

Geo-elektrisch onderzoek in het dijkvak  
van de Rijn bij Arnhem  
(Malburgse dijk hm 6 tot en met hm 44)

A-75-057

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen.

1. Inleiding

Ten behoeve van een door het Laboratorium voor Grondmechanica uit te voeren onderzoek naar de stabiliteit van de Malburgse dijk, is het Centrum voor Onderzoek Waterkeringen verzocht om medewerking te verlenen aan een uit te voeren geo-elektrisch onderzoek.

Voorgaand aan dit geo-elektrisch onderzoek is er reeds een verkenning en een globaal grondonderzoek uitgevoerd. Hieruit bleek dat de dijk en het achterland heterogeen van opbouw zijn en vaak van doorlatend materiaal zijn opgebouwd. Met behulp van deze gegevens is een elektrisch analogon-model gemaakt, waaruit een voorlopig ontwerp is gevolgd. Tevens is door het L.G.M. een stabiliteitsonderzoek uitgevoerd in een dwarsprofiel.

Om echter antwoord te krijgen of de uitgangspunten geldig zijn voor het gehele dijkvak, is onderstaand geo-elektrisch onderzoek uitgevoerd. Daarna kan worden bekeken of de randvoorwaarden zodanig gunstig kunnen worden aangenomen dat een aangepast ontwerp aantrekkelijk is.

Door het geo-elektrisch onderzoek wordt informatie verkregen over de homogeniteit en eventuele discontinuïteiten in de opbouw daarvan.

Het onderzoek is verricht tussen hectometer 6 en hectometer 44. Voor de situatie van het onderzochte dijkvak wordt verwezen naar bijlage 1.

## 2. Methode van onderzoek

De geo-elektrische metingen worden uitgevoerd in enige trenches, die zoveel mogelijk evenwijdig aan de as van de dijk zijn gelegen. In meetpunten, die op constante afstand van elkaar zijn gelegen, wordt de schijnbare soortelijke elektrische weerstand  $\rho_s$  bepaald bij twee of meer verschillende elektrodenafstanden volgens de Wenneropstelling.

In de Wenneropstelling (bijlage 2) staan de vier elektroden op onderling gelijke afstanden  $a$  en symmetrisch ten opzichte van het meetpunt. De vier elektroden staan tezamen op een rechte lijn. Bij minimaal twee afstanden  $a$  wordt in het meetpunt de schijnbare elektrische weerstand  $R$  gemeten. De schijnbare soortelijke weerstand  $\rho_s$  wordt berekend volgens  $\rho_s = C.R.$  waarin  $C = 2\pi a$ . Voor metingen op dijken is  $C = 2\pi a$  een benadering.

Per meetpunt worden dus twee of meer, meestal verschillende waarden van  $\rho_s$  voor de respectievelijke elektrodenafstanden gevonden. Als vuistregel mag men aannemen dat de diepte waarover wordt gemeten, gelijk is aan de afstand  $a$  tussen de elektroden. De  $\rho_s$ -waarden bij de kleine waarde van  $a$  hebben dus voornamelijk betrekking op de lagen aan het oppervlak en de  $\rho_s$ -waarden bij de grote waarde van  $a$  geven informatie over de dieper gelegen lagen. De keuze van de elektrodenafstanden is afhankelijk van het doel van het onderzoek. Bij het onderzoek van de rivierdijken zijn drie gevallen te onderscheiden:

- a. Onderzoek in de uiterwaard: de afstand  $a$  hangt af van de te onderzoeken dikte van het afdichtende kleipakket. In vele gevallen kan met twee kleine waarden van  $a$  worden volstaan.
- b. Onderzoek van de dijk: de afstand  $a$  behoeft maximaal niet veel groter te zijn dan de hoogte van de dijk ten opzichte van het diepstgelegen maaiveld.
- c. Onderzoek achter de dijk: de te onderzoeken diepte zal afhangen van de kerende hoogte van de dijk. De afstand  $a$  zal bij een grotere kerende hoogte groter gekozen worden, tenzij er aanwijzingen zijn dat de kleilaag een zeer geringe dikte heeft. Bij dit onderzoek is alleen geval  $a$  van belang.

Als over een traject de waarden van  $\rho_s$  constant blijven, is daarover hoogstwaarschijnlijk de grondopbouw ook constant. Als de waarden van  $\rho_s$  verschillen, dan verschilt in het algemeen ook de grondopbouw. Hoe de grondopbouw is en wat de verandering van  $\rho_s$  inhoudt, kan niet uit de metingen worden afgeleid. Aanvullend grondonderzoek, bijvoorbeeld in de vorm van sonderingen en/of boringen, is voor een volledige interpretatie vereist. Slechts algemeen kan worden gesteld dat  $\rho_s > 40 \Omega \text{ m}$  op de aanwezigheid van veel zand duidt en  $\rho_s < 30 \Omega \text{ m}$  op de aanwezigheid van veel klei. Deze waarden gelden bij de aanwezigheid van zoet grondwater.

### 3. Uitvoering van de metingen

#### 3.1. Periode van uitvoering.

De metingen hebben plaatsgevonden in de periode van 17 juni tot 27 juni 1975.

#### 3.2. Weersomstandigheden en rivierstand.

Tijdens de metingen viel er af en toe een bui. Ook in de voorafgaande periode kwam hetzelfde weertype voor. Over het algemeen is dus onder dezelfde weersomstandigheden gemeten.

Tijdens de laatste dagen van de metingen was de rivierstand wat gestegen. Het lijkt echter niet waarschijnlijk dat deze stijging van invloed is geweest op de meetresultaten, gezien de hoogteligging van de uiterwaard ten opzichte van het rivierpeil.

#### 3.3. Ligging van de trenches.

Op bijlage 3 en 4 is een overzicht gegeven van de ligging van de trenches en de meetpunten. In principe is er een trench op ongeveer 10 meter uit de teen gemeten (trench 1) en een op ongeveer 30 m uit de teen (trench 2).

4. Resultaten van de metingen en conclusies.

4.1. Resultaten

De resultaten van de metingen staan getekend op bijlage 5.

Er is niet in alle meetpunten onderzoek uitgevoerd:

Trench 1

Vanaf hm 6,75 tot en met hm 10 in verband met terrein van zeer wisselende hoogte.

Vanaf hm 14 tot en met hm 17 in verband met loswal steenfabriek.

hm 39,25 in verband met de aanwezigheid van een pad door de uiterwaard.

Trench 2

Vanaf hm 6 tot en met hm 17 in verband met terrein van zeer wisselende hoogte en loswal steenfabriek.

Vanaf hm 39 tot en met 40,5 in verband met het schuine verloop van trench 1 ( zie bijlage 4).

Zowel in trench 1 en 2 variëren de waarden  $\rho_s$  per meetpunt. Ook liggen de waarden van  $\rho_s$  in de meeste gevallen boven 40  $\Omega$  m.

Uitzonderingen hierop zijn de volgende trajecten:

Trench 1: hm 10,25 tot en met 11,75;

hm 12,25 tot en met 13

hm 36,75 tot en met 37,5;

hm 42 tot en met 43,75.

Trench 2: hm 36,5 tot en met 37;

hm 41,75 tot en met 43,75.

Zeer hoge waarden werden gemeten in

trench 1: hm 13,5 tot en met 14 (Hier ligt het terrein hoger dan het naastliggende);

hm 26,5 tot en met 28,5.

trench 2: hm 24 tot en met 28,5.

Bij vergelijking van de twee trenches kunnen er trajecten worden onderscheiden waar het verloop van de gemeten  $\rho_s$ -waarden dezelfde tendens vertoont. Een uitzondering hierop is het traject van hm 35 tot en met 42.

#### 4.2. Conclusies

Over het algemeen kan worden gesteld dat, gezien de meetresultaten van het geo-elektrisch onderzoek, de uiterwaard zeer wisselend van grondopbouw zal zijn. De hoge waarden van  $\rho_s$  duiden erop dat de kleibekleding op de meeste plaatsen dun zal zijn of zelfs kan ontbreken. Vooral tussen hm 17 en hm 20,5;

hm 21,5 en hm 22,5;

hm 23 en hm 28,5;

hm 30 en hm 32;

hm 33 en hm 36;

hm 37 en hm 38,5

kan een dun kleidek worden verwacht dat op vele plaatsen zal zijn onderbroken door zandopduikingen.

Tussen hm 6 en hm 14 kan (over het traject waar gemeten is) een tamelijk dikke kleilaag of zandige kleilaag worden verwacht.

Ditzelfde geldt ook voor het traject van hm 42 tot en met hm 43,75.

Gezien de grote variatie in de  $\rho_s$ -waarden mag worden geconcludeerd dat de uiterwaard niet wordt bedekt door een homogeen kleidek. Dit zal dus inhouden dat ook de doorlatendheid zal variëren.

Met betrekking tot het bovenstaande zijn in hm 27,28 en 29 doorlatendheidsproeven in situ uitgevoerd. De resultaten hiervan staan vermeld op bijlage 6.

Den Haag, augustus 1975

ing. H.J. van Donk

Resultaten van doorlatendheidsproeven in situ in hm 27, 28, 29 van de Malburgse dijk.

A. Uitvoering van de proef (korte samenvatting).

De proef wordt uitgevoerd met twee concentrische ringen. De grote ring dient om de randeffecten zoveel mogelijk te elimineren. De kleine ring dient als meetring. Op een aangebrachte schaalverdeling kan men de zakking per tijdseenheid aflezen.

Bovenstaande proef kan alleen worden uitgevoerd als het freatisch vlak beneden de te onderzoeken kleilaag is gelegen. Hiernaar is voor de proef een onderzoek ingesteld.

De dikte (D) van de kleilaag is door middel van de proef met de kleine ring vastgesteld, evenals de doorlatendheidsfactor  $k_1$ . De doorlatendheidsfactor  $k_2$  is vastgesteld door de hoeveelheid water te meten die in een bepaalde tijd door de grote ring is gestroomd.

B. Resultaten.

1. In hm 27 op 10 m uit de teen ( $\rho s = 148 \Omega m$ ) is  $k_1 = 2,2 \cdot 10^{-3}$  cm/sec en  $D = 25,5$  cm.  
 $k_2 = 2,2 \cdot 10^{-2}$  cm/sec.
2. In hm 28 op 10 m uit de teen ( $\rho s = 596 \Omega m$ ) is  $k_1 = 5,4 \cdot 10^{-4}$  cm/sec en  $D = 11,5$  cm.  
 $k_2 = 4,8 \cdot 10^{-3}$  cm/sec.  
  
In hm 28 op 30 m uit de teen ( $\rho s = 314 \Omega m$ ) is  $k_1 = 3,6 \cdot 10^{-4}$  cm/sec en  $D = 6$  cm  
 $k_2 = 6 \cdot 10^{-3}$  cm/sec.
3. In hm 29 op 10 m uit de teen ( $\rho s = 84 \Omega m$ ) is  $k_1 = 6 \cdot 10^{-4}$  cm/sec en  $D = 20$  cm (niet berekend maar uit boring bepaald);  
 $k_2 = 4,3 \cdot 10^{-3}$  cm/sec.