



Ad Beaufort
Hans van der Sande
Simon Vereeke
Gert Jan Wijkhuizen

Rijkswaterstaat Zeeland
Projectbureau Zeeweringen

P/a Waterschap Zeeuwse
Eilanden
Kanaalweg 1
Middelburg
P/a Postadres: Postbus 1000
4330 ZW Middelburg
T (0118) 62 13 70
F (0118) 62 19 93
www.zeeweringen.nl

memo

Bekledingskeuze Oostelijke Sloehavendam/Kaloot (dp 0 t/m dp 29)

aangepaste versie

Contactpersonen

Ruud Bosters
T (0118) 62 13 72
Jan Willem Beijer
T (0118) 62 14 42

Datum

September 2009

Kenmerk

PZDT-M-09323 ken

Bijlage(n)

Geen

Inleiding

Het Projectbureau Zeeweringen is belast met het vernieuwen van de steenbekledingen in Zeeland. In 2012 komt het dijkvak Oostelijke Sloehavendam/Kaloot in uitvoering. Momenteel wordt de nieuwe bekleding ontworpen.

Tussen de aanzet van de havendam en dijkpaal 30 is in de Oostelijke Sloehavendam een hoge grondwaterstand aangetroffen van ca. NAP +2,80 m. Deze heeft waarschijnlijk aan de basis gelegen van opgetreden vervormingen van de momenteel aanwezige bekleding. Verder is er op het dijkvak een grote golfbelasting.

Bij de keuze van de nieuwe bekleding dient voor het hele dijkvak rekening gehouden te worden met een hoge grondwaterstand (zie onder). Dit memo onderbouwt de keuze van de nieuwe bekleding.

Oorzaak hoge grondwaterstand

Het achterland van de Oostelijke Sloehavendam/Kaloot is een opgespoten industrieterrein met een breedte van ca. 1 km, een lengte van ca. 2,75 km en een maaiveldniveau van ca. NAP +5,2 m. Het terrein wordt aan 3 zijden begrensd door getijdewater (Westerschelde, Sloehaven en van Cittershaven) en is alleen aan de zuidoostzijde over de hele breedte van 1 km verbonden met Zuid-Beveland.

De hoge grondwaterstand wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de hoogte en de breedte van het achterland in combinatie met een slecht doorlatende (natuurlijke) ondergrond:

De hoogte van het achterland maakt dat weinig of geen drainage nodig is om het terrein begaanbaar te houden. Er zijn dus geen poldersloten die het neerslagoverschot afvoeren en de grondwaterstand laag houden. Het neerslagoverschot moet dan afgevoerd worden via de randen en de ondergrond



014388 2009 PZDT-M-09323 ken

oot enBekledingskeuze Oostelijke Sloehavendam / Ka

van het terrein. De randen liggen relatief ver van elkaar en in de ondergrond is een slecht doorlatende kleilaag aanwezig. Hierdoor is een relatief groot verhang nodig om het neerslagoverschot af te kunnen laten stromen en stelt zich een hoge grondwaterstand in.

Een hoge grondwaterstand treedt op langs het hele dijkvak, al dan niet na extreme neerslag.

Rijkswaterstaat Zeeland
Projectbureau Zeeweringen

Datum
September 2009

Kenmerk
PZDT-M-09323 ken

Invloed van hoge grondwaterstand op bekleding

Als de bekleding doorlatender is dan de ondergrond (bv. open steenasfalt op geotextiel op een zandkern) dan voert de bekleding het grondwater sneller af dan de ondergrond het water aan kan voeren. In dat geval zijn er direct onder de bekleding geen hoge grondwaterdrukken, ook niet bij een hoge grondwaterstand in het dijklichaam.

Als de bekleding minder doorlatend is dan de ondergrond (bv. een steenzetting op een kleilaag of een (gesloten) asfaltbekleding), dan zijn er bij een hoge grondwaterstand in het dijklichaam ook hoge grondwaterdrukken onder de kleilaag of de asfaltbekleding. Als deze grondwaterdrukken hoger zijn dan het (opdrijf)gewicht van de bekleding (incl. kleilaag) dan kan deze in theorie opdrijven. Bij proeven is echter gebleken dat water onder een opgedreven bekleding makkelijk ontsnapt en dat het grondwater te traag toestroomt om de 'opdriving' in stand te houden.

In de praktijk is het onderscheid tussen een goed en een slecht doorlatende bekleding moeilijk te maken. Een hoge grondwaterstand in het dijklichaam uit zich in beide gevallen in één of meer van de volgende verschijnselen:

1. Er sijpelt continu water uit de bekleding;
2. Er is sprake van langzame vervormingen van de bekleding en de ondergrond (scheuren of spleten in de toplaag, verzakkingen en kleine S-profielen in het talud);
3. Aan de teen bevinden zich welletjes, die ook zand mee kunnen voeren;
4. Bij openbreken van de bekleding en/of boren in de eventuele kleilaag ontstaan wellen.

E.e.a. wordt in versterkte mate waargenomen na periodes met veel neerslag, omdat de grondwaterstand in de dijk dan hoger is.

De genoemde verschijnselen leiden tot hogere kosten voor beheer en onderhoud. Verder vormen de hoge grondwaterstand een veiligheidsrisico omdat de bekleding minder stabiel is: Doordat de ondergrond verzadigd is met water is er minder draagkracht en minder weerstand tegen o.a. golfbelasting. De vigerende toets- en rekenmethodes voor zowel steenzettingen als asfaltbekledingen gaan er dan ook van uit dat de grondwaterstand in het dijklichaam laag is. Er zijn geen toetsmethodes voor hoge grondwaterstanden en er wordt impliciet verondersteld dat deze worden voorkomen.

Opties voor bekleding Sloehavendam/Kaloot

Rijkswaterstaat Zeeland
Projectbureau Zeeweringen

Datum
September 2009

Kenmerk
PZDT-M-09323 ken

De hoge grondwaterstand kan door de bekleding niet verholpen worden. Wel zal bij een goed doorlatende bekleding de grondwaterstand minder ver oplopen en zijn er geen grondwaterdrukken direct onder de bekleding. Een goed doorlatende bekleding is daardoor (relatief) minder kwetsbaar dan een slecht doorlatende bekleding.

De grondwaterstand kan eventueel verlaagd worden door drainage aan de achterkant van de dam. Drainage is echter niet onfeilbaar en met name op termijn kan drainage minder goed gaan werken en kan zich opnieuw een hoge grondwaterstand instellen. Daarom mag de bekleding niet al te kwetsbaar zijn voor grondwaterdrukken en dient bij voorkeur veel reststerkte te hebben. Bij verminderde stabiliteit door een onverwacht hoge grondwaterstand zal het dan bij de ontwerp golfbelasting toch nog lang duren voor de bekleding daadwerkelijk bezwijkt.

Hieronder worden 4 opties voor een goed doorlatende bekleding en 3 opties voor een slecht doorlatende bekleding kort geëvalueerd.

Goed doorlatende bekleding van gezette steen

Om de bekleding als geheel goed doorlatend te laten zijn dient een onderlaag aangebracht te worden die een orde minder doorlatend is dan het filter, maar doorlatender dan de kern van de dijk. Dit komt neer op een onderlaag met een doorlatendheid van $1 \cdot 10^{-4}$ à $1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Uitvoeringstechnisch is deze bandbreedte erg smal en kan op voorhand voor geen enkel materiaal gegarandeerd worden dat deze eis gehaald wordt. Mede gezien de grote ontwerp golfbelasting ligt deze (onbewezen) constructie dan ook niet voor de hand.

Goed doorlatende bekleding van losse breuksteen

Uit oriënterende berekeningen blijkt dat bij de ontwerp golfbelasting een steensortering van 1-3 ton nodig is. Deze sortering leidt tot een hoog materiaalverbruik, hoge kosten en een moeilijk te onderhouden talud wegens slechte begaanbaarheid. Ook in zones op het talud waar de golfbelasting lager is, zijn de sorteringen te groot om als alternatief voor de toe te passen bekleding te doen gelden.

Goed doorlatende breuksteenbekleding met patroonpenetratie van gietasfalt

Uit oriënterende berekeningen blijkt dat bij de ontwerp golfbelasting een steensortering van 300-1000 kg nodig is. Ook deze sortering leidt tot een hoog materiaalverbruik, hoge kosten en een slecht begaanbaar talud. In zones waar de golfbelasting lager is, zoals het onderste deel van het talud, is dit bekledingstype toepasbaar in een sortering van 40-200kg. Deze sortering is ten aanzien van materiaalgebruik, kosten en begaanbaarheid toelaatbaar. Het overlagen van de ondertafel met deze breuksteensortering, ingegoten met gietasfalt in een strokenpatroon biedt een doorlatende bekleding met een goede samenhang en een behoorlijke reststerkte.

Goed doorlatende bekleding van open steenasfalt, open colloïdaal beton of verlijmde steenslag

De golfbelasting op het dijkvak is zodanig dat een bekleding van open steenasfalt onvoldoende duurzaam is. De ervaringen met open colloïdaal beton zijn slecht omdat het bij de aanleg te gemakkelijk uitspoelt. Verlijmde steenslag is een innovatie die zich nog onvoldoende bewezen heeft.

In de onderhavige situatie zijn nieuwe vervormingen van de ondergrond niet uit te sluiten. Colloïdaal beton en verlijmde steenslag kunnen deze onvoldoende volgen.

Slecht doorlatende bekleding van gezette steen

De huidige granietbekleding toont aan dat een traditionele bekleding van gezette steen op een kleilaag onvoldoende bestand is tegen de aanwezige grondwaterdrukken. Dit is theoretisch mogelijk te verhelpen door over het hele talud een slecht doorlatende onderlaag van 2 à 3 m dikte aan te brengen, maar praktisch dit geen haalbare optie. Tevens heeft een gezette bekleding weinig reststerkte indien zich direct onder de gezette steen toch waterdruk opbouwt.

Slecht doorlatende bekleding van vol-en-zat met gietasfalt gepenetreerde breuksteen

Deze bekleding kenmerkt zich door haar grote samenhang en sterkte. Daardoor is ze minder kwetsbaar voor hoge grondwaterdrukken dan andere dichte bekledingen. Verder is deze bekleding erg taai en duurt het na een eerste schade nog lang voordat ze bezwijkt. Toepassing over het gehele talud zal er echter wel toe leiden dat er door de permanente aandrang van grondwater continu waterspanning onder de bekleding staat. Met name op het onderste deel van het talud, waar de waterspanningen het hoogst zijn, vergroot dit de kans op opdrijven van de bekleding. Dit is theoretisch mogelijk te verhelpen door een laagdikte van meer dan 1 m aan te brengen. Dit is economisch gezien geen haalbare optie. Een vol-en-zat met gietasfalt gepenetreerde breuksteen bekleding is technisch echter goed toepasbaar op de zone boven gemiddeld hoogwater.

Slecht doorlatende bekleding van waterbouwasfaltbeton

Bij de gebruikelijke diktes is deze bekleding onvoldoende bestand tegen grondwaterdrukken en heeft weinig reststerkte. Bij grotere diktes kan deze bekleding even goed presteren als een bekleding van vol-en-zat gepenetreerde breuksteen, maar is dan economisch niet meer concurrerend.

Conclusies en advies

Op het hele dijkvak Sloehavendam/Kaloot treedt een hoge grondwaterstand op. Hiermee dient rekening gehouden te worden bij de keuze van de bekleding.

Een goed doorlatende bekleding is minder kwetsbaar voor een hoge grondwaterstand dan een slecht doorlatende bekleding, maar in beide gevallen vermindert een hoge grondwaterstand in het dijklichaam de stabiliteit van de bekleding.

Een goed doorlatende bekleding is op de Sloehavendam enkel haalbaar op de ondertafel van het talud, middels het overlagen van de huidige bekleding met breuksteen 40-200kg en welke patroongepenetreerd (stroken) wordt met gietasfalt. Een slecht doorlatende bekleding op de ondertafel is ten gevolge van de optredende wateroverdrukken bovendien ongewenst. Op de boventafel is de golfaanval het grootst, en zullen de waterspanningen niet zo groot zijn als op de ondertafel, waardoor een ondoorlatende bekleding van vol-en-zat met gietasfalt gepenetreerde breuksteen het meest geschikt is.



Ad Beaufort
Hans van der Sande
Simon Vereeke
Gert Jan Wijkhuizen

Rijkswaterstaat Zeeland
Projectbureau Zeeweringen

P/a Waterschap Zeeuwse
Eilanden
Kanaalweg 1
Middelburg
P/a Postadres: Postbus 1000
4330 ZW Middelburg
T (0118) 62 13 70
F (0118) 62 19 93
www.zeeweringen.nl

Contactpersonen
Ruud Bosters
T (0118) 62 13 72
Jan Willem Beijer
T (0118) 62 14 42

Datum
September 2009

Kenmerk
PZDT-M-09323 ken

Bijlage(n)
Geen

memo

Bekledingskeuze Oostelijke Sloehavendam/Kaloot (dp573 t/m dp573+3000m)

Inleiding

Het Projectbureau Zeeweringen is belast met het vernieuwen van de steenbekledingen in Zeeland. In 2012 komt het dijkvak Oostelijke Sloehavendam/Kaloot in uitvoering. Momenteel wordt de nieuwe bekleding ontworpen.

Tussen dijkpaal 573+1700m en 573+2000m is in de Oostelijke Sloehavendam een hoge grondwaterstand aangetroffen van ca. NAP +3,30 m. Deze heeft waarschijnlijk aan de basis gelegen van opgetreden vervormingen van de momenteel aanwezige bekleding. Verder is er op het dijkvak een grote golfbelasting.

Bij de keuze van de nieuwe bekleding dient voor het hele dijkvak rekening gehouden te worden met een hoge grondwaterstand (zie onder). Dit memo onderbouwt de keuze van de nieuwe bekleding.

Oorzaak hoge grondwaterstand

Het achterland van de Oostelijke Sloehavendam/Kaloot is een opgespoten industrieterrein met een breedte van ca. 1 km, een lengte van ca. 2,75 km en een maaiveldniveau van ca. NAP +5,2 m. Het terrein wordt aan 3 zijden begrensd door getijdewater (Westerschelde, Sloehaven en van Cittershaven) en is alleen aan de zuidoostzijde over de hele breedte van 1 km verbonden met Zuid-Beveland.

De hoge grondwaterstand wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de hoogte en de breedte van het achterland in combinatie met een slecht doorlatende (natuurlijke) ondergrond:

De hoogte van het achterland maakt dat weinig of geen drainage nodig is om het terrein begaanbaar te houden. Er zijn dus geen poldersloten die het neerslagoverschot afvoeren en de grondwaterstand laag houden. Het

neerslagoverschot moet dan afgevoerd worden via de randen en de ondergrond van het terrein. De randen liggen relatief ver van elkaar en de ondergrond bestaat in Zeeland meestal uit slecht doorlatende klei. Hierdoor is een relatief groot verhang nodig om het neerslagoverschot af te kunnen laten stromen en stelt zich een hoge grondwaterstand in.

Rijkswaterstaat Zeeland
Projectbureau Zeeweringen

Datum
September 2009

Kenmerk
PZDT-M-09323 ken

Het is (nog) niet bekend of er momenteel op het hele dijkvak een hoge grondwaterstand is. Gezien het hoge en brede achterland kan een hoge grondwaterstand echter optreden op het hele dijkvak, al dan niet na extreme neerslag.

Invloed van hoge grondwaterstand op bekleding

Als de bekleding doorlatender is dan de ondergrond (bv. open steenasfalt op geotextiel op een zandkern) dan voert de bekleding het grondwater sneller af dan de ondergrond het water aan kan voeren. In dat geval zijn er direct onder de bekleding geen hoge grondwaterdrukken, ook niet bij een hoge grondwaterstand in het dijklichaam.

Als de bekleding minder doorlatend is dan de ondergrond (bv. een steenzetting op een kleilaag of een (gesloten) asfaltbekleding), dan zijn er bij een hoge grondwaterstand in het dijklichaam ook hoge grondwaterdrukken onder de kleilaag of de asfaltbekleding. Als deze grondwaterdrukken hoger zijn dan het (opdrijf)gewicht van de bekleding (incl. kleilaag) dan kan deze in theorie opdrijven. Bij proeven is echter gebleken dat water onder een opgedreven bekleding makkelijk ontsnapt en dat het grondwater te traag toestroomt om de 'opdriving' in stand te houden.

In de praktijk is het onderscheid tussen een goed en een slecht doorlatende bekleding moeilijk te maken. Een hoge grondwaterstand in het dijklichaam uit zich in beide gevallen in één of meer van de volgende verschijnselen:

1. Er sijpelt continu water uit de bekleding;
2. Er is sprake van langzame vervormingen van de bekleding en de ondergrond (scheuren of spleten in de toplaag, verzakkingen en kleine S-profielen in het talud);
3. Aan de teen bevinden zich welletjes, die ook zand mee kunnen voeren;
4. Bij openbreken van de bekleding en/of boren in de eventuele kleilaag ontstaan wellen.

E.e.a. wordt in versterkte mate waargenomen na periodes met veel neerslag, omdat de grondwaterstand in de dijk dan hoger is.

De genoemde verschijnselen leiden tot hogere kosten voor beheer en onderhoud. Verder vormen de hoge grondwaterstand een veiligheidsrisico omdat de bekleding minder stabiel is: Doordat de ondergrond verzadigd is met water is er minder draagkracht en minder weerstand tegen o.a. golfbelasting. De vigerende toets- en rekenmethodes voor zowel steenzettingen als asfaltbekledingen gaan er dan ook van uit dat de grondwaterstand in het dijklichaam laag is. Er zijn geen toetsmethodes voor hoge grondwaterstanden en er wordt impliciet verondersteld dat deze worden voorkomen.

Opties voor bekleding Sloehavendam/Kaloot

Rijkswaterstaat Zeeland
Projectbureau Zeeweringen

De hoge grondwaterstand kan door de bekleding niet verholpen worden. Wel zal bij een goed doorlatende bekleding de grondwaterstand minder ver oplopen en zijn er geen grondwaterdrukken direct onder de bekleding. Een goed doorlatende bekleding is daardoor (relatief) minder kwetsbaar dan een slecht doorlatende bekleding.

Datum
September 2009

Kenmerk
PZDT-M-09323 ken

De grondwaterstand kan eventueel verlaagd worden door drainage aan de achterkant van de dam. Drainage is echter niet onfeilbaar en met name op termijn kan drainage minder goed gaan werken en kan zich opnieuw een hoge grondwaterstand instellen. Daarom mag de bekleding niet al te kwetsbaar zijn voor grondwaterdrukken en dient bij voorkeur veel reststerkte te hebben. Bij verminderde stabiliteit door een onverwacht hoge grondwaterstand zal het dan bij de ontwerpgolfbelasting toch nog lang duren voor de bekleding daadwerkelijk bezwijkt.

Hieronder worden 4 opties voor een goed doorlatende bekleding en 3 opties voor een slecht doorlatende bekleding kort geëvalueerd.

Goed doorlatende bekleding van gezette steen

Om de bekleding als geheel goed doorlatend te laten zijn dient een onderlaag aangebracht te worden die een orde minder doorlatend is dan het filter, maar doorlatender dan de kern van de dijk. Dit komt neer op een onderlaag met een doorlatendheid van $1 \cdot 10^{-4}$ à $1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Uitvoeringstechnisch is deze bandbreedte erg smal en kan op voorhand voor geen enkel materiaal gegarandeerd worden dat deze eis gehaald wordt. Mede gezien de grote ontwerpgolfbelasting ligt deze (onbewezen) constructie dan ook niet voor de hand.

Goed doorlatende bekleding van losse breuksteen

Uit oriënterende berekeningen blijkt dat bij de ontwerpgolfbelasting een steensortering van 1-3 ton nodig is. Deze sortering leidt tot een hoog materiaalverbruik, hoge kosten en een moeilijk te onderhouden talud wegens slechte begaanbaarheid.

Goed doorlatende breuksteenbekleding met patroonpenetratie van gietasfalt

Uit oriënterende berekeningen blijkt dat bij de ontwerpgolfbelasting een steensortering van 300-1000 kg nodig is. Ook deze sortering leidt tot een hoog materiaalverbruik, hoge kosten en een slecht begaanbaar talud. Verder zijn de ervaringen met patroonpenetratie slecht, het blijkt erg moeilijk om deze aan te brengen conform de eisen.

Goed doorlatende bekleding van open steenasfalt, open colloïdaal beton of verlijmde steenslag

De golfbelasting op het dijkvak is zodanig dat een bekleding van open steenasfalt onvoldoende duurzaam is. De ervaringen met open colloïdaal beton zijn slecht omdat het bij de aanleg te gemakkelijk uitspoelt. Verlijmde steenslag is een innovatie die zich nog onvoldoende bewezen heeft.

In de onderhavige situatie zijn nieuwe vervormingen van de ondergrond niet uit te sluiten. Colloïdaal beton en verlijmde steenslag kunnen deze onvoldoende volgen.

Slecht doorlatende bekleding van gezette steen

De huidige granietbekleding toont aan dat een traditionele bekleding van gezette steen op een kleilaag onvoldoende bestand is tegen de aanwezige grondwaterdrukken. Dit is theoretisch mogelijk te verhelpen door over het hele talud een slecht doorlatende onderlaag van 2 à 3 m dikte aan te brengen, maar praktisch dit geen haalbare optie.

Slecht doorlatende bekleding van vol-en-zat met gietasfalt gepenetreerde breuksteen

Deze bekleding kenmerkt zich door haar grote samenhang en sterkte. Daardoor is ze minder kwetsbaar voor hoge grondwaterdrukken dan andere dichte bekledingen. Bovendien kunnen makkelijker dan bij andere dichte bekledingen drainagevoorzieningen opgenomen worden om de kwetsbaarheid voor grondwaterdrukken te verminderen. Verder is deze bekleding erg taai en duurt het na een eerste schade nog lang voordat ze bezwijkt.

Slecht doorlatende bekleding van waterbouwasfaltbeton

Bij de gebruikelijke diktes is deze bekleding onvoldoende bestand tegen grondwaterdrukken en heeft weinig reststerkte. Bij grotere diktes kan deze bekleding even goed presteren als een bekleding van vol-en-zat gepenetreerde breuksteen, maar is dan economisch niet meer concurrerend.

Conclusies en advies

Gezien het hoge en brede achterland kan op het hele dijkvak Sloehavendam/Kaloot een hoge grondwaterstand optreden, al dan niet na extreme neerslag. Hiermee dient rekening gehouden te worden bij de keuze van de bekleding.

Een goed doorlatende bekleding is minder kwetsbaar voor een hoge grondwaterstand dan een slecht doorlatende bekleding, maar in beide gevallen vermindert een hoge grondwaterstand in het dijklichaam de stabiliteit van de bekleding.

Een goed doorlatende bekleding is op de Sloehavendam niet haalbaar, m.n. vanwege de grote golfbelasting en/of omdat het constructies zijn die zich onvoldoende bewezen hebben of erg moeilijk aan te leggen zijn conform de eisen.

Geadviseerd wordt daarom een bekleding toe te passen van vol-en-zat met gietasfalt gepenetreerde breuksteen, al dan niet als overlaging. Deze bekleding is minder kwetsbaar voor eventuele grondwaterdrukken dan andere slecht doorlatende bekledingen en heeft bovendien een grote reststerkte.