

Oplossingen voor Kademuurconstructies

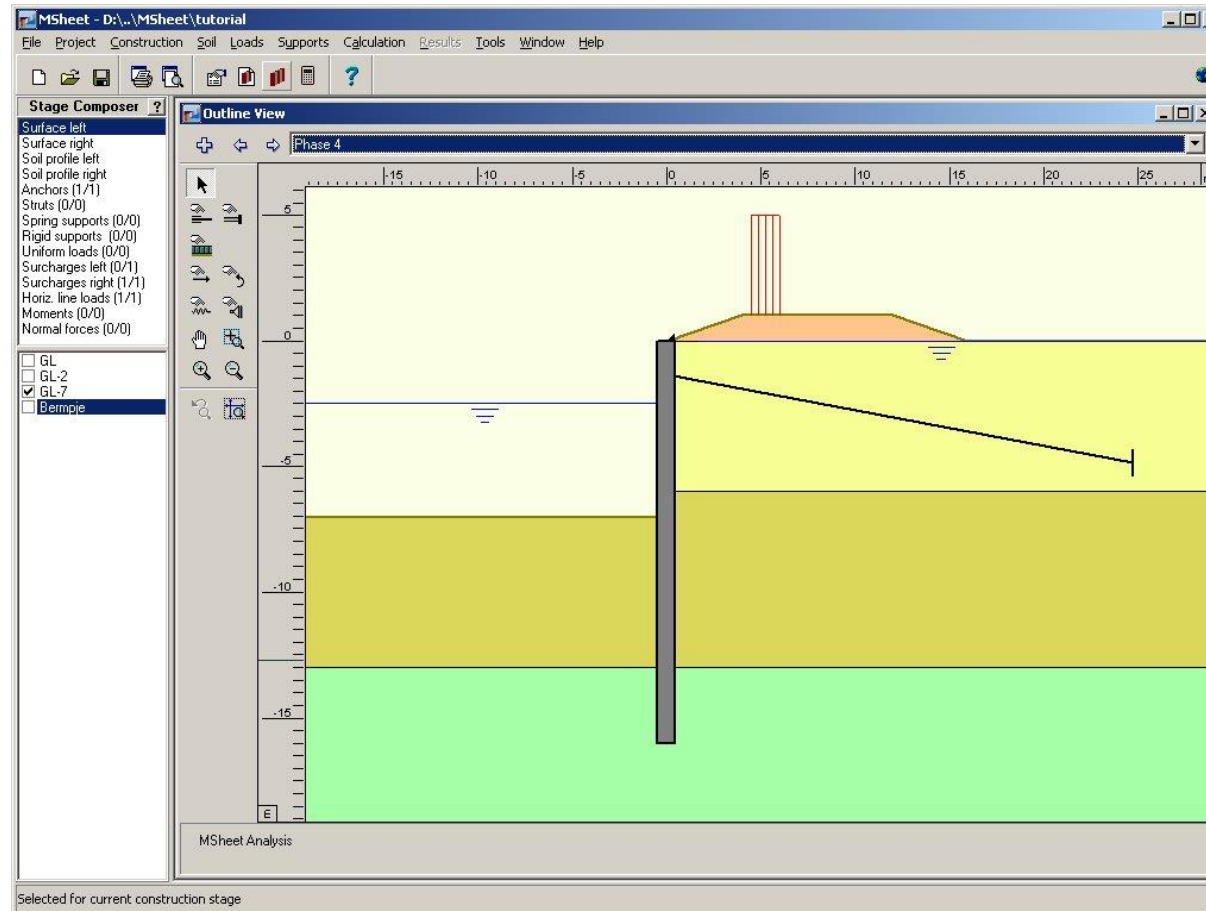
door Theo Huijbregts, ingenieursbureau Geologics BV

NGO Kennissessie: Geokunststoffen in de waterbouw

Wat zijn kademuurconstructies ?

- Kadeconstructies en -muren zorgen voor een goede scheiding tussen land en water.
- Een kademuur is een grond- en waterkerende constructie, die weinig ruimte inneemt ten opzichte van een scheiding door taluds.
- De belastingen die op een kade werken zijn hoofdzakelijk verschillen in grond- en waterdruk aan beide zijden van de kade, door hoogteverschil in de grondniveaus en waterstanden en de aanwezigheid van maaiveldbelastingen.

Ontwerp kademuurconstructies (damwanden)



Verankering

- ***Verankering***

Een kadeconstructie kan worden voorzien van een verankeringsconstructie. Dit kan worden gerealiseerd door het gebruik van legankers (traditioneel anker), klpankers, groutankers, ankerpalen, geogrids of een paaljuk met schoorpalen.

Verankering damwand met geogrids



Windpark De Krammer

Bij Windpark De Krammer zijn de damwanden met geogrids verankerd. Bij dit project zijn ook full-scale testen gedaan om dit aan het ontwerp te toetsen. Een publicatie hierover staat in Geokunst van maart 2020.



Damwand verankering A9 bij IKEA

Detail verbinding met damwand.
Geogrid wordt om een buis geslagen die met U-verbindingen aan de damwand is gekoppeld.



Geokunst (katern van Geotechniek)

November
2019









GEOGRID-VERANKERDE DAMWANDEN DEEL 1: VOORBEELDPROJECTEN EN ONDERZOEKSOPZET

Inleiding
Damwanden worden toegepast bij ontgravingen en bij ophogingen. Bij een ontgraving wordt eerst de damwand gelijstaleerd. Daarna wordt er ontgraven tot het eerste verankeringsniveau en worden de stalen ankers gelijstaleerd. Vervolgens wordt er verder gegraven en verankerd totdat de uiteindelijk diepte is bereikt. Bij een damwand voor een ophoging is er een bepaalde hoogte van de ophoging nodig voordat de stalen ankers kunnen worden gelijstaleerd. Dit heet als naaste dat de damwand al kan gaan vervormen tijdens het ophogen. Deze initiële vervorming kan onacceptabel groot zijn en dan is een tijdelijke ondersteuning noodzakelijk. Een alternatief bij een damwand voor een ophoging is om de damwand te verankeren met geogrids (Figuur 1). In dat geval worden de geogrids gelijstaleerd en verbonden aan de damwand tijdens het ophogen. Door voor te spannen ontstaat er een trekspanning in het geogrid, en dat reduceert de initiële vervorming van de damwand.

breedte verankerd. Uitgebreide analytische en numerieke analyses zijn daarom nog noodzakelijk. Het meest conservatieve resultaat uit de analyses wordt gebruikt.

Er is dus behoefte aan een duidelijke ontwerp-methode voor geogrid-verankerde damwanden. Daarvoor is het noodzakelijk om eerst goed te begrijpen welke mechanismen een rol spelen. Zijn deze vergelijkbaar met die in de situatie van gewapende grond met een stijve voorzetwand, of met die bij een normale verankerde damwand, of zijn de mechanismen toch net iets anders? Om de mechanismen in kaart te brengen is een groot onderzoek opgezet, waarvoor we in Geokunst met een serie artikelen zullen rapporteren. Dit eerste artikel presenteert een viertal casestudies en gaat in op het verschil tussen geogrid- en stalen dam-grids gelijstaleerd en verbonden aan de damwand tijdens het ophogen. Het artikel besluit met een overzicht van de onderzoeksvragen over het geotechnisch gedrag. Op basis hiervan hopen we te komen tot een ontwerpprocedure.

Casestudies
Geogrids zijn al meermalen in de praktijk toegepast als tijdelijke en permanente sikkerelementen van kerende constructies. In de volgende paragrafen beschrijven we vier casestudies.

CASE 1 - TIJDELIJKE BRUG IN ZWITSERLAND
In Domat/Ems, Zwitserland, is in 2006 op een bouwplaats een tijdelijke brug gebouwd. Om

ongeveer 600.000 m³ uitgegraven grond af te voeren moesten in zes maanden ongeveer 40.000 74-ton truck-passages over de brug plaatsvinden. De brug was 10 meter hoog, en bestond uit twee losse rijbanen met een overspanning van 11 meter, met in het midden een steunpunt. De landhoofden van de brug zijn uitgevoerd met behulp van balkenwanden (type: Berliner wand), die ieder waren verankerd met vier dubbele lagen Fortrac® geogrid. De lange-duur trektesten van het geogrid was 150 tot 220 kN/m. De geogrids waren met I-balken bevestigd aan de damwand en voorgespannen om initiële vervormingen tijdens de constructiefase te beperken. Omdat het om een tijdelijke brug ging, is veel zorg besteed aan de demonteerbaarheid van de brug en de herbruikbaarheid van de bouwmaterialen. Alle materialen zijn na het terugwinnen beproefd en voldoende goed bevonden om ze nog minimaal één keer te kunnen gebruiken in een ander project. Bovendien werden zoveel mogelijk lokale vulmaterialen gebruikt om de kosten te drukken.

De geogrids werden voorgespannen met behulp van een kleine sleuf. In Figuur 4 is de werkwijze weergegeven. Deze werkte goed, er was slechts een klein beetje voorgespanning nodig. Na ingebruikname liet geodetische en visuele inspectie van het geogrid maximaal 10 mm horizontale en verticale deformatie zien, en het landhoofd zelf verplaatste maximaal 5 mm, horizontaal en verticaal.





Figuur 1 – Een geogrid-verankerde damwand.

Figuur 2 – Tijdelijke brug in Zwitserland.

Figuur 3 – De bouw van de tijdelijke brug in Zwitserland.

GEOKUNST 60 NOVEMBER 2019

Maart
2020









GEOGRID-VERANKERDE DAMWANDEN DEEL 2: FULL SCALE TEST

Inleiding
Op de strekdammen en in de omgeving van het sluitingscomplex Kramer zijn 34 windturbines gerealiseerd met een aanhoogte van 122 m en een rotor diameter van 115,7 m. Dit park was tijdens de realisatie (2018) al goed voor 200.000.000 kWh (200 GWh) aan windenergie en in 2019 is 330 GWh aan energie geleverd. De doelstellingen uit 2016 (zie www.windparkkramer.nl) dat meer dan 100.000 huishoudens van windenergie worden voorzien is in 2019 volledig waargemaakt.

Windpark Kramer is innovatief. Een beeldtest-systeem (DTBird) neemt vogels in de omgeving van. Als een visarend wordt gespot, dan staan de rotors binnen enkele seconden stil. Als bouw-

Nederland kan je natuurlijk niet achterblijven. Een intensieve samenwerking tussen GMB, Voets Gewapende grond, Huesker Synthetic B.V. en GeoTec Solutions (kortweg de bouwers) heeft geleid tot lokale verbreding van de strekdam door middel van een innovatieve bouwmethode. De impact op omgeving, bouwstof- en energieverbruik is geminimaliseerd. Figuur 1 toont het eindresultaat.

Aanbiedingsontwerp van de bouwput
Voor de lokale verbreding zijn damwanden noodzakelijk. Stalen damwanden zijn relatief duur en de milieu impact van staalproductie is hoog. Bij de productie van 1000 kg staal komt b.v. 480 kg CO₂ vrij. De emissie factor op 1 kWh grijze stroom

is 0,648 kg CO₂, grofweg komt bij 1 000 kg staal-productie evenveel CO₂ vrij als bij de productie van 750 kWh. Dus elke 1 000 kg minder staal levert een equivalent van 750 kWh aan lagere CO₂ productie op. De gemiddelde energiebehoefte van een gezin in een jaar, geproduceerd met grijze stroom, is equivalent aan de productie van 5000 kg staal, dus circa 40m³ stalen damwand.

Een doelstelling in de tenderfase was duidelijk, het verbruik van grondstoffen tot een minimum beperken. De bijdrage van kortere en lichtere damwand profielen is groot. De inbrengdiepte onder de waterbodem is geminimaliseerd. In de fase dat de damwand vrijstaat in het water werden bij geringe waterstandsverschillen al grote horizontale verplaatsingen verwacht. Er is een drainage voorziening getroffen om het waterstandsverschil te beperken. De horizontale stabiliteit in latere fasen is gewaarborgd door de damwanden meervoudig te verankeren met legankers, waarbij het onderste leganker met boven laagwaterniveau is gelijstaleerd. Door de verankering heen is een ring van palen ingeheld voor de fundering van de turbines (zie Figuur 2). Er is gekozen voor een damwandverankering van voorgespannen flexibele geogrids. De fundamentele werden voorgeboord (gewoeld) tot onderzijde laagste geogrid en vervolgens ingeheld. Ter compensatie van het verlies in doorsnede zijn geogrids toegepast met een hogere treksterkte.

Tijdens de tender is met traditionele damwand-berekeningen de haalbaarheid van een met geogrid verankerde damwand onderzocht. De lengte van de geogrids is van onder naar boven ontworpen, waarbij de effectieve ankerlengte (groen in Figuur 3) van een bovenliggend anker start aan het einde van het daaronder liggende anker. Het ankerlichaam van het onderste anker was gepositioneerd buiten de actieve wig, welke conservatief loopt tot de onderzijde van de damwand. Deze benadering resulteerde er wel in dat de bovenste verankeringslaag erg lang wordt. Het risico van onderlooptheid bij vallend water (hoogwater -> laagwater) is getackeld door de damwand te perforeren, zodat vallend water niet tot een groot waterstandsverschil over de damwand leidt.

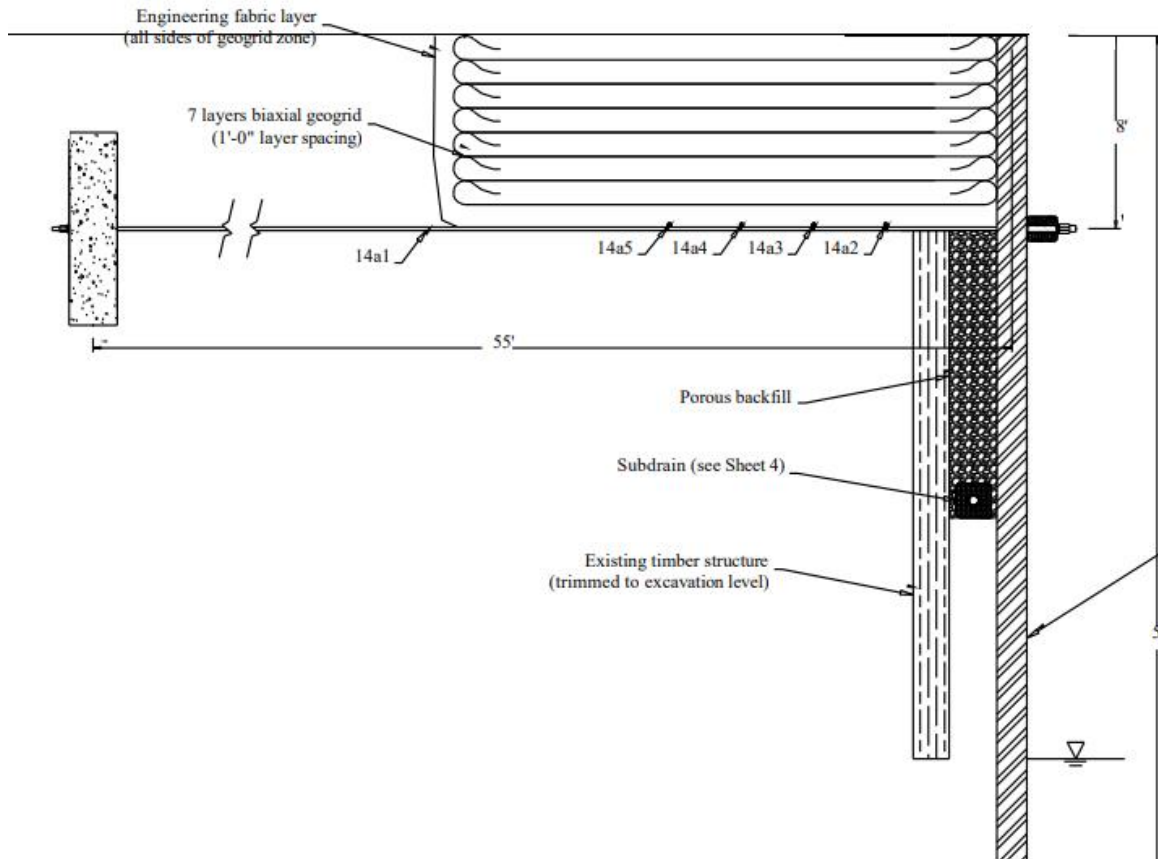



Figuur 1 – Windpark Kramer (foto Paul Martens).

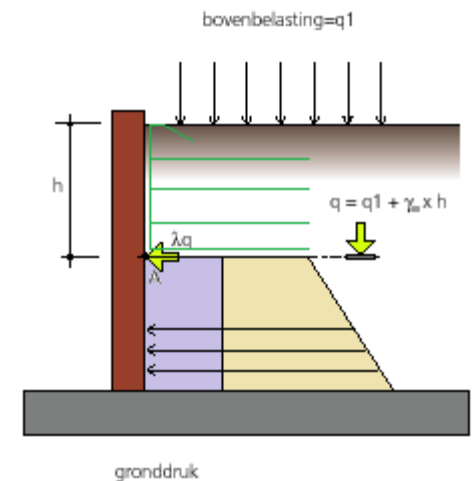
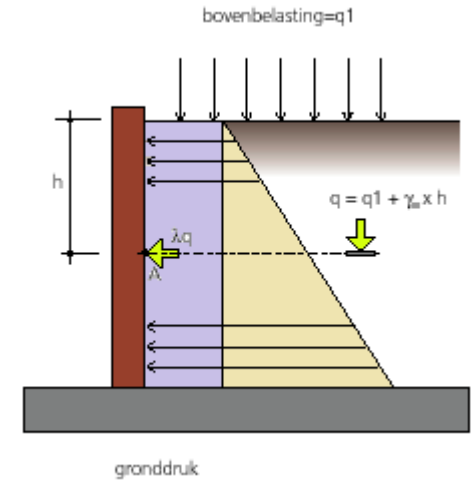
Figuur 2 – Bovenanzicht met de geogrids welke de damwand verankering vormen.

GEOKUNST 63 MAART 2020

Ontlastconstructie met gewapende grond achter kademuur



Door gereduceerde horizontale belasting aan bovenzijde damwand een kleiner moment (= iets lichtere damwand)



Blokkenwand met gewapende grond als kademuur



Brug centrum Wanssum (GOW)

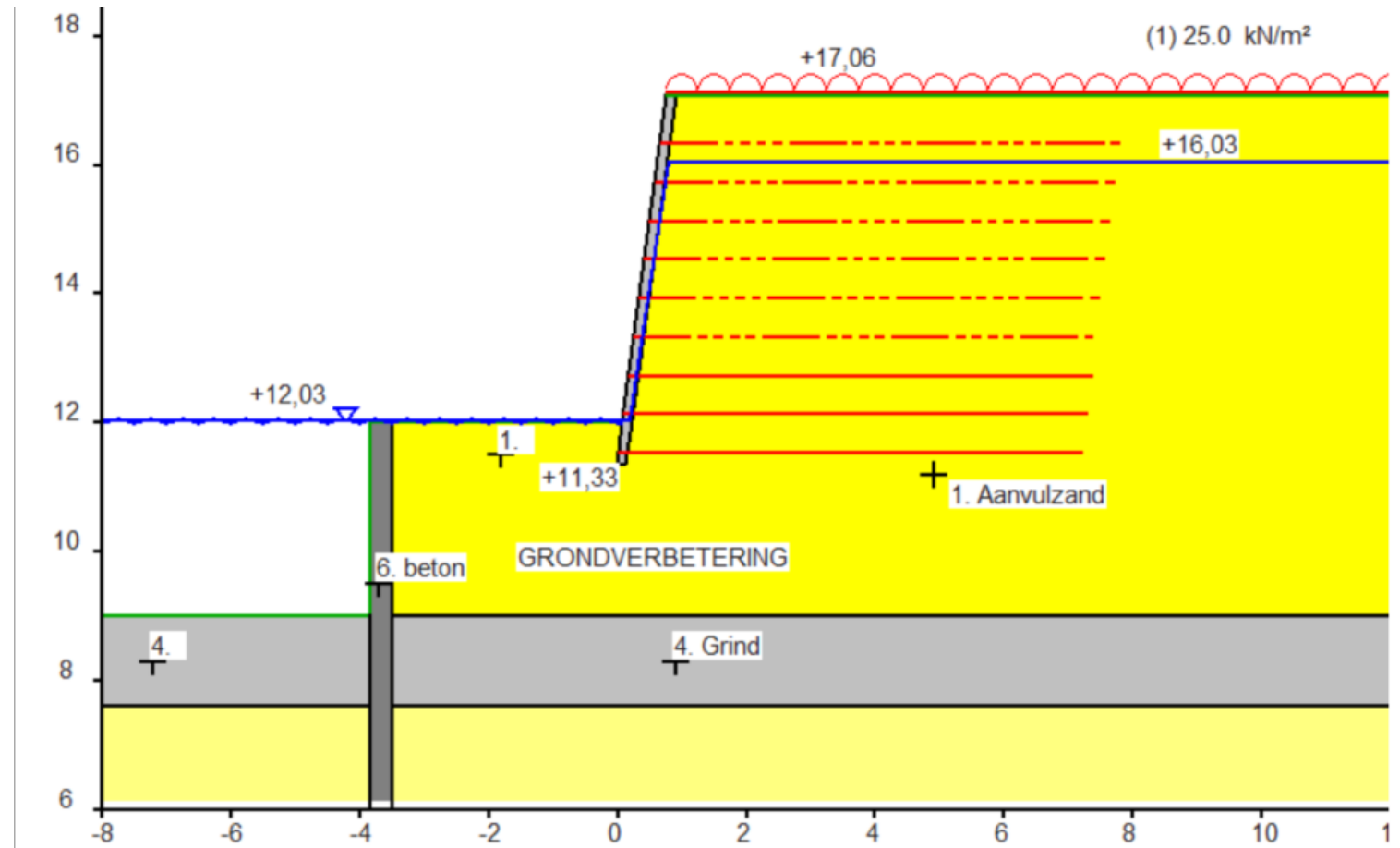


Schip tegen stuw bij grave [2016]



Bijzondere ontwerp-aspecten – val van water

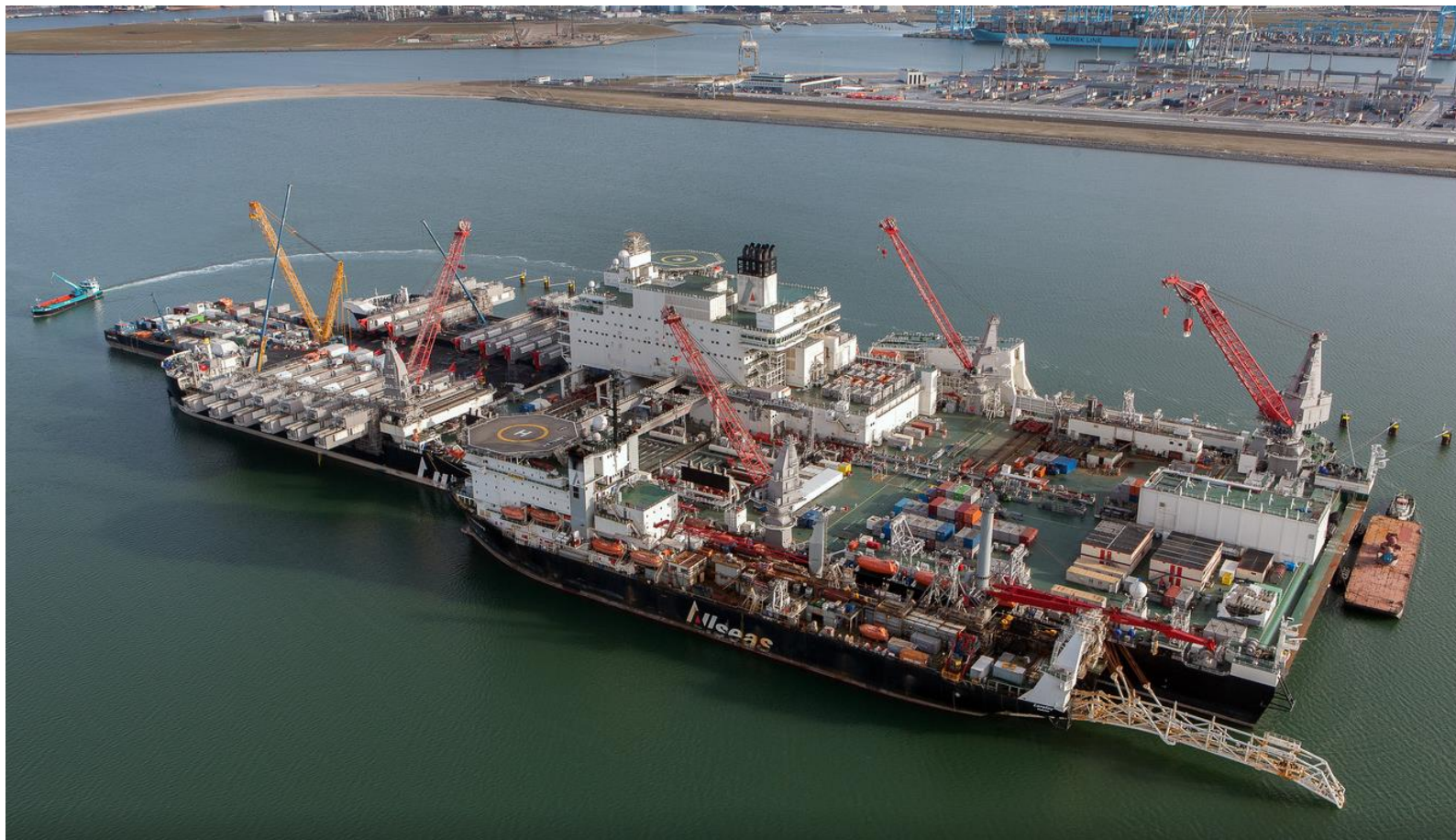
In het ontwerp van de keerwanden moet vanwege een noodsituatie rekening worden gehouden met een val van het water van 4 m. Hierbij is ook de benodigde β -waarde verhoogd naar 5,1. (vergelijk bij CC3/RC3 is de β -waarde 4,3 [NEN-EN 1990])



Upgrade SAGRO kade Vlissingen

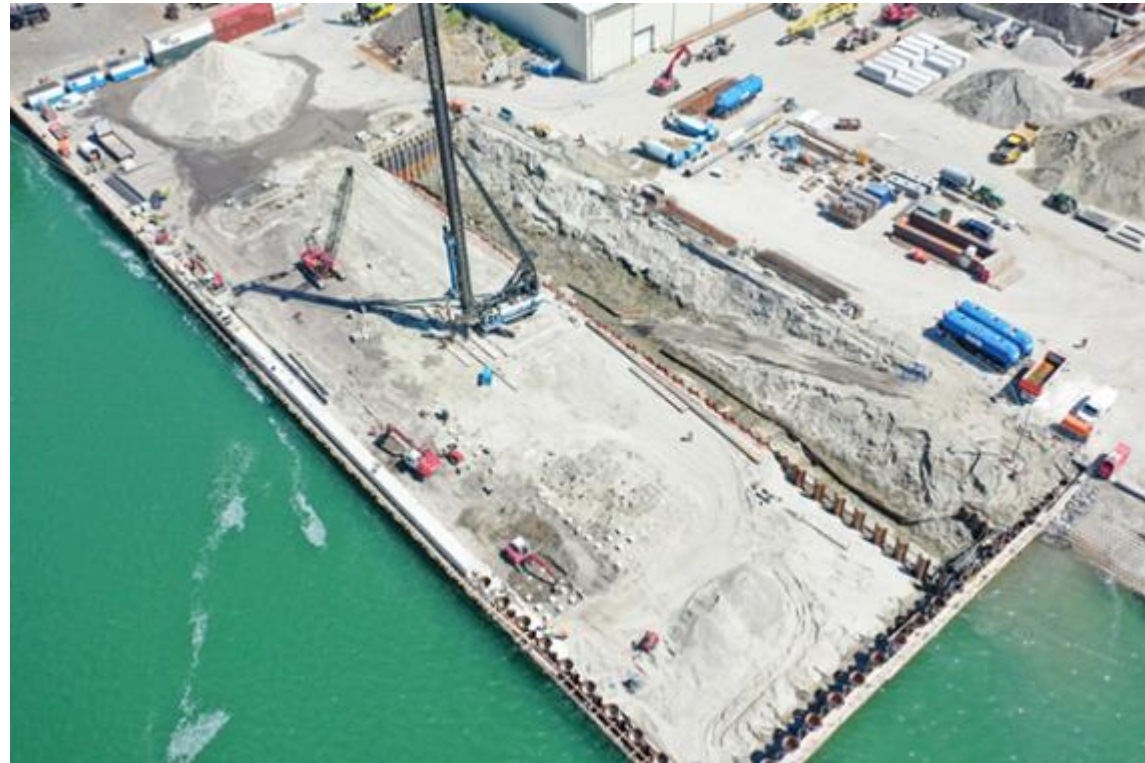
De Pioneering Spirit heeft de vorm van een gigantische catamaran. Het wordt vooral ingezet om boorplatforms te ontmantelen.

De Pioneering Spirit, het offshoreschip van rederij Allseas, leverde in 2020 in de Westerhofhaven in Vlissingen een deel van een boorplatform af.



Upgrade SAGRO kade Vlissingen

Upgraden van de draagkracht (tot 150 kN/m²) achter een kadeconstructie door een ontlastvloer met een paalmatrassysteem en een overgangsconstructie met een Tensar Stratum[®] cellenstructuur.

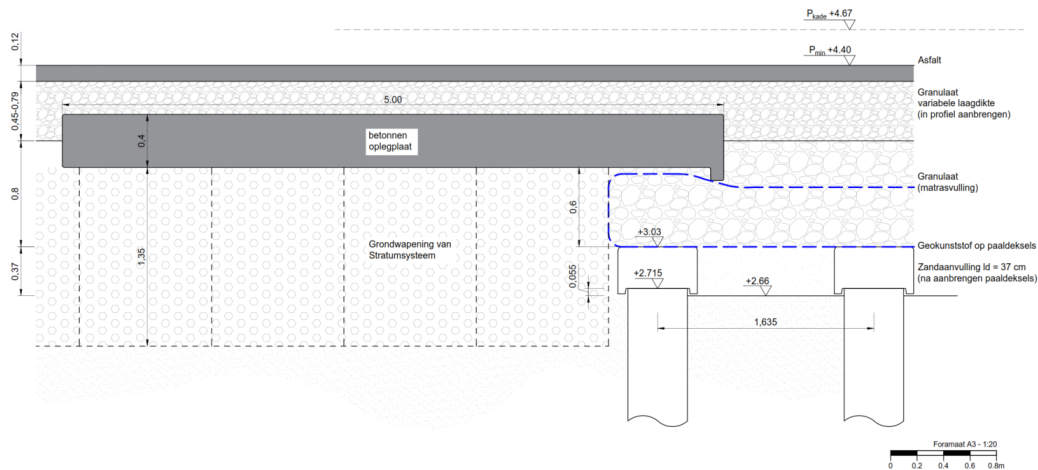


Upgrade SAGRO kade Vlissingen



Upgrade SAGRO kade Vlissingen

Opbouw van de overgangsconstructie met een Stratum[®] cellenstructuur. Door de zeer grote lastspreiding van dit systeem kunnen de belastingen van de opgeslagen onderdelen zeer effectief worden gespreid naar de



Upgrade SAGRO kade Vlissingen

Onderdelen van boorplatform kunnen op SPMT's (SPMT = Self-propelled modular transporter) over de kade worden getransporteerd waarbij de belasting door de ontlastvloer naar de ondergrond wordt afgedragen zonder dat de kademuurconstructie de extra belasting krijgt.



Oplossingen voor Kademuurconstructies

Vragen

