

Het bassin voor de praktijkproef van BallastNedam in Maarssen; op de foto is de eindsituatie met volledige 'zandpannenkoek' te zien. (Foto: Ballast Nedam)



Onderstroomtechniek bij afzinktunnel in Midden-Oosten Hollands glorie met Irakees zand

Voor de fundering van de afzinktunnel bij Khor al Zubair in Zuid-Irak kwam al snel de van origine Nederlandse onderstroomtechniek met zand van Ballast Nedam in beeld. Een praktijkproef gaf veelbelovende resultaten. Ook ingenieursbureau MH Poly is erbij betrokken. Constructeur Toni Glasbergen vertelt.

De onderstroommethode met zand voor afzinktunnels is een van de paradepaardjes van de Nederlandse waterbouw. Bij de aanleg van de Vlakte-tunnel onder het kanaal bij Zuid-Beveland in 1975 is de methode, ontwikkeld en geïmplementeerd door Ballast Nedam, voor het eerst toegepast. Daarna bij nagenoeg alle zinktunnels in ons land, waaronder de metrotunnel in het Amsterdamse IJ in 2012 en recent de Maasdelta-tunnel bij Rozenburg. Het onderstroom-procedé komt erop neer dat funderingszand – in plaats van buitenaf – via in de vloer gestorte leidingen onder het afgezonken tunnelelement wordt aangebracht. De tunnelelementen komen eerst op tijdelijke opleggingen te rusten. Door het zandwatermengsel afwisselend door de openingen in het tunnelelement te pompen ontstaat onder het element een rij van metersdikke 'zandpannenkoeken', die het beton-element gelijkmatig gaan ondersteunen. Wanneer het tunnel-element volledig door het zandpakket is ondersteund, kunnen de tijdelijke opleggingen weg. Juist het fijne en ronde Zeeuwse zand is uitermate geschikt voor deze funderingstechniek, want het is makkelijk te verpompen en het verspreidt zich goed.

Khor al Zubair

De robuuste technologie kwam snel in beeld bij de bouw van de Khor al Zubair-tunnel in het zuiden van Irak. De tunnel gaat twee

delen van het economisch belangrijke havengebied in de regio Basra met elkaar verbinden en wordt meteen een van de grootste afgezonken tunnels in het Midden-Oosten. De zinktunnel, die in 2025 gereed moet zijn, is zo'n 2.800 meter lang. Het ondergrondse deel bestaat uit tien afzinktunnelementen van elk 126 meter lengte. Komend najaar worden de eerste tunnelementen afgezonken. De Zuid-Koreaanse hoofdaannemer Daewoo vroeg Ballast Nedam het afzinken en het onderstromen op zich te nemen. Samen met MH Poly werd het zinkontwerp gemaakt. Het gebied in Irak is echter aardbevingsgevoelig, waardoor een goed dichtgepakte zandfundering nodig is. Vandaar de vraag van Daewoo om toepassing van de onderstroommethode vooraf te testen.

Heterogeen zand

Het plaatselijke Irakees zand dat voor het onderstromen van de afzinktunnel zou worden gebruikt is grover en heterogener dan Zeeuws zand. De spreiding tussen kleine en grote korrels is veel groter en dit is volgens constructeur Toni Glasbergen van MH Poly ook meteen de grootste uitdaging voor de onderstroommethode. "De eerste vraag was of je met de Irakees korrel de gewenste diameter van het zandbed kunt halen. De tweede vraag luidde of er voldoende relatieve dichtheid van het zandbed zou ontstaan, nodig om liquefactie te voorkomen." Liquefactie, legt Glasbergen uit, ontstaat

Het grove en heterogene Irakees zand bleek geschikt voor de puur Nederlandse onderstroomtechniek. (Foto: Ballast Nedam)



"Zandpannenkoeken' moeten de beton-elementen gelijkmatig gaan ondersteunen'

als het water tussen de zandkorrels niet makkelijk weg kan. "Het zandbed kan in 'drijfzand' veranderen en bij een aardbeving gaan vervloeien, wat funest zou zijn voor de constructie."

Glasbergen was samen met zijn voormalig collega Roline Montijn bij de test betrokken. MH Poly werkt vaak in opdracht van Ballast Nedam aan de engineering van hulpconstructies, die worden gebruikt voor het afzinken van tunnelementen. Het ingenieursbureau uit Bergen op Zoom is geen onbekende bij Daewoo. Zo'n vijftien jaar geleden werkte MH Poly mee aan de afzinktunnel van de Busan-Geoje brugverbinding in Zuid-Korea, waar het de afzinkponton en de hijsinstallatie voor ontwierp.

Praktijkproef

De praktijkproef vond plaats op het terrein van Ballast Nedam in Maarssen. Daar werd een waterdicht betonnen bassin (van 20 bij 20 meter) gebouwd met daarin een balkenconstructie met draglineschotten, steunend op vijzels, met middenin een uitstroomopening, om zo een tunnelement na te bootsen. De constructie werd verzaaid met betonblokken om een vergelijkbaar gewicht te krijgen. Een zandmengselbedrijf had een speciaal mengsel gemaakt met dezelfde samenstelling als het Irakees zand. "Vanuit MH Poly

brachten we onder meer onze kennis in om de juiste stroomsnelheid en dichtheid bij het verpompen van het zandwatermengsel te krijgen. De druk aan de onderkant van de constructie is bepalend voor de opbouw van het zandbed", legt Glasbergen uit. Daarnaast heeft MH Poly de meetdata uit de sensoren in een grafische presentatie verwerkt, om de groei van de zandpannenkoeken in de tijd weer te geven.

Uit de praktijkproef blijkt dat met het grove Irakees zand een prima diameter aan zandpannenkoek valt te bereiken. De relatieve dichtheid van de zandpannenkoek is daarentegen laag. Voor het tunnelproject in Irak wordt nu onderzocht om aan het zandwatermengsel een cementklinker toe te voegen, om stevigheid van de ondergrond bij aardbevingen te garanderen. Deze proeven lopen nog. Glasbergen kijkt terug op een zeer geslaagd project. "Het is bijzonder dat mensen uit een totaal ander deel van de wereld naar ons toe komen om kennis uit Nederland en ook van ons eigen bedrijf in te zetten met de vraag of we hen kunnen helpen bij het afzinkontwerp voor de fundering van een afzinktunnel. Het is ronduit gaaf dat we hier als klein ingenieursbureau aan bij hebben kunnen dragen."

www.mhpoly.nl

Vers gestort deel van een tunnel-element op het bouwdoek bij Khor al Zubair. (Foto: Ballast Nedam)



Meer informatie

Volg de link in de QR-code voor de paper 'Assessing the Suitability of Coarse Sand for the Sand flow Method in Immersed Tunnel Foundations'. Deze paper is van Ballast Nedam en MH Poly voor het ITA-AITES World Tunnel Congress (19-25 april 2024 in Shenzhen, China).

