



Razendsnel bemalingsplan herzien

De windmolens in het windpark Windplanblauw in Flevoland hebben een fundament nodig. Bemaling is nodig bij de ontgraving daarvoor. In de praktijk bleken hogere ijzergehalten in het grondwater te zitten dan vooraf gedacht. Om het project niet te laten uitlopen, is in noodtempo een nieuw uitvoeringsontwerp gemaakt.

In de noordwesthoek van Flevoland wordt windpark Windplanblauw gerealiseerd, waarvan Dura Vermeer onder andere 37 fundaties voor windmolens op land ontwikkeld. Tijdens de uitvoering van de bemaling, die nodig is om de funderingspoeren te kunnen storten, bleek dat hogere debieten en ijzergehalten werden geconstateerd dan uit het (voor)onderzoek door derden was aangenomen. Hierdoor was de beoogde bemalingsstrategie van een spanningsbemaling en een retourbemaling in combinatie met een eventuele lozing, niet zomaar mogelijk en waren acht dure en moeilijk verkrijgbare ontijzeringsinstallaties nodig. Als deze installaties niet op het juiste moment voor handen zouden zijn, zou het project flink uitlopen. Als reactie daarop is het uitvoeringsontwerp van de bemaling volledig door CRUX herzien, waardoor de ontgravings- en bemalingsstrategie is geoptimaliseerd, mede door slim programmeren.

Verticale stabiliteit

Een fundatie van een windmolen bestaat uit een palenplan en een betonnen mastvoet met een diameter van ca. 21 m. De benodigde

IN 'T KORT - Bemalingsplan

In de noordwesthoek van Flevoland wordt windpark Windplanblauw gerealiseerd

Dura Vermeer ontwikkeld onder andere 37 fundaties voor windmolens op land

Er werden hogere debieten en ijzergehalten geconstateerd dan was aangenomen

Hierdoor was de beoogde bemalingsstrategie niet zomaar mogelijk



Impressie stortproces fundatie. (Foto's: Dura Vermeer)

ontgraving tot 1,5 m onder maaiveld moet in den droge worden uitgevoerd én natuurlijk verticaal stabiel zijn. De complexiteit in dit project zit in de verticale stabiliteit, omdat de deklaag sterk ruimtelijk variabel is (zelfs binnen één mastvoet) en de stijghoogte in het watervoerend pakket in tijd en ruimte varieert. Voor dit project is een geotechnisch onderzoek uitgevoerd, bestaande uit 338 sonderingen en 527 boringen, laboratoriumonderzoek van bodemmateriaal en verschillende peilbuismetingen. De uitdaging was om de grote hoeveelheid data en complexiteit van de bodem te vertalen naar een efficiënt en doelmatig ontwerp, waarbij spanningsbemalingen in het watervoerend pakket tot een minimum worden gehouden.

Uiteindelijk is middels automated engineering de grote hoeveelheid data geïnterpreteerd, geanalyseerd en gebruikt voor evenwichtsberoeeningen. Per locatie is het verticaalevenwicht voor tien scenario's bepaald, waaruit een samenvattende tabel en afwegingsschema is gemaakt voor de uitvoering. Vóór aanvang van de werkzaamheden is de stijghoogte vastgesteld op basis waarvan een ontgravingsstrategie was bepaald. In het afwegingsschema staat de ontgravingsmethodiek voor verschillende stijghoogtes, per mastvoetlocatie. Op deze manier kan in de uitvoering de optimale uitvoeringswijze bepaald worden die veilig en doelmatig is. Deze aanpak vergde een nauwgezette samenwerking tussen de uitvoerder en uitvoerende partijen, onder leiding van Dura Vermeer, en de geohydrologisch adviseurs en software engineer van

CRUX. Concreet betekende dit een iteratief proces aan de tekentafel en achter de computer met betrekking tussen technische maakbaarheid van de ontgraving (breedte sleuf, voorkeur voor volgorde ontgravingslagen, grootte van ontgravingsvlakken) en de geotechnische en hydrologische berekeningen die behoren tot de maakbaarheid.

Werkwijze

Gezien de omvang van het beschikbare grondonderzoek (bijna 900 boringen/sonderingen) is het een ondoenlijke klus om het gehele grondonderzoek en alle ontgravingsniveaus te combineren en in de korte beschikbare tijd door te rekenen voor meerdere scenario's. Om de informatie te vertalen naar een doelmatig en uitvoerbaar ontwerp voor de ontgravingsmethodiek is door CEMS, als adviseur van CRUX, daarom automated engineering toegepast. Hierbij zijn vrijwel alle stappen die nodig zijn voor een oparbstberekening geautomatiseerd en vijf rekenstappen gedefinieerd.

De eerste rekenstap in de methodiek is de classificatie van de sonderingen. Deze classificatie is gedaan op basis van het CPT-model van CEMS. Dit artificiële intelligentie-model is getraind met boorbeschrijvingen en sonderingen. De tweede rekenstap koppelt de volumegewichten van de bodem aan de classificatie van de sonderingen. De volumegewichten zijn gebaseerd op het laboratoriumonderzoek, waaruit een sleutel voor lithologie en volumegewicht is afgeleid. In de derde rekenstap is het verticaalevenwicht per

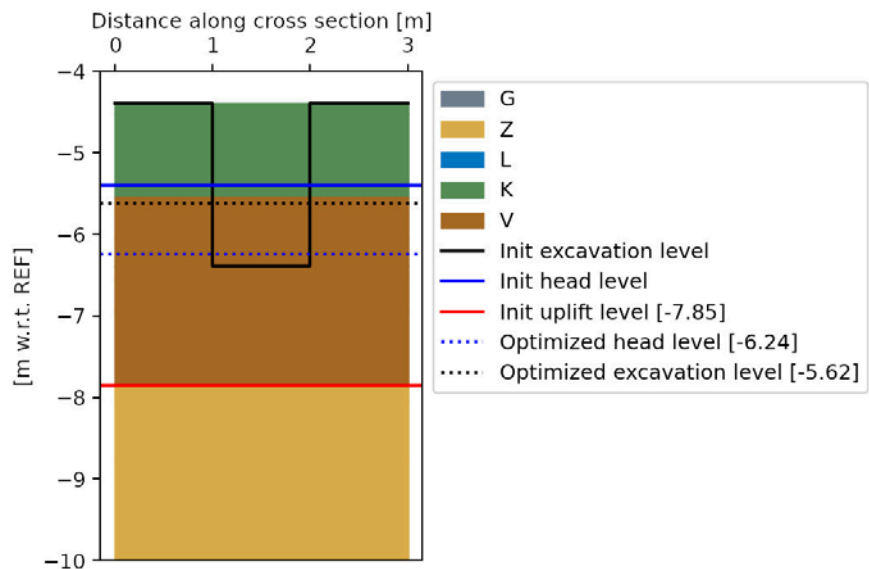
sondering bepaald, waar het optimale ontgravingsniveau of de maximaal toelaatbare stijghoogte wordt gevonden, conform de geotechnisch norm.

In dit project is het verticaal evenwicht bepaald voor tien ontgravingsscenario's, waarbij de voorkeur was om integraal, zo diep mogelijk af te graven (ideaaliter tot 1,5 m diepte). Vanaf het integraal ontgravingsniveau kon vervolgens strooksgewijs verder ontgraven worden en een grondverbetering worden toegepast. Als laatste optie is een spanningsbemaling overwogen, wat tevens de minste voorkeur had vanwege de problematiek rondom lozing en retourbemaling. In de vierde rekenstap zijn de bovenstaande rekenstappen gecontroleerd middels de verticaal evenwicht-sommen van de aanwezige boringen. Als vijfde en laatste rekenstap zijn de meest conservatieve rekenresultaten per mastvoet gerapporteerd per scenario.

Om het geheel van al de berekeningen te vertalen naar een begrijpelijk formaat is een afwegingsschema voor de uitvoerder opgesteld. De uitvoerder vertaalde dit vervolgens in concrete werkinstructies, zodat de grondwerker precies wist welke ontgravingsmethode er was voorgeschreven per poer.

Resultaten

Door middel van de automatische classificatie en het oplossen van het verticaal evenwicht was het mogelijk om alle aanwezige sonderingen mee te nemen in het uitvoeringsadvies in plaats van alleen de maatgevende. Hierdoor werd de ruimtelijke variabiliteit van de complexe deklaag duidelijk en ontstond een duidelijk inzicht in de kansen en risico's per windmolen. De resultaten zijn samengevat in een afwegingsschema, die in de uitvoering gehanteerd kan worden. Deze methodiek rust op een goede interactie tussen uitvoering en



Schematisering opbarstberekening.

adviseur, omdat de uitgangspunten voor de geotechnische berekeningen nauwkeurig afgestemd moeten worden met uitvoerende partijen. Denk hierbij aan aspecten zoals de breedte van de ontgravingsstroken, volgorde van ontgraving én grondverbetering van de verschillende leidingstroken en ontgravingsdieptes.

Door deze aanpak bleek uiteindelijk op de meeste fundatielocaties geen spanningsbemaling nodig te zijn. Daarnaast kon het aantal dure en moeilijk verkrijgbare ontijzeringsinstallaties worden gereduceerd tot minder dan de helft van het oorspronkelijk aantal. De beschikbaarheid van deze installaties was mede leidend in de planning.

Veel voordelen

Middels automated engineering is de grote hoeveelheid data in korte tijd vertaald naar een uitvoerbaar afwegingsschema voor

Vervanging windmolens

In de gemeenten Dronten en Lelystad wordt gewerkt aan het nieuwe windpark Windplanblauw. De bestaande 74 windmolens worden vervangen door 61 grotere turbines met meer vermogen. Zij gaan genoeg stroom opwekken voor het jaarlijkse huishoudelijk elektriciteitsverbruik van een miljoen Nederlanders. Het project wordt ontwikkeld door Vattenfall en SwifterwinT. De bouw op land is gestart in 2021; op het IJsselmeer in 2022. Plaatsing van de turbines op land gebeurt tussen april en september 2022; op het IJsselmeer tussen april en augustus 2023. Begin 2023 zijn alle windmolens op land draaiend. De windmolens vermijden een CO₂-uitstoot van ongeveer 700.000 ton.

ontgraving- en bemalingsstrategie. Vervolgens kon door een nauwe samenwerking tussen uitvoerende partijen, adviseur en software-engineer de ontgravings- en bemalingsstrategie geoptimaliseerd worden. De voordelen waren veelvoudig, namelijk: de planning was gehaald, ondanks de tegenslagen; een grote vermindering van het bemalingsdebiet en lozingsdebiet waardoor de bestaande vergunning gehandhaafd kon blijven; en een optimaal kostenplaatje in vergelijking tot alternatieven zoals een lozen op het Ketelmeer, 100 procent retourbemaling wat bijna onmogelijk was of een meervoud van dure ontijzeringsinstallaties.

Thomas Sweijen is adviseur Geohydrologie bij CRUX; Robin Wimmers is software-engineer bij CEMS en Jorine Knüppe is projectleider Infra Landelijke Projecten bij Dura Vermeer.



Impressie ontgraving.