

Geokunststoffen in waterkerende constructies

NGO creatieve sessie
21 april 2016

Programma

Programma

9.30 Ontvangst, koffie
10.00 Wim Voskamp, dagvoorzitter, opening
10.05 Wim Voskamp, *Faalmechanismen in waterkeringen*
10.30 Adam Bezuijen, *Tubes, containers en filterconstructies*
11.00 Vera van Beek, *Piping: mechanisme en gangbare oplossingen*
11.20 Bas Effing, *Praktijkproject: verticaal pipingscherm*
11.40 Piet van Duijnen, *Proefje doen in groepjes*
12.40 Discussie in groepjes
(Innovatieve) oplossingen voor waterkeringen met toepassing van geokunststoffen ter voorkoming van piping.
13.30 Lunch
14.30 Voortzetting discussies en voorbereiding presentaties in groepjes
15.45 Presentaties van groepjes
16.30 Samenvatting, discussie en sluiting
17.00 Borrel

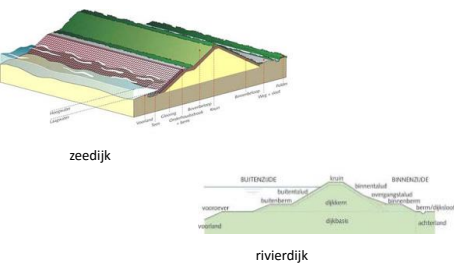
Faalmechanismen in waterkeringen

Dijken

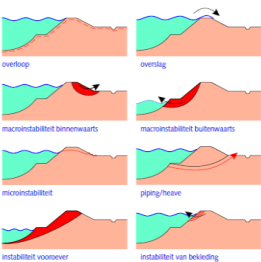
- Stabiliteit van de constructie
- Filterconstructie in de steenbekleding



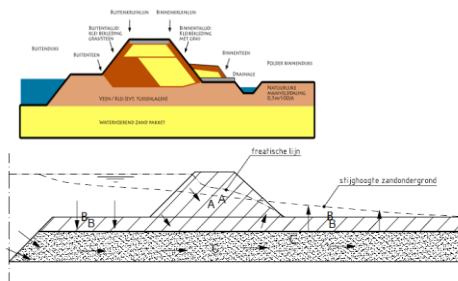
Dwarsprofiel dijk



Faalmechanismen van dijken



Dwarsprofiel en freatische lijn

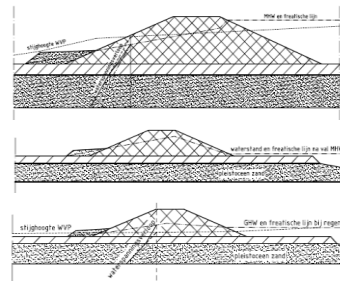


NGO creatieve sessie 21 april 2016

Geokunststoffen in waterkerende constructies

7

Freatische lijn in de dijk en stijghoogte in watervoerend pakket



Freatische lijn en
stijghoogte bij gemiddeld
hoog water

Freatische lijn na val
gemiddeld hoog water

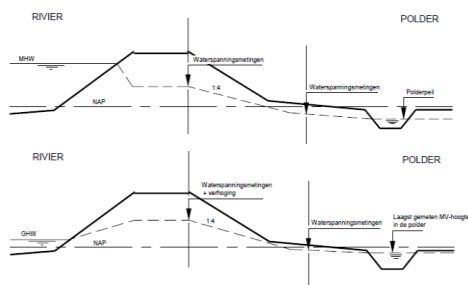
Berging van regen in dijk

NGO creatieve sessie 21 april 2016

Geokunststoffen in waterkerende constructies

8

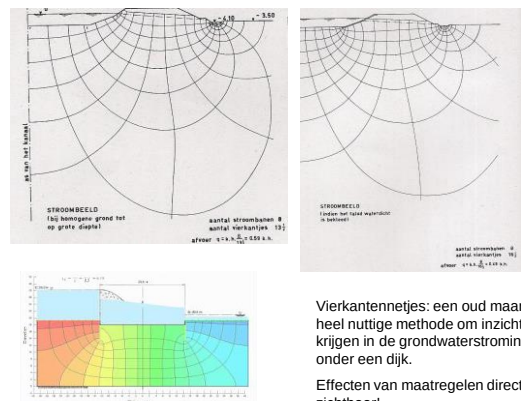
Freatische lijn



NGO creatieve sessie 21 april 2016

Geokunststoffen in waterkerende constructies

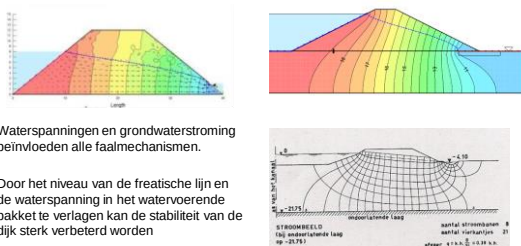
9



Vierkantennetjes: een oud maar heel nuttige methode om inzicht te krijgen in de grondwaterstroming in / onder een dijk.

Effecten van maatregelen direct zichtbaar!

Flow net



Waterspanningen en grondwaterstroming beïnvloeden alle faalmechanismen.

Door het niveau van de freatische lijn en de waterspanning in het watervoerende pakket te verlagen kan de stabiliteit van de dijk sterk verbeterd worden

Zichtbaar maken met vierkanten netten

Waterspanningen

Waterspanningen in de dijk en onderliggende watervoerende laag bepalen de veiligheid van de dijk

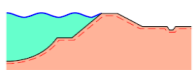
- Vallen van de buitenwaterstand is belangrijk:
 - Overdruk achter bekleding
 - Evenwicht talud
- Hoge freatische lijn:
 - Uittreden van water uit talud: microstabiliteit
 - Evenwicht afschuiven: macrostabiliteit
- Hoge waterspanning in watervoerende laag:
 - Opdrukken binnendijkse bodem
 - Piping

NGO creatieve sessie 21 april 2016

Geokunststoffen in waterkerende constructies

12

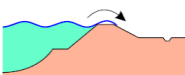
Overloop



overloop
Oorzaak : waterstand en golfhoogte
Beïnvloeden door: hoogte dijk, steilheid en
ruwheid buitentalud



Overslag



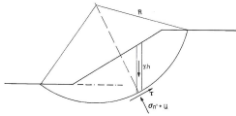
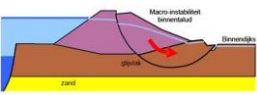
overslag
Oorzaak: waterstand, golfhoogte
Beïnvloeden door: hoogte dijk,
erosiebestendigheid afdeklaag



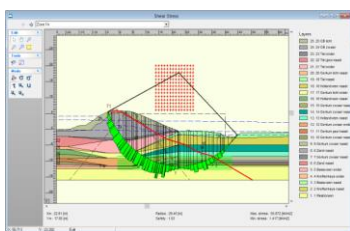
Macro stabiliteit binnentalud



$$SF = \frac{\sum M_{opzw.}}{\sum M_{aandr.}}$$



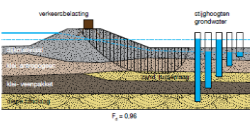
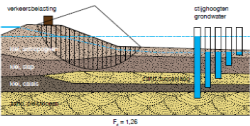
D-Geo Stability Deltares



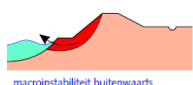
Vorm glijvlakken

Kritieke glijvlak niet altijd
cirkelvormig. Afhankelijk van
waterspanningen in de
watervoerende lagen

Oorzaak : hoge freatische lijn,
waterspanningen
Beïnvloeden door: doorlatendheid
bodem, ϕ -grond, berm, helling talud
 $\tau = c + \sigma_e \tan \theta$



Macro stabiliteit buitentalud



Oorzaak : (val)waterstand, waterspanningen
Beïnvloeden door: doorlatendheid
bodem/bekleding, ϕ -grond, taludhelling,
geometrie
 $\tau = c + \sigma_e \tan \theta$

Microstabiliteit binnenteen

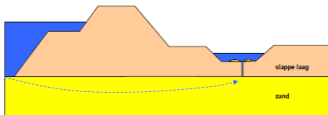


microinstabiliteit

Oorzaak : waterstand, waterspanning
Beïnvloeden door: doorlatendheid bodem, ϕ , grond, D_{50} en C_u grond, geometrie



Piping



slappe laag
sand



Piping



1. Water stroomt door een zandlaag onder de dijk door en komt achter de dijk naar boven. Er ontstaat een wel.

2. Het water dat onder de dijk doorstroomt neemt zand mee en zet dit in een stootbodem of op maaiveld af. Er ontstaat een rijk. De lengte van de rijk is afhankelijk van het verval over de dijk.

3. Bij een bepaalde lengte van de rijk neemt de erosie progressief toe. Er ontstaat een doorlopende verbinding onder de dijk waardoor water naar het achterland stroomt.

4. Er ontstaan holle ruimten onder de dijk die insloten.

5. Door het insloten van holle ruimten zakt de dijk in elkaar en stroomt water over de kruin naar het achterland. Er is sprake van een dijkschraak.

Piping afhankelijk van :

- $H_{\text{buiten}} - H_{\text{binnen}} = \Delta H$
- Lengte tussen intrede punt en uittrede punt
- D_{50} zand
- Mogelijkheid voor zand om te verplaatsen/ uit te treden

Oorzaak: te groot verhang
Beïnvloeden door: verhang kleiner maken, grof zand, uitspoelen van zand fysiek verminderen

Formule Sellmeijer - Piping

$$\frac{\Delta H}{\gamma_s \cdot \gamma_s} > (\Delta H - 0,3d)$$

met:

$$\Delta H_s = L \cdot F_{\text{resistance}} \cdot F_{\text{exit}} \cdot F_{\text{geometry}}$$
$$F_s = F_{\text{resistance}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \left(\eta \tan(\theta) \right)$$
$$F_s = F_{\text{exit}} = \frac{d_{50}}{\sqrt{kL}} \left(\frac{d_{50}}{d_{\text{min}}} \right)^{1,4}$$
$$F_s = F_{\text{geometry}} = F(G) = 0,91 \left(\frac{D}{L} \right)^{\frac{0,38}{10^{0,14}} + 1,14}$$

waarin:

ΔH_s kritiek verval over de waterkering [m]

ΔH aanwezige verval over de waterkering ten opzichte van maatgevend hoogwater [m]

d karakteristieke waarde van de dikte van de afdekende laag [m]

γ_s veiligheidsfactor (van de vereiste betrouwbaarheidsindex afhankelijke partiële weerstandsfactor) [-]

γ_s schematiseringsfactor [-] volgens het TR Grondmechanisch Schematiseren bij Dijken [ENW, 2011]

γ_s (schijnbaar) volumiek gewicht van de zandkorrels onder water

$\gamma_s = \gamma_s' - \gamma_w$ met $\gamma_w = 20$ [kN/m³]

γ_w volumegewicht van water ($\gamma_w = 9,81$) [kN/m³]

θ roteringsstandhoek van de zandkorrel ($\theta = 37^\circ$) [°]

η coëfficiënt van White ($\eta = 0,25$) [-]

k intrinsieke doorlatendheid van de zandlaag [m²]

$k = \nu k_g = 1,35 \cdot 10^{-10}$ [m²]

k specifieke doorlatendheid van de pipinggevoeligste zandlaag [m/s]

ν kinematische viscositeit van water bij 10°C ($\nu = 1,33 \cdot 10^{-6}$) [m²/s]

g versnelling van de zwaartekracht ($g = 9,81$) [m/s²]

d_{50} karakteristieke waarde voor de 70-percentielwaarde van de korrelverdeling [m]

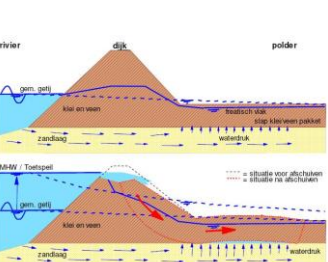
d_{min} gemiddelde d_{50} van de in de kleine schaalproeven toegestane zandsorten, waarop deze formule is getit ($d_{\text{min}} = 2,08 \cdot 10^{-4}$) [m]

D karakteristieke waarde voor de dikte van het zandpakket [m]

L karakteristieke lengte van de keelweg (horizontaal gemeten) [m]

Wet van d'Arcy: $Q = k \cdot i \cdot F \cdot t$ [m³/s] en $q = k \cdot i$ [m/s]

Opdrijven, opbarsten / heave



rijver dijk polder

oem. getij oem. getij

klei en veen klei en veen

zandlaag zandlaag

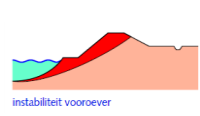
waterdruk waterdruk

MW / Toetspeil situatie voor afsluiten situatie na afsluiten

Oorzaak : Waterdruk in watervoerende pakket is groter dan gewicht erop liggende grondlagen: evenwichtsverlies
Beïnvloeden door: gewicht/dikte grondlaag / berm



Instabiliteit vooroever



instabiliteit vooroever



Oorzaak: bij vallend water overdruk van water in dijk en lage wrijvings in glijvlak
Beïnvloeden door: doorlatendheid grond, geometrie dijk, afdeklaag talud

Instabiliteit bekleding



instabiliteit van bekleding

Oorzaak: overdruk onder bekleding
Beïnvloeden door: doorlatendheid grond, geometrie talud, gewicht bekleding



NGO creatieve sessie 21 april 2016

Geokunststoffen in waterkerende constructies

25

Noodreparaties dijkverhoging



NGO creatieve sessie 21 april 2016

Geokunststoffen in waterkerende constructies

26

Noodmaatregelen piping en buitentalud



NGO creatieve sessie 21 april 2016

Geokunststoffen in waterkerende constructies

27

Noodmaatregelen stabiliteit binnentalud



NGO creatieve sessie 21 april 2016

Geokunststoffen in waterkerende constructies

28



NGO creatieve sessie 21 april 2016

Geokunststoffen in waterkerende constructies

29

Bronnen:

- repository.tudelft.nl
- www.wshd.nl
- <http://v-web002.deltares.nl/sterktenoodmaatregelen>
- www.deltaproof.nl
- <https://www.zeeweringenwiki.nl>
- beeldbank.rws.nl
- www.helpdeskwater.nl

NGO creatieve sessie 21 april 2016

Geokunststoffen in waterkerende constructies

30