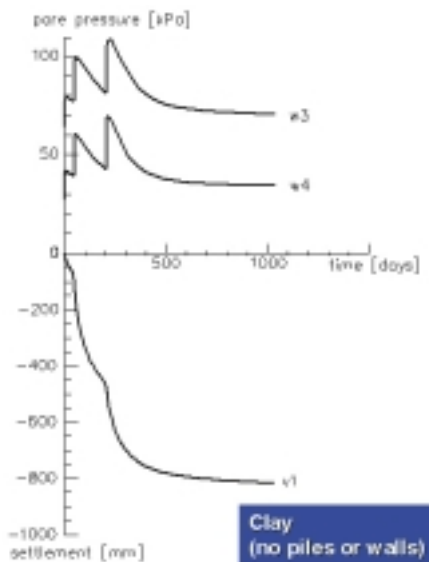
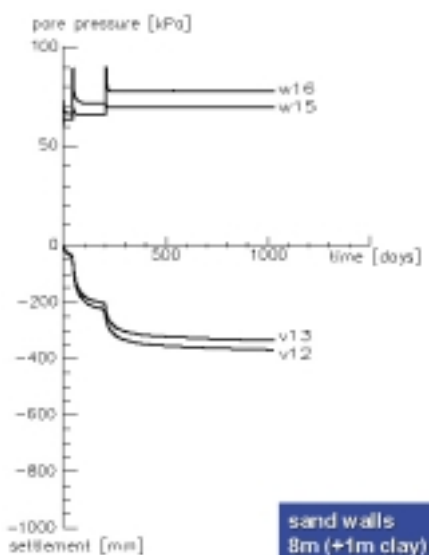


## Centrifugeproef grondverbeteringstechnieken

In de Geocentrifuge is onderzocht welke invloed zandpalen en -wanden hebben op de consolidatie en zetting van de grond. Hiervoor is in een schaalmodel een klei- en veenpakket nagebootst van negen meter dikte. Het pakket is opgedeeld in acht verschillende proefvakken waarvan er vijf zijn ingericht met zandpalen en twee met zandwanden. Eén proefvak dient als referentie en is zonder palen of wanden ingericht. Op het pakket is vervolgens drie keer een ophoging aangebracht waarbij de waterspanningen en de zettingen als functie van de tijd zijn gemeten.



Waterspanningen en zettingen in het referentievak en in het proefvak met zandwanden 8 m)



Modelproeven doen in de Geocentrifuge heeft een aantal voordelen boven proeven in het veld. Zo bieden ze de mogelijkheid om in korte tijd processen na te bootsen die in werkelijkheid lang duren, zoals zettingen van grond na ophogingen. Met behulp van de centrifuge kan een kunstmatig zwaartekrachtveld worden gecreëerd dat maximaal driehonderd maal groter is dan de normale zwaartekracht. Het effect van een grotere zwaartekracht is dat de tijdschaal verandert.

Aantrekkelijk is ook dat, evenals bij andere modelproeven, de proefomstandigheden goed zijn te controleren. Daardoor kan meer inzicht worden verkregen in specifieke processen, hetgeen weer de mogelijkheid biedt modellen verder te verbeteren. Tenslotte kan worden geconstateerd dat de centrifugeproef goedkoper is dan een grootschalige veldproef.

### Meetapparatuur

Voor de centrifugeproef is een kunstmatig zwaartekrachtveld gecreëerd dat dertig maal groter is dan de normale zwaartekracht. Eén uur in de centrifuge komt dan overeen met 900 uur in de werkelijkheid.

Het klei- en veenpakket van negen meter dikte in het veld is nagebootst door een kleipakket van 30 cm in de centrifuge. Dit komt min of meer overeen met de bodem in 's-Gravendeel, waar een veldproef is uitgevoerd met

grondverbeteringstechnieken. Het schaalmodel is onderverdeeld in acht proefvakken, waarvan er vijf zijn ingericht met zandpalen en twee met zandwanden. Eén proefvak is ingericht zonder zandpalen of -wanden en geldt als referentievak. Alle zandpalen en zandwanden hebben zowel een funderings- als een drainage-functie. Voor het meten van de zettingen zijn verplaatsingsopnemers geplaatst op elke zandpaal of -wand en midden tussen de palen of wanden.

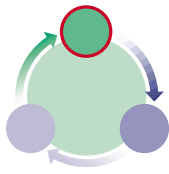
Waterspanningsopnemers zijn geïnstalleerd op een "werkelijke" diepte van 3 en 6 m. De meetapparatuur is ook geplaatst in het kleipakket zonder zandpalen of -wanden ter vaststelling van de referentie metingen.

Tijdens de centrifugeproef is drie keer een ophoging aangebracht, eerst ter dikte van 3 cm en vervolgens twee keer ter dikte van 6 cm zand, als model voor 1 m en 2 m zandophoging.

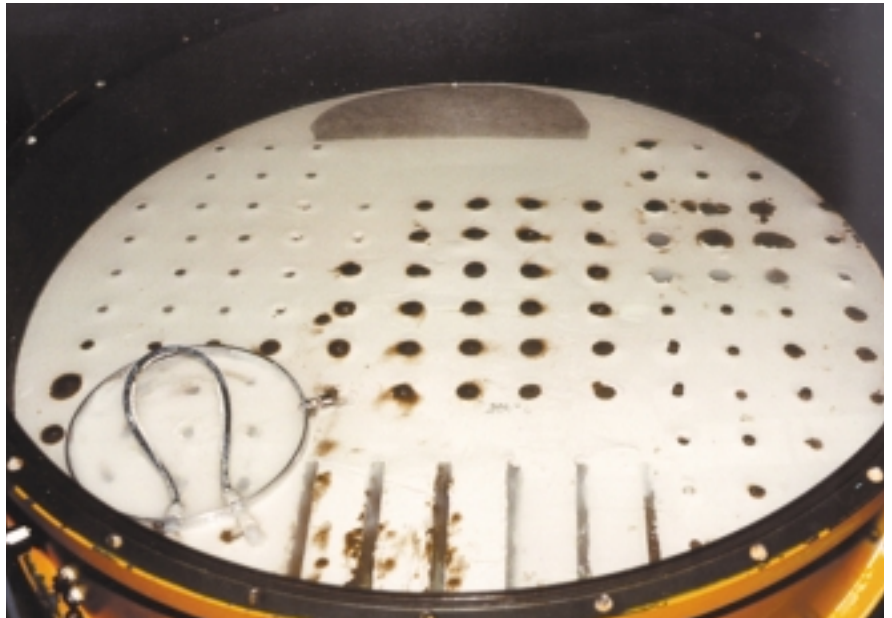
### Zettingsreducties

Zoals verwacht stijgt de waterspanning snel na het aanbrengen van een ophoging en daalt vervolgens weer. De snelheid waarmee de waterspanning daalt, hangt direct samen met de drainerende werking van de grondverbeteringstechnieken. Zandwanden blijken zoals verwacht het snelst te draineren.

De gemeten zettingen zijn bij alle palen en wanden minder groot dan bij de eerder uitgevoerde veld-



proef in 's Gravendeel. Dit komt doordat de bodem in 's-Gravendeel niet alleen uit klei bestaat, maar ook veenlagen bevat. Overigens vertonen de veldproef en de centrifugeproef een zelfde beeld voor wat betreft de zettingen en de reductie van de zettingen als gevolg van grondverbeteringstechnieken. De zandwanden met een lengte van acht meter halveren de zettingen ten opzichte van de referentie. In bestaande rekenmodellen wordt hier tot nu toe geen rekening mee gehouden. Het bijmengen van cement leidt ten opzichte van niet gecementeerde palen niet altijd tot een geringere zetting; bij de proef met de gecementeerde zandpalen, waarbij bezwijken werd geforceerd, was de zetting groter dan bij gewone zandpalen. Dat pleit ervoor om kritisch te zijn over de toepassing van stijve palen als de beoogde



*Proefvakken in de centrifugebak*

ophoging kan leiden tot het bezwijken van deze palen. Op basis van de meetdata bij het proefvak 's-Gravendeel en de gege-

vens van de centrifugeproef zullen rekenmodellen worden aangescherpt en gevalideerd.

### De onderzochte grondverbeteringstechnieken

- zandpalen met een lengte van negen meter
- zandpalen met een lengte van negen meter, bijgemengd met cement
- zandpalen met een lengte van acht meter
- zandpalen met een lengte van acht meter, afgedekt met een betonplaat
- zandpalen met een lengte van acht meter, met vacuümconsolidatie
- zandwand met een lengte van acht meter
- zandwand met een lengte van negen meter, bijgemengd met cement
- referentievak zonder palen/wanden