

den lang, want daarna gaat het over putten, grindomstortingen en onderwaterpompen, waarna zuiveringstechnieken worden behandeld.

Dan maar naar de module over oppervlaktewater: in het kort worden kanalen, meren en zeeën beschreven, waarna men onmiddellijk overgaat naar de winning en zuivering van al dit water. De laatste module gaat over de wijze waarop al het gezuiverde water naar huizen en bedrijven wordt getransporteerd. Een ietwat melige foto-collage van twee pagina's volgt, waarna een uitgebreid trefwoordenregister het boek afsluit.

Het boek is mooi, goed verzorgd en uitermate prettig leesbaar. Ik vind de vragen aan het eind van alle modules nogal lullig, te meer omdat de antwoorden op de volgende bladzijde direct al gegeven worden, maar daarmee heb ik mijn voornaamste kritiekpunt ook meteen gehad. Ik kan me voorstellen dat vanuit het perspectief van de drinkwatertechnicus alle relevante aspecten in de breedte aan de orde komen. Hier en daar heeft de informatie het karakter van een open deur, maar dat zijn punten waar je het leestempo kunt versnellen.

Gelukkig geen informatie over afsluitrubbertjes. In die zin lijkt het me een uitstekend boek voor de drinkwatertechnici, al dan niet in opleiding.

Als hydroloog kan het boek mij minder bekoren. Er staat weinig in over grond- en oppervlaktewater, en de manier waarop een waterleidingbedrijf dat kan beïnvloeden, zodanig dat waterleidingbedrijf, -consument en omwonenden van een winning daar optimaal van kunnen profiteren. Op het gevaar af over te komen als de vakliehebber, wiens eigen fixatie altoos onvoldoende door de rest van de wereld erkend wordt, wilde ik de vraag toch maar stellen: Heren auteurs, is de hydrologie niet belangrijker voor de waterleidingwereld dan nu in het boek naar voren komt? Is het boek niet te veel gericht op het energiek oppakken van de gewonnen grondstof (waarvan de kwaliteit als gegeven wordt beschouwd), en te weinig op het pro-actief handelen, zodanig dat de inzet van technieken geminimaliseerd kan worden? Is het niet te veel 'genezen' en te weinig 'voorkomen'? Het boek voelt erg Delfts aan, waarbij ik twijfel of dat nu de kracht of de zwakte van het boek is.

Harry Boukes

Cement-Bentoniet Schermen

CUR-publicatie 189, Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving, Gouda, 1997, gebonden, 215 blz, ISBN 90-376-0092-1, € 44,00.

Onlangs moest ik voor de uitvoering van het Grensmaas-project wat grondwatersommetjes maken om onder andere de invloeden van een cement-bentoniet scherm in beeld te brengen. Dat had ik nog nooit eerder gedaan en ik wist dus niet zo goed wat ik in mijn model moest kiezen als waarde voor de doorlatendheid van een dergelijk scherm. Helemaal dicht, of toch nog een beetje doorlatend? Het zal vast wel een beetje

doorlatend zijn, maar hoeveel dan precies...? Bij ingenieursbureau's zoals waar ik werk zijn er altijd wel collega-hydrologen die dan een waarde weten te noemen, die ze zelf hebben gehanteerd in voorgaande projecten, maar omdat er nogal wat van de desbetreffende sommetjes afhangt, ben ik toch even gaan zoeken naar wat literatuur. Al gauw vond ik de CUR-publicatie 189, over cement-bentoniet schermen. Dit naslagwerk is als volgt in hoofdstukken ingedeeld:

- 1 inleiding
- 2 algemene beschrijving
- 3 het ontwerp
- 4 materiaaltechnologie

- 5 uitvoering cement-bentoniet scherm
- 6 kwaliteitscontrole
- 7 beheer

Met in de zeven bijlagen onder andere aandacht voor gegevens van uitgevoerde werken, uitleg over proeven en verschillende voorbeelden van ontwerpmethoden en berekeningen.

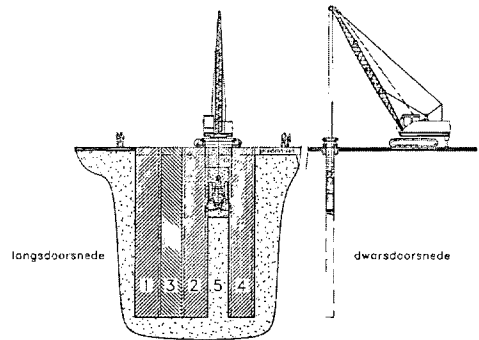
Samenstelling en kenmerken

De naam bentoniet blijkt afkomstig van de eerste vindplaats, Ford Benton in de Amerikaanse staat Wyoming. Bentoniet bestaat vooral uit het kleimineraal montmorilloniet en wordt gevormd door geologische en chemische processen op afzettingen van vulkanische asregens in zoute binnenmeren. In Europa wordt het aangetroffen in de Balkan, het Franse Massif Central, Duitsland, Groot Brittannië en langs de Middellandse Zee van Sardinië tot Turkije. Na in dagbouw te zijn gewonnen met een vochtgehalte van 30–40%, wordt de delfstof gedroogd tot een vochtgehalte van 14–18% en fijn gemalen, waarna het klaar is voor gebruik.

Het aldus bewerkte bentoniet heeft, afhankelijk van de chemische samenstelling, een wateropnemend vermogen van 5 tot 10 keer het eigen gewicht en kan daardoor in vergelijking met het oorspronkelijke volume in 24 uur zo'n 5 tot 15 maal opzwellen. Bij dat proces ontstaat er een soort kaartenhuis-structuur van de aanwezige kleiplaatjes. Als er aan het mengsel ook cementdeeltjes zijn toegevoegd, dan zorgt deze structuur ervoor dat er een stabiele suspensie ontstaat, waarin alle deeltjes regelmatig over het volume verdeeld blijven. Het cement hydrateert en slaat neer op de bentonietdeeltjes, waarbij de structuur behouden blijft en een relatief sterk en voor water slecht doorlatend product ontstaat. Aan de suspensie kunnen ook additieven worden toegevoegd voor bijvoor-

beeld een grotere dichtheid of een snellere of juist tragere verharding. In hoofdstuk 4 worden de achterliggende processen en chemische reacties uitgebreid beschreven.

Cement-bentoniet wanden kunnen worden gebruikt om de invloed van verschillen in stijghoogten op de omgeving te beperken, bijvoorbeeld rondom een bouwput, om de verspreiding van verontreinigd grondwater tegen te gaan of om de hoeveelheid te zuiveren verontreinigd grondwater zoveel mogelijk te beperken.



Afbeelding: Ontgravingsmethode volgens het zogenaamde één-fase-systeem, bij de uitvoering met een doorgaande sleuf.

Aanleg

Met een smalle grijper aan een kraan wordt met behulp van geleidebalken op het maai-veld een sleuf in de grond gegraven. De ontgraving gebeurt in een bepaalde volgorde, waarbij de te graven panelen zo goed mogelijk op elkaar aansluiten zodat de sleuf uiteindelijk één geheel vormt. In afbeelding 1 is de ontgravingsmethode volgens het één-fase-systeem getekend. De getallen in de panelen geven de ontgravingsvolgorde aan. Er kan ook volgens een zogenaamd twee-fasen-systeem gegraven worden, eventueel met voegbuizen tussen elk paneel.

Om de te graven panelen niet halverwege in te laten storten worden deze al tijdens het graven met een suspensie gevuld. Deze suspensie is bij een één-fase-

systeem al het definitieve cement-bentoniet. Bij het twee-fasen-systeem wordt bij het graven gebruik gemaakt van een suspensie die alleen maar uit bentoniet bestaat, wat dan na het aanleggen van de gleuf definitief wordt vervangen door een mengsel van cement-bentoniet.

Tijdens het graafproces met een grijper wordt de kraan sterk wisselend belast; zonder het gewicht van de grijper en met het gewicht van de grijper, al dan niet gevuld met grond, zowel in de suspensie als los boven het maaiveld. Om zo recht mogelijke wanden te graven, waarbij de panelen goed op elkaar aansluiten is het belangrijk dat de top van de giek van de kraan zo stil mogelijk boven het gat hangt. Over het algemeen zullen dus zware kranen met een korte giek worden gebruikt.

De vorm van de grijper is zodanig ontworpen dat de suspensie er makkelijk doorheen en langs kan vloeien. De beide grijperschalen hebben een ongelijk aantal tanden en zijn daardoor niet symmetrisch. Om het verlopen van de grijper met de diepte te voorkomen, wordt de grijper regelmatig 180° gedraaid. Overigens kan ook met een zogenaamde grondfrees gewerkt worden, waarbij twee tegengesteld draaiende cutterwielen de grond loswoelen. Met een pomp wordt een mengsel van deze grond en de suspensie afgevoerd.

In Nederland is tot nu toe met grijpers een wand tot een maximale diepte van 55 meter onder maaiveld aangelegd. Met een frees is men hier tot 60 meter gekomen, terwijl in het buitenland daarmee al wanden tot 150 meter diepte zijn geconstrueerd.

Het grootste risico, voor zover ik het dan heb begrepen, is dat tijdens het graven een al dan niet in gebruik zijnde rioolbuis wordt geraakt, waardoor de suspensie ongecontroleerd kan wegstromen en de gegraven panelen vrijwel zeker zullen instorten.

Doorlatendheid

Voor hydrologen is dit allemaal best interessant, maar uiteindelijk ging het mij vooral om de doorlatendheid van een aangelegd scherm. Er kan onderscheid worden gemaakt in twee soorten doorlatendheden. Ten eerste de doorlatendheid van de wand zelf. Om deze te bepalen worden van de nog niet uitgeharde suspensie monsters genomen. Dit gebeurt bij voorkeur op verschillende dieptes, want bij een toenemende diepte wordt de overdruk in de suspensie groter en in een met de diepte toenemende mate zal water uit de suspensie geperst worden naar de omliggende grondlagen. De suspensie dikt hierdoor in, wat resulteert in een groter percentage aan vaste stoffen. Dit leidt tot een kleinere doorlatendheid en een grotere druksterkte. Nadat de genomen monsters uitgehard zijn wordt in een laboratorium de doorlatendheid ervan bepaald. Er wordt daartoe op het monster een verhang gezet van 30 meter water per meter doorstroomd monster. De aldus bepaalde doorlatendheid van verhard cement-bentoniet ligt in de orde van 10^{-8} tot 10^{-9} m s⁻¹. Bij kleinere en dus meer realistische verhangen blijkt volgens deze publicatie de doorlatendheid overigens kleiner te zijn. In een tabel staan voor verschillende schermen naast de schermdikte en de bereikte diepte ook de aldus in het laboratorium bepaalde range in doorlatendheden.

De tweede wijze van het bepalen van de doorlatendheid is het houden van een pompproef nadat het scherm is uitgehard. Complicatie hierbij is dat er niet alleen water via het scherm kan toestromen, maar ook via de onderkant van het te isoleren gedeelte. Van de bodem zijn over het algemeen geen exacte doorlatendheden bekend, zodat de verdeling van de doorlatendheden tussen het scherm en de onderkant een onbekende blijft. Bij het Griftpark is een bronbemaling uitgevoerd ter controle van de

doorlatendheid en hierbij werden waarden gevonden van 1 tot $3 \cdot 10^{-9}$ m s⁻¹.

Indien noodzakelijk kan de waterkerende functie van het scherm nog verder worden vergroot met behulp van kunststof folies of stalen damwanden. Dit kan ook worden gedaan als verwacht wordt dat vervuiling de uitgeharde cement-bentoniet wand chemisch zou kunnen aantasten. Ook wegverkeer, menselijk handelen of bevriezing kan aantasting van het scherm veroorzaken. Hetzelfde geldt voor wortelgroei dat overigens alleen boven de grondwaterspiegel plaatsvindt. Het risico van beschadiging door bodemdieren blijkt beperkt, omdat het materiaal niet als eetbaar wordt ervaren. Alle bekende onderzoeksresultaten geven nog geen eenduidige informatie over de levensduur van cement-bentoniet schermen in verschillende omstandigheden. De praktische ervaring met dergelijke schermen is beperkt tot 20 jaar, zodat ook op grond daarvan geen uitspraak kan worden gedaan over de te verwachten levensduur.

Als een eenmaal aangelegd cement-betoniet scherm toch niet geheel waterdicht blijkt te zijn, dan is de locatie van het lek vaak lastig te achterhalen. Eventueel kan met een injectie-methode het lek worden gedicht, maar vaak zal langs het lekkende paneel een nieuw paneel moeten worden aangelegd dat aansluit op een gedeelte waarvan zeker is dat het niet lekt.

Conclusie

Ik vond het fascinerend om deze publicatie te bestuderen. De gepresenteerde informatie komt goed van pas bij alle aspecten van het dimensioneren van een cement-bentoniet scherm, zowel voor het civieltechnische, het geotechnische als het geohydrologische gedeelte. Als regelmatig aan cement-bentoniet wanden gerekend moet worden, dan mag dit boek eigenlijk niet in de beschikbare bibliotheek ontbreken.

De daadwerkelijke aanleg in het veld is overigens ook weer een vak op zich. Bij het werken met een grijper spettert het cement-bentoniet-mengsel enthousiast in het rond en een collega van mij die nauw bij de aanleg van de Noord-Zuid-lijn betrokken is, vertelde dat er regelmatig aan getroffen voorbijgangers tegoedbonnetjes voor de stomerij moeten worden uitgedeeld. Dus mocht U per ongeluk binnenkort in Amsterdam wat te doen hebben én uw nette pak is aan een reinigingsbeurt toe, dan loont het de moeite om de aanleg van een dergelijk scherm van zeer nabij te gaan bekijken...

Frank Smits