

Stabiliteit dijken Julianakanaal
in verband met mogelijke lekkage
door de bekleding.

A-85.027a

ir. E.H. Ebbens
November 1985

Stabiliteit dijken Julianakanaal in verband met mogelijke lekkage door de bekleding.

<u>Inhoud</u>	<u>Blz.</u>
1. Inleiding	1
2. Opbouw dijklichaam	2
3. Grondwater	3
3.1. Peilbuismetingen	3
3.2. Mogelijke hoogte grondwaterstand	3
3.2.1. Aanpak berekening	4
3.2.2. Uitwerking berekening	4
3.2.3. Analyse van de resultaten	6
3.2.4. Referentie lijst	7
4. Bepaling stabiliteit bij extreme grondwaterstand	8
4.1. Uitgangspunten	8
4.2. Resultaten stabiliteitsberekeningen	8
4.3. Locale stabiliteit binnentalud	9
5. Conclusies	10

Bijlage

1. Schematisatie dijkprofiel en berekend freatisch vlak	A4/85.267
---	-----------

1. Inleiding

Door de Dir. Limburg is in verband met de toenemende schade aan de asfaltbekleding van het Julianakanaal een projectgroep samengesteld in 1984.

Voor het voormalige Centrum Onderzoek Waterkeringen (thans Dienst Weg- en Waterbouwkunde) heeft ir. E.H. Ebbens hieraan deelgenomen. De projectgroep heeft in het najaar van 1985 de 1^e fase van het onderzoek afgerond.

Dit hield in:

- a. Inventarisatie aanleggegevens
- b. Inventarisatie huidige staat van de bekleding
- c. Inventarisatie toestand dijklichaam
- d. Interpretatie en conclusies

Dit rapport betreft een deel van c. en de daaruit voortvloeiende elementen voor d. en wel de stabiliteit van het dijklichaam in verband met mogelijke calamiteiten bij onverwacht grote schade aan de asfaltbekleding.

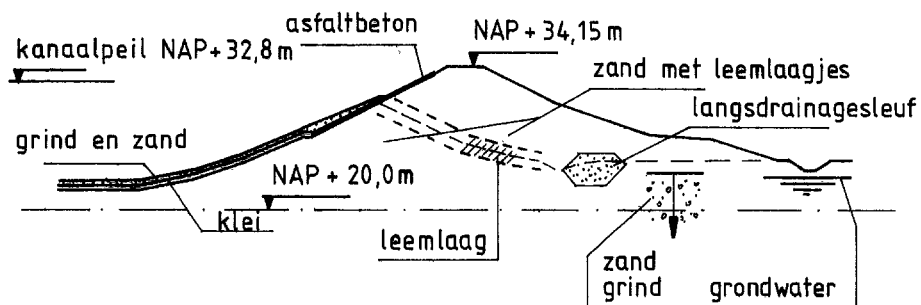
De resultaten van dit rapport worden verwerkt in het eindrapport van de werkgroep.

2. Opbouw dijklichaam

Het uitgevoerde onderzoek aan het dijklichaam (boringen, peilbuizen, geofysische metingen) is elders gerapporteerd. Hier worden alleen de voor de stabiliteitsberekening relevante zaken nog eens kort weergegeven. De beschikbare grondgegevens hebben hoofdzakelijk betrekking op de oostelijke dijk tussen Roosteren en Echt.

Het betreft een in het begin van de jaren zestig achterwaarts verhoogde en verzwaarde dijk (in verband met peilverhoging). Het grondlichaam bestaat overwegend uit zand gemengd met wat leem en/of grind afgewisseld door hier en daar een leemlaag van enkele decimeters. Op de overgang tussen de verzwaring en de oorspronkelijke dijk bevindt zich soms een dikkere leemlaag (1 à 2 m). Aan de binnenzijde van de binnenteen van de oorspronkelijke dijk bevindt zich een doorgaande langsdrainagesleuf van schoon grindzand. Uit de beschikbare grondgegevens en bestekstekeningen wordt de indruk verkregen dat deze drainagesleuf vrijwel overal aan de onderzijde overgaat in het algemeen in de ondergrond aanwezige grindzandpakket.

De volgende schets geeft het een en ander sterk schematisch weer.



3. Grondwater

Alleen de gegevens die relevant zijn voor de stabiliteitsanalyse worden hier kort weergegeven.

3.1. Peilbuismetingen

Uit de metingen blijkt dat de geplaatste peilbuizen overwegend droog stonden. Op km 27,3 werd op ongeveer 8 m onder de kruin (ca NAP + 26 m) een freatisch vlak aangetoond. Waarschijnlijk is dit de grondwaterstand zoals die voorkomt in de diepere grindzandlagen. Mogelijk is deze waterstand plaatselijk verhoogd door lekkage via de bodem.

Verder werd op km 26,7 op 2,50 m onder de kruin (ca NAP + 31,50 m) water gemeten (ca 1 m onder kanaalpeil). Dit is naar alle waarschijnlijkheid water dat via een lek in het asfalt boven een daar plaatselijk aanwezige leemlaag afstroomt naar de binnenzijde om daar te verdwijnen in de ondergrond. Bij een kanaalpeilverlaging van 2,5 m op 1 juni 1985 bleek de betreffende peilbuis droog te staan. Plaatselijk zijn op het betreffende traject een paar kwelplaatsen op het binnentalud aanwezig (km 26,91 en 27,03).

Dit zijn eveneens plaatsen waar water via lekkage door het asfalt nabij de waterlijn over plaatselijk aanwezige leemlagen afstroomt naar het binnentalud. Er is hierbij geen sprake van een algehele verhoging van de grondwaterstand in de dijk maar er is slechts plaatselijk boven een leemlaag water aanwezig. Bij deze kwelplaatsen treedt geen merkbare stroming van water op.

3.2. Mogelijke hoogte grondwaterstand

In verband met de vraag naar de kans op calamiteiten is nagegaan welke grondwaterstand op zou kunnen treden ingeval plaatselijk de asfaltbekleding onverwacht minder weerstand tegen instroming water zou bieden.

Hiertoe is een hypothetische, zeer ongunstige situatie aangenomen:

- De asfaltlaag is volledig verdwenen
- De in hoofdstuk 2 genoemde dikkere leemlaag op de overgang tussen

oorspronkelijke dijk en het later aangebrachte deel is overal aanwezig

- In de drainagesleuf is een waterstand van NAP +24,5 m aanwezig
- Het kanaalpeil is NAP +33,65 m

Een mogelijk wat hogere grondwaterstand in de drainagesleuf heeft weinig invloed op de resultaten van de berekening.

Het eventueel flauwer of zelfs horizontaal verlopen van de ondoorlatende leemlaag is uiteindelijk gunstiger voor de stabiliteit van het grondlichaam.

3.2.1. Aanpak berekening

De berekening van de freatische lijn kan op een aantal manieren gebeuren.

De meest nauwkeurige resultaten kunnen worden verkregen als wordt gewerkt met een numeriek model of met ELNAG (Elektrisch analogon). Een nadeel is dan de hoeveelheid werk die moet worden geïnvesteerd in het opbouwen van een schematisatie. Ook moeten de prototype gegevens vrij nauwkeurig bekend zijn.

Een andere mogelijkheid is een analytische som. Deze manier van werken maakt een vrij ruwe schematisatie noodzakelijk.

Aangezien de kennis van het prototype erg beperkt is en ook de tijd en het geld ontbreekt om een volledig model van het prototype te maken, is gekozen voor een analytische som.

De afleiding van de gebruikte formules kan worden gevonden in referentie 1 en 2. In ref. 1 wordt bovendien een aantal voorbeelden behandeld.

3.2.2. Uitwerking berekening

Algemeen

De schematisatie die is toegepast wordt weergegeven in bijlage 1.

Bij deze schematisatie zijn twee belangrijke aannamen gedaan. Als eerste aanname wordt het asfalt niet aanwezig verondersteld. De tweede aanname betreft de aanwezigheid van de ondoorlatende laag.

Beide aannamen werken conservatief door. Ze zijn beide niet helemaal juist. De consequentie van deze schematisatie zal in hoofdstuk 3.2.3. worden behandeld.

De vergelijkingen die werden gebruikt komen uit ref. 2.

De algemene vergelijking is:

$$y - ix - h_0 = B e^{-\frac{y}{h_0}}$$

$i = \text{tg } \theta$ (zie figuur)
 h_0 = diepte bij uniforme stroming (assymptot.)
 B = te bepalen constante
 y = y coördinaat van de freatische lijn

Aannamen

$i = \text{tg } \theta = 0,4166$
 $h_0 = 2$ meter
 $x(\text{max}) = 18$ meter } parameters van de ondoorl. laag
 $y(\text{max}) = 7,5$ meter
 $x = 0 \rightarrow y = 0,5$; $x = 18 \rightarrow y = 9,5$

Berekeningen

- Berekening van coefficient B

$$x = 0 \rightarrow y = 0,5 \rightarrow 0,5 - 0,4166 \times 0 - 2 = B \times e^{-\frac{0,5}{2}}$$

$B = -1,926$

De vergelijking van de freatische lijn is dan:

$$\underline{y - 0,4166 \times x - 2 = -1,926 \times e^{-\frac{y}{2}}}$$

Berekening van een aantal punten:

$$x = 12 \text{ meter} \rightarrow y = 6,93 \text{ (m)}$$

$$x = 6 \text{ meter} \rightarrow y = 4,28 \text{ (m)}$$

$$x = 3 \text{ meter} \rightarrow y = 2,76 \text{ (m)}$$

Een schets van de freatische lijn wordt in bijlage 1 gegeven.

3.2.3. Analyse van de resultaten

Het eindresultaat wordt in bijlage 1 weergegeven.

De aannamen betreffende de aanwezigheid van asfalt en van de ondoorlatende laag.

De asfaltlaag is plaatselijk waarschijnlijk lek maar het water zal ter plaatse van deze laag wel degelijk weerstand onder vinden. Het effect van deze laag zal dus een verlaging van de freatische lijn zijn.

Uit boringen blijkt dat de ondoorlatende laag niet overal aanwezig is. Het water kan dan afstromen naar diepere lagen. De freatische lijn zal daardoor worden verlaagd.

Uit de boringen blijkt ook dat er op diverse plaatsen grind wordt aangetroffen. Als dit redelijk schoon grind betreft is de doorlatendheid zo groot dat de (verlagende) invloed ervan op de freatische lijn alle andere effecten overtreft.

Conclusie

De volgens het voorgaande bepaalde freatische lijn betreft een zeer conservatieve schatting. Als de berekende freatische lijn bij stabiliteitsberekeningen geen probleem oplevert dan is de constructie zeker veilig genoeg. Alleen ingeval de drainagesleuf over grote stukken zou ontbreken of over een grote lengte geen aansluiting met de zandgrind ondergrond zou hebben zou een meer ongunstige situatie nog denkbaar zijn. Op voorhand lijkt dit onwaarschijnlijk, maar wel

is nadere controle van de drainagesleuf in de toekomst aan te bevelen.

3.2.4. Referentie lijst

1. Theory of Fluid Flow in undeformable porous media
V.I. Aravin; S.N. Numerov. (Vertaald in Israel)
blz. 77 t/m blz. 84.
2. Theory of Ground Water Movement
Polubarinova - Kockina (Vertaald door de Wiest)
blz. 415 t/m blz. 423.

4. Bepaling stabiliteit bij extreme grondwaterstand

4.1. Uitgangspunten

De grondwaterstand is aangenomen volgens de berekening van hoofdstuk 3.2. Verder is een hydrostatische waterdruk verondersteld hetgeen een ongunstige aanname is omdat de aangenomen afsluitende kleilaag de waterdruk onder de kleilaag verlaagd.

Omdat de tijd ontbrak voor gecompliceerde berekeningen is de dijk homogeen van opbouw verondersteld qua eigenschappen voor de stabiliteit met een cohesie $c = 0$ en een wrijvingshoek $\phi = 25^{\circ}$. Dit zijn, zoals blijkt uit het rapport van Mos Grondmechanica, zeer conservatieve aannamen.

Met een representatief profiel zijn berekeningen uitgevoerd met het rekenprogramma Stagrom volgens de methode Bishop.

4.2. Resultaten Stabiliteitsberekeningen

De minimale veiligheidsfactor die bereikt wordt met de volgens 4.1. uitgevoerde berekeningen bedraagt 1,36.

Volgens de gegevens van het grondonderzoek varieert de wrijvingshoek ϕ tussen 33° en 48° en de cohesie c tussen 8 en 36 kN/m^2 zodat dit een lage schatting van de veiligheid is.

In het volgende tabelletje zijn ter illustratie resultaten van aanvullende berekeningen met de cohesie $c = 0$ en variërende ϕ voor de glijcirkel met de voornoemde minimum veiligheidsfactor weergegeven:

ϕ	veiligheidsfactor
25°	1,36
26	1,42
27	1,49
28	1,55
29	1,62
30	1,69
--	----
35	2,05

De veiligheidsfactor is de verhouding tussen het maximaal door de schuifkrachten langs de glijcirkel te leveren moment en het door de zwaartekracht veroorzaakte moment werkend op het grondpakket binnen de glijcirkel.

Geconcludeerd kan worden dat, voor zover het grondonderzoek een representatief beeld van de opbouw van de dijk geeft, de stabiliteit onder de voornoemde extreme omstandigheden gewaarborgd is.

Een verder onderzoek naar mogelijke plaatselijke afwijkingen van het uit het grondonderzoek verkregen beeld zou overwogen kunnen worden. Dit zou dan mogelijk in eerste instantie niet-destructief moeten zijn en gericht op constateren van afwijkingen van het algemene beeld.

4.3. Locale stabiliteit binnentalud

Zoals reeds gesteld in hfst. 3.2. is bij andere aannamen voor de grondwaterstroming een situatie denkbaar waarbij op het binnentalud water uittreedt. Deze situatie is zoals al eerder vermeld voor de totale grondmechanische stabiliteit van de dijk minder ongunstig.

Wel kan een dergelijke situatie tot plaatselijke instabiliteit van de afdekkende kleilaag van het binnentalud en verweking van het zand eronder leiden.

Grofweg kan bij horizontaal uittredend water op het binnentalud gesteld worden dat voor lokaal evenwicht bij niet-cohesief materiaal geldt dat:

$$\begin{aligned} \text{tg } \phi &\geq \text{tg } 2 \alpha \text{ (waarbij } \alpha = \text{hoek binnen talud)} \\ \text{ofwel } \phi &\geq 2 \alpha \text{ ofwel } \phi \geq 2 \arctg 1/3, \text{ dus } \phi \geq 36,53^\circ \end{aligned}$$

Gezien de uit het grondonderzoek af te leiden waarden voor de cohesie en de wrijvingshoek lijkt het gevaar voor een dergelijke instabiliteit, anders dan zeer plaatselijk, niet erg groot.

Naar verwachting zal dit, indien het toch optreedt, niet direct leiden tot algehele instabiliteit van de dijk maar zal het binnentalud hooguit over een beperkt gebied en over een geringe diepte afschuiven. Dit leidt dan niet meteen tot een doorbraak. Wel zijn dan maatregelen nodig in verband met mogelijke geleidelijk voortgaande erosie van de zandkern.

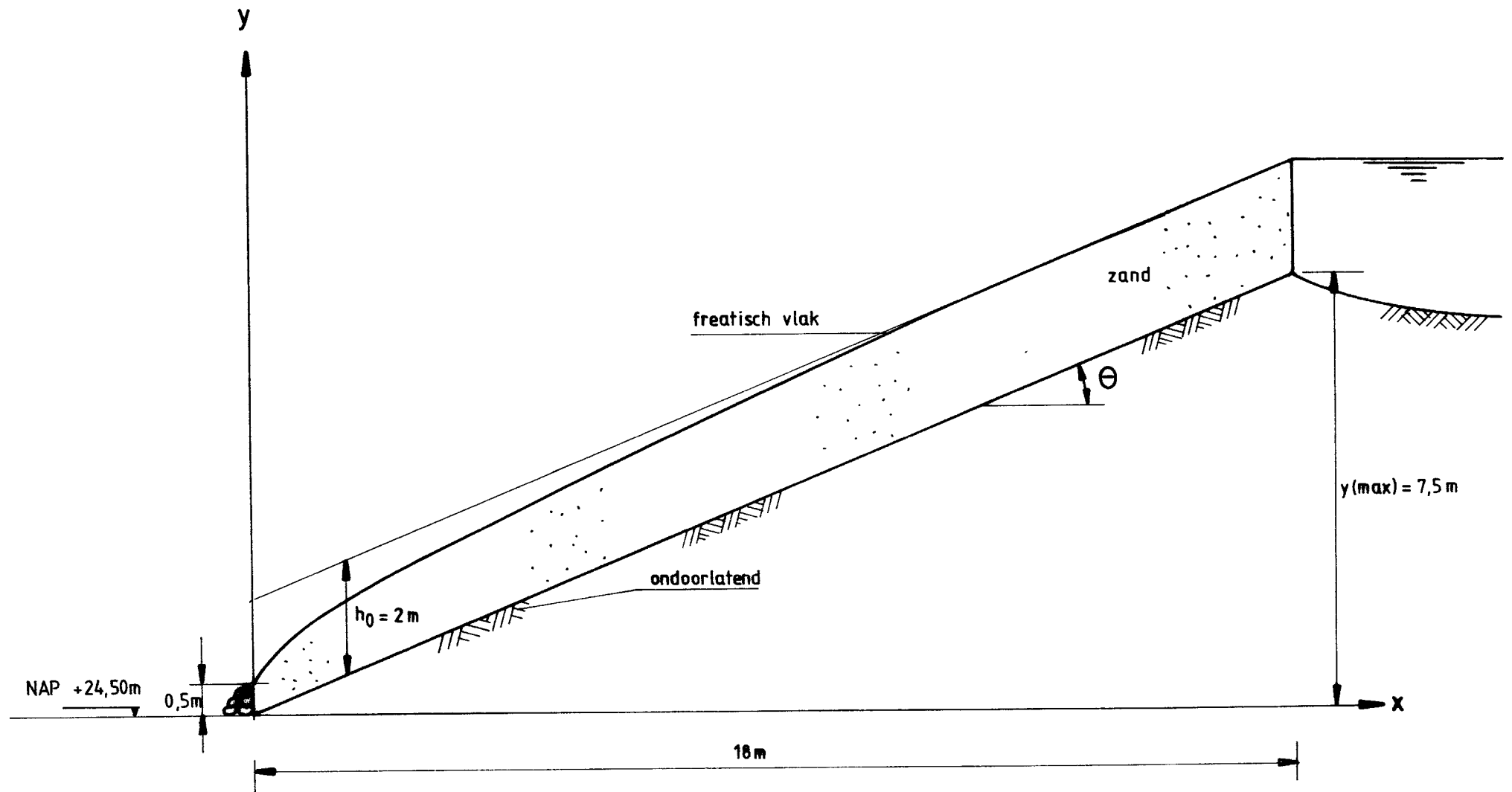
5. Conclusies


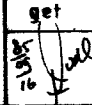
Bij onverwachte calamiteiten die de weerstand tegen waterstroming van de asfaltbekleding geheel of gedeeltelijk wegnemen loopt de algehele grondmechanische stabiliteit van de dijk aan de oostzijde tussen Roosteren en Echt geen gevaar.

Wel is het denkbaar dat op het binnentalud uittredend water dan lokale instabiliteiten veroorzaakt. Indien in dat geval spoedig maatregelen worden genomen (afdekken kwelplaats met grind) zal dat niet tot algeheel stabiliteitsverlies van de dijk leiden.

Bovenstaande conclusies zijn gebaseerd op de veronderstellingen dat de opbouw van de dijk nergens essentieel afwijkt van het uit het grondonderzoek verkregen algemene beeld en dat de langsdrainagesleuf nergens ontbreekt of over langere afstanden geen verbinding met de diepere zandgrindlagen heeft.

Hoewel deze veronderstellingen alleszins verantwoord lijken is het wellicht toch aan te bevelen om in de toekomst via geofysische metingen deze nader te verifiëren.



schematisatie dijkprofiel en berekend freatisch vlak				bijlage 1			
				schaal -			
	DIENST WEG- EN WATERBOUWKUNDE hoofdafdeling waterbouw	get	gew	gez	formaat	werknr.	A-85.027a
					A4	tek. nr.	85.267