



PROVINCIE :: UTRECHT



Colofon

Titel:	Deelrapport Beschrijving ondoorlatende wanden
Auteur:	GeoDelft
Datum:	Mei 2001
Vrijgave:	ir. K.R. Weytingh
Projectnummer:	D9913
Opdrachtgever:	SKB
Project:	Reactief ijzerscherp
Projectnummer opdrachtgever:	sv224
Consortium:	Heijmans Milieutechniek (penvoerder) The Three Engineers GeoDelft Universiteit Twente CSG Eemkwartier Gemeente Amersfoort Provincie Utrecht



Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Damwanden	2
3	Cement-bentonietwanden	4
4	Diepwanden	6
5	Groutwanden	7



1 Inleiding

Waterremmende constructies worden zowel in de civiele techniek als in de milieutechniek toegepast. In de civiele techniek gaat het om constructies die het waterbezwaar tijdens de bouw of in de gebruikstoestand moeten reduceren, in de milieutechniek om het afschermen van verontreinigde locaties. De waterremmende constructie heeft in het algemeen verticale en horizontale componenten, ieder met eigen ontwerp-, aanleg-, lekdetectie- en reparatieaspecten. Hoewel geen constructie in de eigenlijke zin van het woord, kan ook de natuurlijke klei- of veenlaag die de onderafdichting moet leveren als constructie worden opgevat.

Het disfunctioneren van een waterremmende constructie heeft als gevolg:

- Het optreden van een groter waterbezwaar dan voorzien met als mogelijke gevolgen: hogere bemalingskosten, problemen met betrekking tot onttrekkings- en lozingsvergunningen, schade aan de omgeving door bv. zettingen of piping.
- Het verdwijnen van verontreinigd grondwater uit de constructie, indien het onttrekkingsdebiet niet wordt opgevoerd.

In de huidige praktijk is het nauwkeurig detecteren van lekken tijdrovend en daardoor kostbaar. Kosten voor wachttijden bij een werk in uitvoering bedragen al gauw duizenden euro's per dag. Rigoureuze reparatiemethoden, zoals het jetgrouten van volledig 'verdachte' wanden, kosten in de orde van 1.000 euro per m³. Gesteld kan worden dat het voorkomen van lekkage altijd vele malen efficiënter is dan het genezen. Het toepassen van preventieve maatregelen, met name op risicovolle locaties, is hiervan een belangrijk onderdeel.

In het kader van de aanleg van de funnel voor het ijzerscherm in Amersfoort wordt een overzicht gegeven van de meest toepasbare verticale waterondoorlatende constructies:

- Damwanden
- Cement-bentoniet wanden
- Diepwanden
- Groutwanden

Per constructie wordt ingegaan op de toegepaste materialen, op de wijze van aanleg, de risicofactoren en de preventieve maatregelen die genomen kunnen worden.

Dit deelrapport is grotendeels gebaseerd op het rapport "Lekdetectie in waterremmende constructies" (GeoDelft, rapportnummer 710104.002, mei 2000).



2 Damwanden

Damwanden zijn vervaardigd van hout, beton of staal. Waar een goede waterremmende werking noodzakelijk is, wordt veelal gebruik gemaakt van stalen damwanden. In deze paragraaf wordt dan ook ingegaan op de damwand, opgebouwd uit stalen damwandelementen.



Damwanden zijn op zichzelf staande, verticale elementen die onderling zijn gekoppeld door middel van een slotconstructie over de gehele lengte van de damwand. Stalen damwanden kunnen bestaan uit Z-, U- of H-vormige profielen met een dikte variërend van 6 tot 31 mm en lengten tot 31 m. Damwandplanken worden afzonderlijk of met meerdere tegelijk in de grond aangebracht door middel van trillen, heien of drukken, zonodig in combinatie met spuiten, fluïdiseren of voorboren. Voor diepere en zwaardere constructies worden wel combiwanden, PSP-wanden of HZ-wanden toegepast. Bij deze wanden worden de damwandprofielen afgewisseld met bv. buisprofielen of I-profielen.

Risicofactoren

Met betrekking tot de grondwaterstroming zijn met name de verbindingen tussen de opbouwende elementen van de damwand van belang: de damwandsloten. Damwandsloten zijn per definitie niet waterdicht. In de praktijk blijkt het echter mogelijk te zijn om gesloten damwandkuipen te construeren met een minimale slotlekkage. De 'reciproke weerstand' van een damwandslot bedraagt in de orde van 10^{-7} d/m. Door het injecteren van bv. bitumineuze slotvullingen kan de weerstand met een factor 10 tot 100 worden vergroot. Hiermee wordt dan een nagenoeg volkomen dichte wand bereikt. Desondanks wordt herhaaldelijk geconstateerd dat het waterbezwaar binnen een damwandkuip vele malen hoger is dan vooraf was berekend. Redenen daarvoor zijn:

- De damwand is, geheel of plaatselijk niet tot voldoende diepte geheid en sluit daardoor onvoldoende aan op de horizontale afdichtende laag. Dit kan liggen aan obstakels in de ondergrond, aan onvoldoende bekendheid met de diepteligging van de afdichtende laag of door andere uitvoeringsfouten.
- De damwand is uit het slot gelopen. Normaal gesproken wordt de damwand geleid door het slot van de voorgaande damwandplank. Door obstakels, kromme planken, gebruik van planken met afwijkende sloten of anderszins kan het voorkomen dat de damwanden op bepaalde locaties niet goed op elkaar aansluiten. Er ontstaat een spleet tussen twee opeenvolgende damwandplanken. Naarmate de damwanden langer zijn, wordt de afstand tussen twee opeenvolgende planken in het algemeen groter.
- Damwandplanken worden, na het voltooiën van de damwandkuip, nog uit elkaar gedrukt. Bv. als gevolg van te hoge uitwendige belasting.
- Corrosie in de bedrijfsfase bv. door agressieve componenten in bodem of grondwater. Dit probleem kan met name optreden bij permanente damwanden.
- De horizontale afsluitende laag vertoont lekkages.

Preventieve maatregelen

- Controle op de kwaliteit van de in te brengen damwanden
Hergebruikte planken kunnen krom, vuil of geroest zijn. Alle sloten in één constructie dienen van hetzelfde type te zijn.
- Zorgvuldigheid tijdens het inbrengen van de damwanden
Het uit het slot lopen van damwanden wordt onder meer veroorzaakt doordat, als gevolg van de ongelijke wrijving tussen de slotzijde en de vrije zijde van de plank, de kracht die op de bovenzijde van de plank wordt uitgeoefend excentrisch wordt verdeeld. Het gebruik van een stijve en zware gekoppelde heigording, voorzien van middelen om de planken goed haaks en plaatsvast op te sluiten, is daarbij een goed hulpmiddel.



Het aanbrengen van hulpmiddelen om de planken bij te sturen heeft in veel gevallen een averechts effect. Vaak wordt door de walsenrijen aanbevolen om gestaffeld te heien. Dit betekent dat vooraf een aantal planken in elkaars slot worden gezet en om beurten 2 tot 3 meter worden ingeheid of getrild.

- **Damwandslotverklikker**
Aan het maaiveld wordt in het algemeen niet opgemerkt dat damwanden uit het slot lopen. De meest gebruikte methode is de slotverklikker met breekpen. Het meetsysteem wordt gevormd door een gesloten elektrisch circuit dat onder in het slot van een damwandplank wordt aangebracht. Wordt bij het inbrengen van een plank geconstateerd dat de breekpen afbreekt, dan is daarmee nagenoeg met zekerheid bepaald dat de plank in het slot is aangebracht. Bij dit systeem moet een elektrische bedrading naar de voet van elke damwandplank worden aangebracht.
- **Invloed heimethode**
Het intrillen in plaats van heien van damwanden leidt in het algemeen tot minder risico's voor het uit het slot lopen van damwandelementen.
- **Verkenning ondergrond**
De kans dat onvoldoende aansluiting met de horizontale scheidende laag optreedt kan worden verkleind door het uitvoeren van voldoende bodemonderzoek voorafgaand aan de ontwerpfase. Kennis van de geologische ontstaansgeschiedenis is hierbij van belang.

Specifieke eigenschappen

Mogelijke lekken: onderling niet aansluitend, niet goed aansluitend op (horizontale) slechtdoorlatende laag (niet diep genoeg), kwetsbare aansluiting op bv. folie, onzekerheid op de lekkage optreedt in de (verticale) damwand en/of in de horizontale afscherming (natuurlijke klei/veenlaag).

Materiaal: stalen damwanden onderscheiden zich van hun omgeving door een hoog elektrisch geleidend vermogen. Daardoor storen op geoëlektrische methoden.

3 Cement-bentonietwanden

Dit zijn in de grond aangebrachte verticale schermen (panelen) met een geringe sterkte. Ze worden voornamelijk vanwege de waterremmende eigenschappen aangebracht. In het algemeen betekent dit dus dat aan de waterremmende kwaliteit van deze wanden hoge eisen worden gesteld.

Cement-bentonietwanden worden aangebracht als een vloeibare suspensie, die na verloop van tijd uithardt. De waterdichtheid wordt in voorkomende gevallen verbeterd door in de nog niet verharde suspensie een kunststoffolie aan te brengen.

Er zijn twee aanlegprincipes voor de panelen:

- Met diepwandapparatuur wordt een sleuf gemaakt, die is gevuld met de cement-bentonietsuspensie of met een bentonietvloeistof die in een later stadium door cement-bentoniet wordt vervangen.
- De wand wordt vervaardigd door een zwaar stalen I-profiel, waarop toevoerleidingen zijn bevestigd, in de grond te brengen. Onder gelijktijdig inpersen van cement-bentoniet wordt het profiel getrokken, waardoor een dun waterkerend scherm wordt gevormd. De I-profielen worden overlappend ingebracht. De flens van het in te brengen I-profiel volgt daarbij de sleuf, die door de flens van het voorgaande profiel is gevormd. Met deze methode kan maximaal een diepte van ca. 15 meter worden bereikt.



Bij beide methoden dienen twee opeenvolgende panelen elkaar enigszins te overlappen, zodat geen grondwaterstroming tussen twee panelen kan optreden.

Risicofactoren

- Onvoldoende aansluiting tussen de panelen onderling kan optreden als gevolg van onjuistheden in de maatvoering en doordat de verharding van het aangrenzende paneel te ver is gevorderd
- Ontmenging van het cement-bentonietmengsel
- Onjuiste samenstelling van het cement-bentonietmengsel
- Het ontstaan van insluitsels in de cement-bentonietwand, bijvoorbeeld door instabiliteit van de gegraven sleuf voor of tijdens het verhardingsproces
- Vervorming van de wand na het verhardingsproces

Preventieve maatregelen

Maatregelen bestaan voornamelijk uit een voortdurende controle van de maatvoering en het gehele proces. Hiervan maakt ook het regelmatig uitvoeren van tests op de samenstelling en de eigenschappen van het cement-bentonietmengsel deel uit. Desondanks kunnen een aantal zaken niet goed worden waargenomen, bv. het optreden van instabiliteit van de sleuf tijdens het verhardingsproces.

Ondanks voortdurende controles komt het in de praktijk toch veelvuldig voor dat de vooraf gestelde specificaties niet worden gehaald. Eén reden daarvoor is onder meer dat de materiaaleigenschappen (met name de doorlatendheid) noodgedwongen onder andere condities worden getest dan die waaronder zij in het werk aanwezig zijn.

Cement-bentonietwanden worden wel in combinatie met een folie aangelegd, waarbij de waterremmende functie van de wand voornamelijk door het folie wordt bepaald.



Specifieke eigenschappen

Zwakke punten zijn de onderlinge aansluitingen en de aansluiting op een horizontale slecht doorlatende laag. Cement-bentoniet is een materiaal dat in een groot aantal opzichten (mechanisch, elektrisch, akoestisch, hydrologisch) moeilijk te onderscheiden van bv. kleilagen. Het is niet eenvoudig om onderscheid te maken tussen het disfunctioneren van de horizontale slecht doorlatende laag, dan wel van de verticale wand.



4 Diepwanden

Een diepwand is een door ontgraving in de grond vervaardigde betonnen wand. Diepwanden zijn vrijwel altijd van gewapend beton. De dikte varieert van 0,4 tot 1,2 m. Voor de uitvoering worden in eerste instantie geleidingsbalken op maaiveldniveau aangebracht waartussen een ondiepe sleuf wordt gegraven, over de lengte van de aan te brengen diepwand. Binnen de geleidebalken wordt in secties ontgraven, bijvoorbeeld door middel van een diepwandgrijper. De sleufwand wordt tijdens het graven gesteund door een steunvloeistof, in het algemeen wordt hiervoor bentoniet toegepast. Na het op diepte komen van een sectie worden voegmallen en eventueel wapening geplaatst en wordt vanonder uit beton in de sleuf gebracht, waardoor de steunvloeistof wordt verdrongen. Na het aanbrengen van een sectie is een dag verhardingstijd noodzakelijk. Pas nadat de aangrenzende panelen zijn verhard en de voegmallen zijn verwijderd, kan een tussenliggend paneel worden ontgraven.

Risicofactoren

Ter plaatse van de voegmallen ontstaat een naad tussen twee segmenten. Hierdoor kan grondwaterstroming optreden. Dit kan worden tegengegaan door tijdens het ontgraven voegstrippen te plaatsen. Voor het overige kan disfunctioneren van de diepwand ontstaan door onjuiste maatvoering, onjuist storten van beton, bijvoorbeeld doordat ontmenging optreedt, als gevolg van insluitsels in de wand (bv. door instabiliteit van de sleuf voor of tijdens het verhardingsproces).

Preventieve maatregelen

Toepassen van voegstrippen om stroming door stortnaden te voorkomen. Controle van de maatvoering gedurende het gehele proces is eveneens van belang.

Specifieke eigenschappen

Enige lek door de voegen zal altijd optreden, zijnde inherent aan het plaatsingsproces. De wand is vervaardigd van (gewapend) beton.



5 Groutwanden

Grout is een mengsel van cement, water en fijn zand. Door middel van groutinjecties kunnen verticale wanden worden gemaakt. Palenwanden kunnen verbuisd worden gemaakt door middel van schroefboren of avegaren of door middel van een injectiesysteem. Kenmerk van de wanden is, dat zij bestaan uit grote aantallen kolommen welke volgens een zodanig stramien worden geplaatst, dat een waterdichte afsluiting wordt gegarandeerd doordat elke kolom een aantal voorgangers overlapt.

Jetgroutwanden zijn wanden die opgebouwd zijn uit oversnijdende jetgrout kolommen. Bij jetgrout kolommen wordt een vloeistof onder hoge druk uit verschillende ronddraaiende nozzles in de grond gespoten. Hiermee wordt de grond losgesneden en vervangen door het grout. Door nu de kolommen te laten oversnijden wordt een massief gevormd en kan een wand worden geconstrueerd. Door de nozzles niet te laten roteren, kunnen dunne wanden worden geconstrueerd.

Jetgroutwanden kunnen goed worden gebruikt als waterremmende constructie, als de kolommen elkaar goed oversnijden. Als gevolg van verschillende grondslagen, eventuele insluitingen en obstakels in de ondergrond kunnen de diameter van een kolom over de diepte nogal verschillen, waardoor de kolommen elkaar niet meer overschrijden. Dit betekent dat de waterdichtheid niet altijd gegarandeerd kan worden. De uitvoering kan gebeuren met relatief weinig hinder voor de omgeving.

Risicofactoren

Uitgaande van de toepassing van kolommen die met een injectiesysteem zijn geplaatst:

- onzorgvuldige maatvoering, waardoor de kolommen elkaar niet altijd overlappen
- onvoldoende diameter van de kolommen of gedeelten daarvan, doordat insnoeringen optreden bv. als gevolg van de bodemsamenstelling (bv. veen)
- onzorgvuldige uitvoering, door bv. scheefstand van de kolommen, onderbreking van het injectieproces.

Bij verbuisd aangebrachte kolommen kunnen insnoeringen ontstaan als gevolg van instabiliteit tijdens het verhardingsproces.

Preventieve maatregelen

De controle op het injectieplan moet de geometrie van het plan omvatten, controle op optredende grond- en waterdrukken bij verbuisde palen en beoordeling van de grondgesteldheid.

Tijdens de uitvoering is de maatvoering en controle op de eventuele scheefstand van belang. Het is tevens van belang dat bij verbuisd aangebrachte palen de aan te houden condities als debiet, overdruk, toepassing van steunvloeistof e.d. worden gecontroleerd. Tevens is het van belang de samenstelling van de injectievloeistof te controleren. Eventuele afwijkingen dienen te worden gerapporteerd, evenals de maatregelen welke hieruit voortvloeien.

Specifieke eigenschappen

Lekkage ontstaat voornamelijk door onvoldoende onderlinge aansluiting van de injecties onderling of onvoldoende aansluiting op de onderafdichting. De wanden bestaan uit een verhard mengsel van cement en zand.