

Landhoofden met prefab sponningen

Hybride constructie draagt horizontale en verticale belastingen af



Aan weerszijden van de keerconstructie in de Selectieve Onttrekking bij de Zeeshuis IJmuiden, waarmee het zoute en het zoete water worden gescheiden, bevinden zich de landhoofden, die bestaan uit een prefab sponningselement. Deze elementen zijn voorgebouwd op een voorbouwlocatie en vervolgens naar de definitieve locatie gevaren. Diverse constructies zorgen voor een juiste krachtafdracht.

De landhoofden vormen de verticale en horizontale oplegging voor de scheidende wanden en zijn geïntegreerd in de kerende constructie, die zich aan beide zijden van het Binnenspuikanaal bevindt.

De landhoofden zijn identiek en bestaan uit een prefab betonnen element (de 'prefab sponning') van 15 m lang met een doorsnede van $3,75 \times 2,1 \text{ m}^2$ (fig. 2). Over de hoogte van dit element is een sleuf (de daadwerkelijke sponning) opgenomen van $1,25 \times 1,125 \text{ m}^2$, waarin de betonnen scheidende wanden vallen. Onderin het prefab element bevindt zich een vloer.

De bovenkant van het landhoofd ligt op NAP +1 m, de onderzijde op NAP -14 m.

Bouwkuip

De prefab sponning is geplaatst in een permanente bouwkuip met aan de landzijde verankerde combiwanden (buispalen $\text{Ø}1420 \times 21$) en aan de waterzijde een damwand-scherm (AZ52-700) (fig. 3). Als waterdichte afsluiting aan de onderzijde is onderwaterbeton (OWB) aangebracht, verankerd met verticale GEWI-trekankers. De bouwkuip maakt deel uit van de permanente dragende constructie.

Door het toepassen van een bouwkuip met onderwaterbeton kon het element in den droge worden geplaatst. Hierdoor is veel

duik- en onderwater laswerk vermeden.

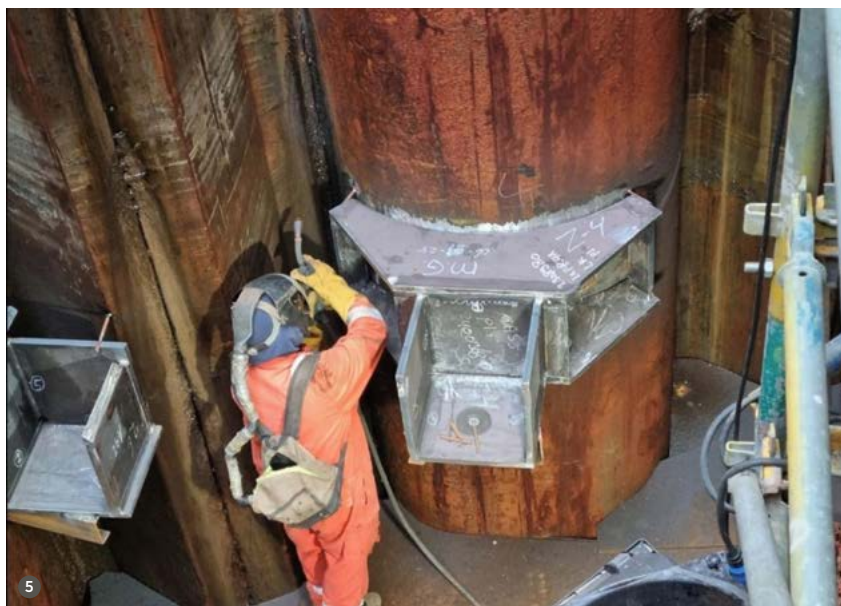
Het onderwaterbeton in de bouwkuip is in de eindsituatie niet dragend. Verticale belastingen worden door de combiwanden afgedragen naar de ondergrond.

In de eindsituatie is de middelste plank van het damwandscherm van de bouwkuip afgebrand en verwijderd. Zo is er ruimte ontstaan om de betonnen scheidingswanden te plaatsen. Twee rubber omega-profielen tussen de prefab sponning en het resterende damwandscherm zorgen voor een waterdichte afsluiting, waardoor achterloopsheid niet op kan treden (fig. 3).

Verbindingen

Na het plaatsen van de prefab sponning, moest hij op drie niveaus worden verbonden met de combiwanden van de bouwkuip. Dit ten behoeve van de afdracht van de horizontale belastingen en het op zijn plek houden van de element.

Allereerst is het prefab element door middel van twee stalen frames (fig. 2, foto 4) horizontaal verbonden met de achterste vijf buispalen van de combiwand, op NAP -8 m en NAP -12,90 m. Aan de buispalen en het betonelement zijn bakjes gemaakt waar de staalframes in vallen (foto 5). Hierbij is zoveel mogelijk gebruikgemaakt van verbindingen die enkel drukkrachten overbrengen. Zodoende wordt een eenduidige en voor- →



spelbare krachtswerking gerealiseerd. Het ontwerp van de stalen bakjes en de krachtsinleiding in de buispalen is gecontroleerd in het 3D-eindige-elementenprogramma RFEM. Hierbij is het globale effect in de buispalen (buiging en normaalkracht) gecombineerd met het lokale effect (geconcentreerde krachtsinleiding).

Aan de bovenzijde is een in situ betonnen vloer (de 'pet') gestort, waarmee de prefab sponning ook aan de bovenzijde met combiwand is verbonden. Via deze pet kunnen zowel horizontale als verticale belastingen worden afgedragen naar de buispalen.

In de eindsituatie ontstaat zo een hybride constructie van beton, constructiestaal en een combiwand die de horizontale en verticale belastingen afdragen naar de ondergrond. Deze totaalconstructie wordt het landhoofd genoemd.

Krachtswerking

Verticale belastingen De totale verticale belasting bedraagt circa 7000 kN per landhoofd. Deze wordt op twee manieren afgedragen, afhankelijk van de stap in de bouwfasering.

Bij plaatsing van de prefab sponning in de bouwkuip rust het element op het onderwaterbeton en het daaronder aanwezige draagkrachtige zandpakket.

In de eindsituatie, dus na het gereed-

komen van de pet en het plaatsen van de scheidende wanden op de vloer onderin het prefab element, wordt verreweg het grootste deel van de verticale belasting afgedragen via de prefab sponning en de pet naar de buispalen van de combiwand.

Door de aanwezigheid van de pet ontstaat een stijver systeem, waarbij de constructie hangt aan de buispalen. Dankzij het uitgangspunt dat alle verticale belastingen via de bovenzijde kunnen worden afgedragen, kunnen het OWB en de trekankers in het OWB worden beschouwd als een tijdelijke constructie.

Horizontale belastingen In horizontale richting, haaks op de scheidende wanden (evenwijdig aan het Binnenspuikanaal), dragen de wanden via opleggingen de belasting af op de prefab sponning. Iedere wand heeft vier horizontale opleggingen, twee per zijde. Deze wordt vervolgens, door de prefab sponning, afgedragen naar de stalen frames en de in situ pet, en vervolgens naar de buispalen.

In de richting evenwijdig aan de scheidende wanden (haaks op het Binnenspuikanaal) is aan de bovenzijde van de prefab sponning een oplegging voorzien om horizontale belasting evenwijdig aan de wanden op te nemen, waarna deze ook via de pet naar de buispalen wordt afgedragen. →

In de eindsituatie hangt de prefab sponning via de pet aan de buispalen

Meer over deze opleggingen staat in het deel over de scheidende wanden.

Het principe van de verticale en horizontale krachtsafdracht in de eindsituatie is weer-gegeven in figuur 6 en 7.

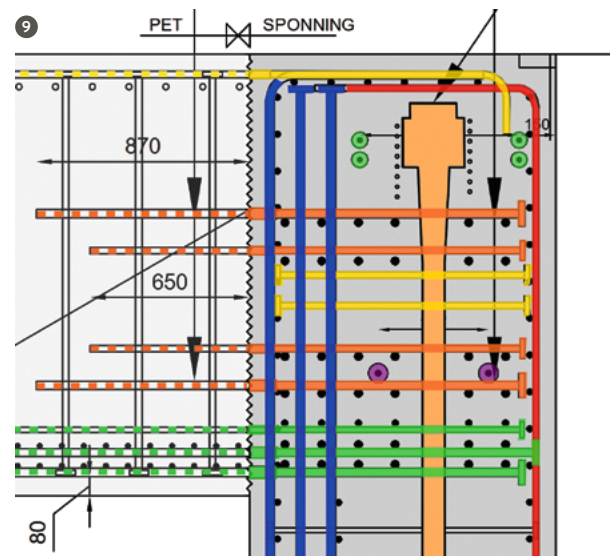
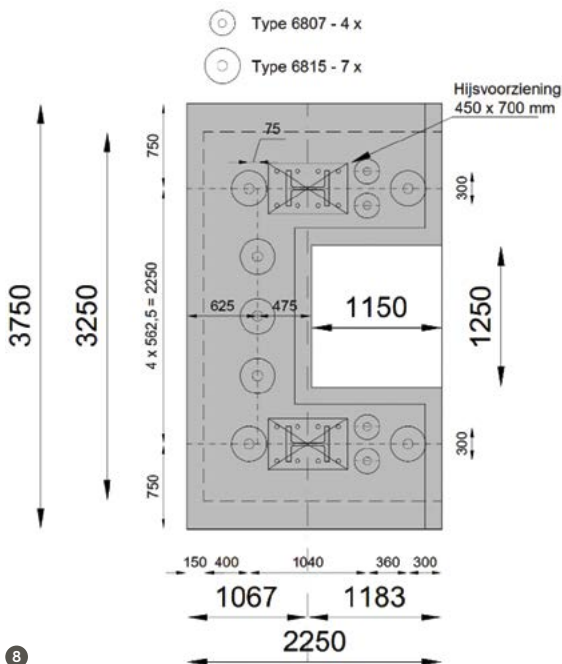
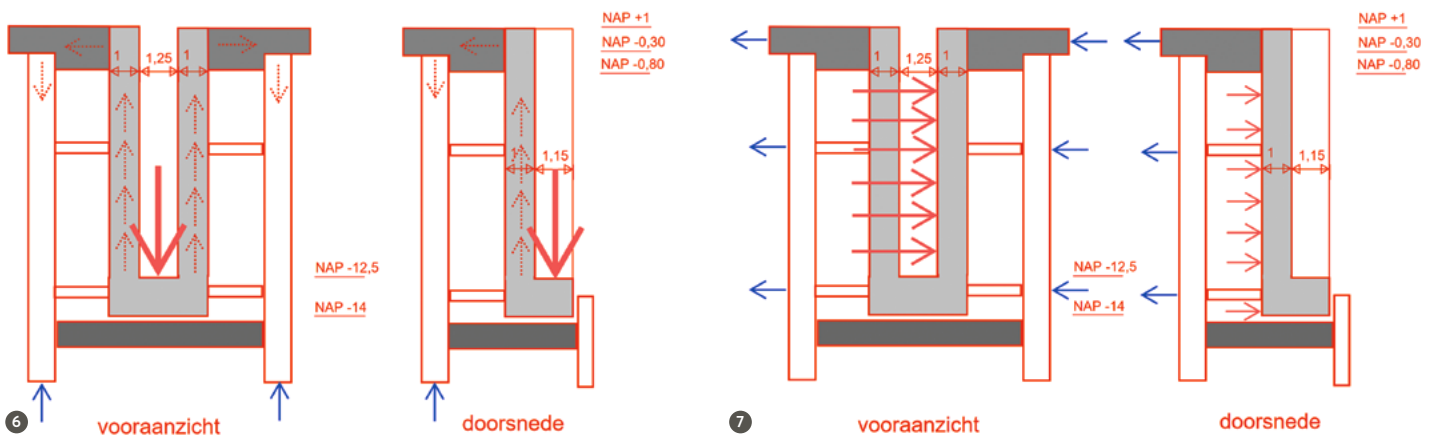
Om de krachtswerking en de interactie tussen betonconstructie, combiwand en grond goed te kunnen beschouwen, zijn rekenmodellen gemaakt in Plaxis 3D en Scia Engineer. Randvoorwaarden en vervormingen zijn hierbij afgestemd om tot een juiste modellering te komen. Hierbij zijn ook zaken als bouwfasering en variaties in grondgedrag beschouwd.

Betonconstructie en wapening

Het prefab betonnen element is uitgevoerd in voorgespannen beton. De voorspanning is bedoeld als ophangwapening, maar ook om de momentcapaciteit bovenin de prefab sponning te vergroten. Door de grote verticale belasting vervormt de pet en ontstaan grote opendraaiende momenten in de aansluiting van de prefab sponning en de pet.

De voorspanning bestaat uit 11 rechte kabels, bestaande uit 15- en 7-strengs kabels (fig. 8). Voor de verbinding tussen de prefab sponning en de pet wordt gebruikgemaakt van mechanische koppelingen.

De knoop aan de bovenzijde is uitdagend. De aanwezigheid van de grote open-



draaiende momenten, grote dwarskrachten, slijtkrachten, de hijspunten en de verankering van de voorspanning levert een ingewikkelde wapeningsknoop op, waarbij door het gebruik van T-heads zoveel mogelijk werkruimte is gecreëerd (fig. 9).

De maakbaarheid is gewaarborgd door een stappenplan op te stellen waarbij de wapening clashvrij in 3D is uitgewerkt (fig. 10 en 11). Deze inspanning tijdens het ontwerptraject heeft zich uitbetaald door een vlotte uitvoering van het vlechtwerk.

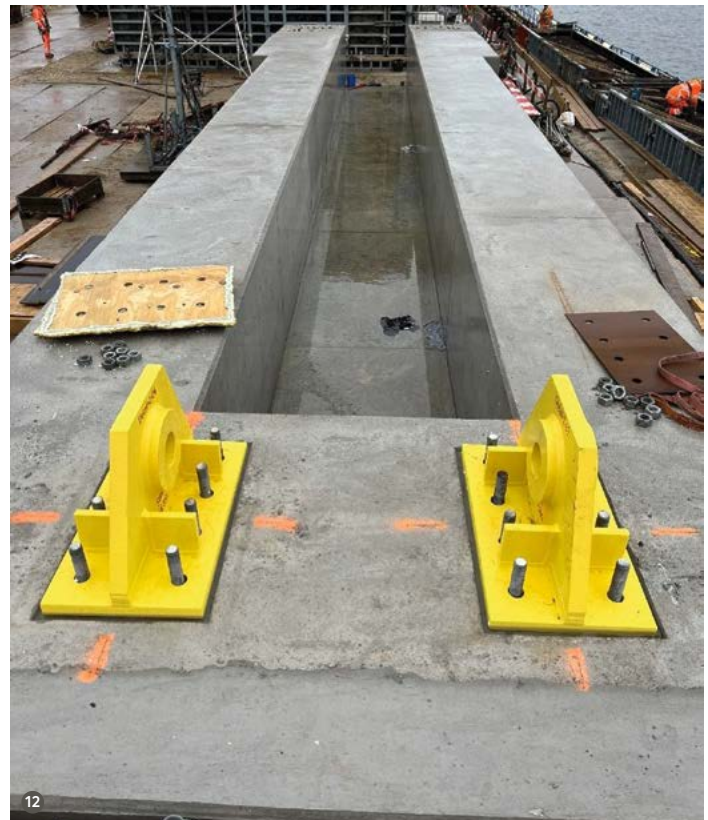
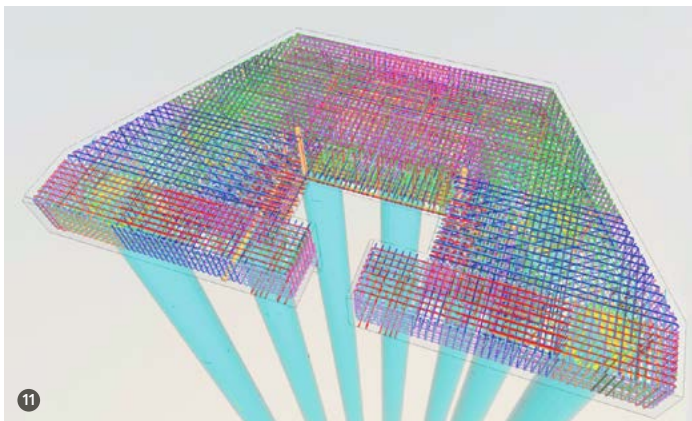
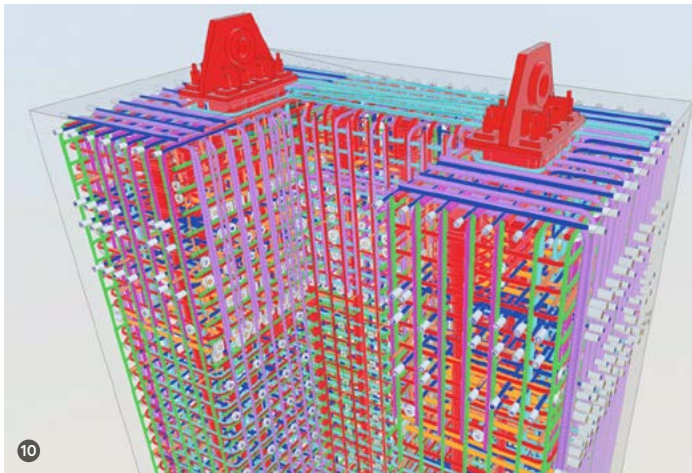
Montage en hijspunten

De prefab sponningen zijn in horizontaal liggende positie voorgebouwd. Om ze te kun-

nen plaatsten zijn ze gekanteld en met een drijvende bok vervoerd naar de definitieve positie.

Om het kantelen en inhijzen mogelijk te maken zijn vier hijspunten voorzien, met ingestorte shearkeys, die werken als afschuifverbinding, en acht M36 voorspanankers (foto 1 en 12). De hijspunten zijn ontworpen op het opnemen van zowel een grote dwarskracht als een trekkracht (vanwege het kantelen), als gevolg van het eigen gewicht van 240 ton. Door de wijze van voorbouwen en transporteren kent iedere fase zijn eigen specifieke ontwerpbelastingen en krachtwerving. ●

In de wapeningsknoop is door het gebruik van T-heads zoveel mogelijk werkruimte gecreëerd



10 3D-wapening bovenzijde prefab sponning met hijspunten

11 3D-wapening pet

12 Hijspunten onderzijde prefab sponning (foto: Hugo Vlieland)