400 mm. Ten slotte 13 stuks gootelementen als randbeveiliging langs de opgaande zijden van het 'ezelsoor'. In totaal is dit circa 1900 m³ prefab beton, exclusief de kanaalplaten. ■

Projectgegevens
projectmanagement, constructieve en bouwkundige advisering:
 Arcadis Bouw/Infra, Den Haag
bouwkundige hoofdaannemer:
 Van Hattum en Blankevoort, Woerden
levering en montage prefab beton:
 Spanbeton, Koudekerk a/d Rijn
engineering prefab beton:
 Arcadis Bouw/Infra, Eindhoven

9 | Ezelsoor als ligweide

