

Figuur 4 - Principedetails ankerstoelen.

Na analyse van deze verschillen moest de oplossing gezocht worden in de interactie tussen de berekening van de damwand en de berekening van het stempelraam. In beide berekeningen werden namelijk vereenvoudigde aannames gedaan. Zo werd er in de berekening van de damwanden geen rekening gehouden met de complexe geometrie van schoren bleken namelijk niet de veronderstelde veerijfheid te halen. De staaldoorsnede en lengte van de stempelprofielen werden wel meegenomen, maar de hoek tussen de gording en stempelbuis vaak niet. De veronderstelde veerijfheid viel daarmee lager uit. Een schoor die onder 45 graden aansluit, reageert minder stijf dan een haakse aansluiting.

Tevens werd de vervorming van de gording tussen de aansluitende schoren lokaal onvoldoende meegenomen. De buigstijfheid van de balkprofielen bepalen de vervorming van de balk, die significant toeneemt bij serieuze overspanningen. De netto vervorming van de gording tussen aansluitende schoren bedroeg hierdoor meer dan bij de aansluitingen zelf. Als constructeur zou je in je schematisatie kunnen kiezen om een gemiddelde vervorming aan te houden. Verder werd het effect van de aanwezige ankerrijen niet meegenomen in de berekening van het stempelraam. Met name voor deze sectie was het van belang de interactie van de bouwkuip met de ankers en het stempelraam integraal te beschouwen. De berekende vervorming van het stempelraam kon namelijk niet optreden, gezien de groutankers dan dezelfde vervorming zouden moeten ondergaan.

Om de lagere stijfheid van het stempelraam

integraal te kunnen beschouwen, zijn variaties gemaakt op de damwandberekening, waarbij de stijfheid van het stempelraam met lagere waarden is gecontroleerd. Dit varieerde van 30.000 kN/m tot slechts 5.000 kN/m. Hieruit werd geconcludeerd dat in het uiterste geval de stempelkracht reduceerde naar slechts 30% van de initiële stempelkracht, maar dat de vervorming met +/- 30mm zou toenemen. De waarheid ligt ergens in het midden en kan enkel door meerdere iteratieslagen bepaald worden. Na analyse is ervoor gekozen om de stempelkracht uit het bouwkuipontwerp te handhaven en dit als bovengrens aan te houden. Voor de groutankers is tevens uitgegaan van een extra toeslag in ankerkracht, wat ook weer als bovengrens gesteld kon worden. Bovendien toonde dit voldoende aan dat de berekende vervorming die gevonden werd in de berekening van het stempelraam, nooit zou kunnen optreden in de praktijk. Op de damwanden zijn inclinobuizen aangebracht, om gedurende de uitvoering de vervorming van de damwanden te kunnen monitoren. Voorafgaand aan de uitvoering zijn signalerings- en overschrijdingswaarden vastgesteld.

Groutankers

Voor de tijdelijke groutankers is er uiteindelijk gerekend met een axiale rekenbelasting van 196 kN/m (bovenste anker niveau) en 405 kN/m (onderste anker niveau). Hiervoor zijn zelfborende ankers toegepast met types 53/26 mm tot 85/48 mm (binnen/buiten diameter) met lengtes variërend van 26,5 tot 32m. De ankers op het bovenste anker niveau zijn hart op hart 2,8m en op het onderste niveau 3,5m uit elkaar geplaatst. Hiervoor is er een spreidingsgording van HEB600 en HEB700 gebruikt.

Omdat de onderste ankerrij onder de grondwaterstand aangebracht moest worden, is er hier voor het ankerdetail voor een zogenaamde 'vlaggenmast' gekozen. Hiervoor moest de gording volledig op trek worden verbonden met de damwand. Daartoe zijn in alle damwandkassen strips aangebracht. Voor de bovenste ankerrij is gekozen voor een traditionele ankerstoel met knieplaten. Zie figuur 4.

Detailing stempelraam

Een van de belangrijkste details van het stempelraam waren de kruisende stempelbuizen welke tussen toren B en de zuidzijde zijn geplaatst en de stempelbuizen van toren A naar de oostzijde. Dit waren de stempelbuizen met de grootste diameter, namelijk Ø1520mm en tevens de langste. De maximaal berekende drukbelasting per stempelbuis was bepaald op 5300 kN. Vanuit de uitvoering bestond tevens de wens om deze details te prefabriceren in onze eigen lashed, waar wij conform NEN 1090 tot EXC 3 produceren. Hiervoor is een detail ontworpen waarbij er in de doorgaande stempelbuis twee delen HEB 1000 zijn ingesneden.

Het detail is zodanig ontworpen dat alles prefab op de bouw aangeleverd kon worden. Zo zijn er extra verstevigingsschotjes en kopplaten aangebracht, zodat de buizen ertussen geprefabriceerd aangebracht konden worden. De langste stempelbuizen zijn in twee delen aangebracht. Hiervoor is een koppeling berekend bestaande uit kopplaten, welke aan elkaar gebout werden met 13 bouten M30.

Vijzelwerk

Een bijzonder onderdeel van het stempelraam betrof het benodigde vijzelwerk. Naast het aanbrengen van een initiële stempelkracht (voorspanbelasting), diende er voor dit project ook (indien nodig) tussentijds gevijzeld te kunnen worden. Na het aanbrengen van de -3 keldervloer werd de stempelkracht deels afgelaten. Dit werd gedaan om de uiteindelijke trekbelasting op de -3 vloer te reduceren (waterdichte keldervloer).

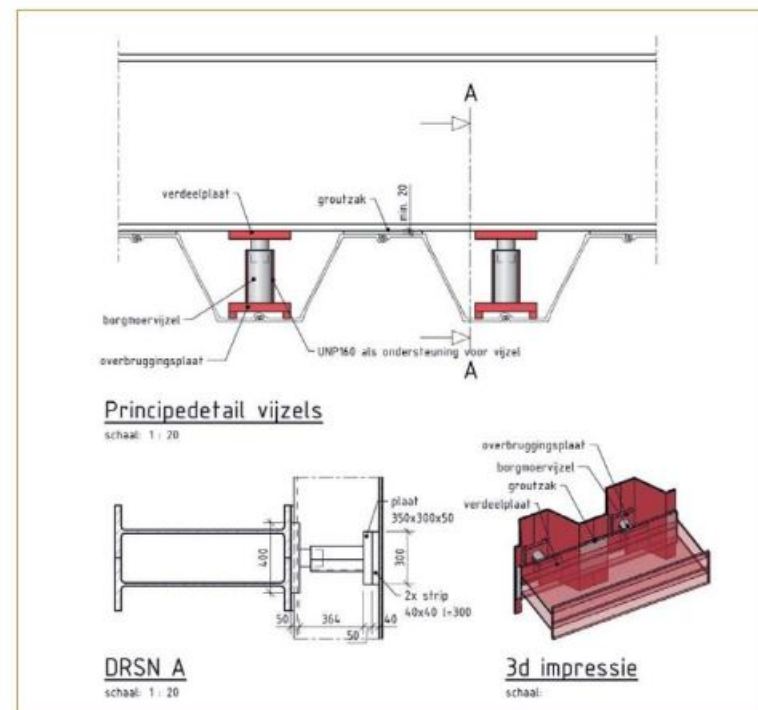
De initiële stempelkracht (vijzelkracht) was beperkt, namelijk 50 kN/m en 100 kN/m. Bij een hart op hart afstand van de stempelbuizen van 5m, kwam dit op +/- 500 ton uit. Echter, door de complexe geometrie van het stempelraam zou dit betekenen dat iedere stempel een vijzelvoorziening zou moeten krijgen. Bovendien werden er vanwege de complexe geometrie veel verschillende hoeken voor de schoren toegepast en bestond er veel variatie in de hart op hart afstand. Ook de fasering voor het aanbrengen van de vijzelkracht zou enorm complex worden. Daarom heeft Voorbij Funderingstechniek in samenwerking met Civiele technieken deBoer gezocht naar een alternatieve vijzelmethode, welke ook geschikt zou zijn voor het eventueel tussentijds vijzelen en het aflaten van de stempelkracht. Als alternatieve methode is ervoor gekozen om de vijzelvoorzieningen niet bij de stempels aan te brengen maar tussen de gording en de damwand in. Op deze wijze werd tevens een uniform verdeelde belasting maximaal gerealiseerd. Bij het voorspannen van alleen de stempels werden voornamelijk lokaal grote belastingen aangebracht. De uitdaging lag hem in het correct aanbrengen van de vijzelvoorziening in de beperkte ruimte van de kassen van de damwand. Bovendien betekende dit dat er veel vijzels gelijktijdig toegepast moesten worden. Om dit nog enigszins te beperken, is ervoor gekozen om het vijzelen in 4 fasen uit te voeren. Dit was echter een stuk minder fasen dan wanneer er gekozen zou zijn om ter plaatse van de stempels te vijzelen. In dit laatste geval was er een complexe fasering nodig waarbij de stempels één voor één op voorspankracht werden gebracht en gefixeerd zouden moeten worden.

Als vijzelvoorziening is er een overbruggingsplaat geconstrueerd, zodat de damwandsloten niet beschadigd zouden raken. Bovendien werd de belasting zo goed afgedragen naar de stijve delen

van het damwandprofiel. Om te zorgen dat de vijzelkracht over de twee H-profielen van de gording werd gespreid, is er een verdeelplaat toegepast. Er waren plaatdiktes van 50mm en 60mm benodigd, zie figuur 5.

Randvoorwaarde voor het vijzelen op deze manier was dat de ruimte tussen gording en damwand werd uitgevuld door middel van een grout uitvulling. Enerzijds werd de uitvulling aangebracht vóór het vijzelen, anderzijds werd de uitvulling aangebracht tijdens het vijzelen om zo de voorspankracht te borgen. Doordat er in iedere damwandkas een vijzel aangebracht kon worden, werd de kracht per vijzel beperkt. Tijdens het aanbrengen van de voorspanbelasting bedroeg deze maximaal 140 kN per damwandkas.

Om de uiteindelijke trekbelasting in de -3 keldervloer te reduceren, heeft RHDHV samen met J.P. van Eesteren voorgesteld om in een tussenfase de stempelkracht beheerst te laten reduceren en de damwand iets te laten vervormen. Door de eerder gekozen vijzelmethode kon dit eenvoudig worden gerealiseerd. Door opnieuw te vijzelen tussen de gording en damwand, zou het mogelijk worden om eerder aangebrachte grout uitvulling te verwijderen. Daarna kon de vijzelkracht worden afgelaten tot de gewenste waarde en kon er een



Figuur 5 - Principedetails vijzels.



Figuur 6 - Kruisende stempelbuizen vanuit de lucht.