

Memo

Werkgroep

Kennis



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Projectbureau Zeeweringen

Betreft
Stormschade kreukelberm Westkapelle

Afschrift aan
WG Kennis, pb-overleg,
Dick de Wilde

Vraagsteller

Datum

Beantwoord door
W. Kortlever, Y. M. Provoost

Datum
15 januari 2007

Doorkiesnummer
0118 - 621 369

Bijlage(n)

Status
Definitief

Kenmerk
K-07-01-01

Analyse

Tijdens de storm in de ochtend van 1 november is door de golven een groot aantal stenen uit de nieuwe kreukelberm van de Westkappelse zeedijk gewerkt en meegenomen omhoog langs het talud. Waarschijnlijk zijn ook stenen door de golven omlaag onder water meegenomen. De nieuwe kreukelberm is in de afgelopen zomerperiode aangelegd.

Het eerste deel van de nieuwe kreukelberm, met een breedte van 3 m, bestaat uit een ingegoten overlaging van de oude kreukelberm en sluit aan op de ingegoten overlaging die op het talud is aangebracht. Daartegen is een kreukelberm van losse breuksteen 1-3 ton (2900 kg/m^3) aangebracht, met een breedte van 7 m. De totale breedte van de nieuwe kreukelberm is 10 m.

De oude kreukelberm voor de Westkappelse zeedijk was wisselend van opbouw. Delen van de kreukelberm bestonden uit losse breuksteen, in zwaarte variërend van 60-300 kg tot 1-3 ton, veelal door elkaar gemengd. Andere delen bestonden uit ingegoten breuksteen van 10-60 kg. Aangezien tijdens stormen regelmatig stenen uit de kreukelberm werden getild die vervolgens door de golven langs het talud omhoog werden verplaatst, is deze kreukelberm te licht bevonden. Het is besloten de oude kreukelberm te verzwaren en met deze verzwaring de teen van de overlaging op het talud op te sluiten en te beschermen.

In de tabel is voor de verschillende dijkvakken de benodigde zwaarte van de nieuwe top laag van de kreukelberm gegeven, die is berekend met Van der Meer ('steile vooroever'). Onderscheid is gemaakt tussen de gangbare dichtheid en de hogere, werkelijk aangebrachte dichtheid van de breuksteen. De dijkvakken B en C worden het zwaarst belast.

Directie Zeeland
Projectbureau Zeeweringen
P/a Postbus 1000, 4330 ZW Middelburg
P/a Waterschap Zeeuwse Eilanden, Kanaalweg 1, Middelburg

Telefoon (0118) 62 13 70
Fax 0118 - 62 19 93
E-mail y.m.provoost@dzl.rws.minvenw.nl
Internet www.zeeweringen.nl

Tabel Benodigde zwaarte toplaag kreukelberm

Dijkvak		Benodigde toplaag	
		$\rho_s = 2650$ ¹⁾	$\rho_s = 2900$ ²⁾
A	Nieuwe kreukelberm moet in 2007 worden aangebracht.	1-3 ton	1-3 ton ($H_s = 2,4$ m, $T_p = 11,4$ s)
B		3-6 ton	1-3 ton ($H_s = 3,1$ m, $T_p = 12,1$ s)
C	Nieuwe kreukelberm is zomer 2006 aangebracht ($\rho_s = 2900$), schade op 1 november, zware stenen (1,5 ton) op het talud in dijkvak C.	3-6 ton	1-3 ton ($H_s = 3,1$ m, $T_p = 10,9$ s)
D		1-3 ton	1-3 ton ($H_s = 2,7$ m, $T_p = 9,5$ s)
E		300-1000 kg	300-1000 kg ($H_s = 1,4$ m, $T_p = 9,5$ s)

¹⁾ ρ_s = dichtheid steen [kg/m^3]

²⁾ rekenwaarden golfrandvoorwaarden tussen haakjes

De variatie van de benodigde sortering met de dichtheid van de steen is significant, omdat in de stabiliteitsrelatie van Van der Meer de dichtheid van de steen wordt verminderd met de dichtheid van het zeewater (relatieve dichtheid). In deze stabiliteitsrelatie zijn de volgende waarden gebruikt:

- schadegetal, begin van schade: $S = 3$;
- doorlatendheid constructie, uitgaande van toplaagdikte $2D_n$: $P = 0,1$;
- $\rho_{\text{zeewater}} = 1025 \text{ kg}/\text{m}^3$;
- aantal golven, circa 5 uur op het niveau van de kreukelberm: $N = 2000$;
- $T_p/T_m = 1,1$ (plunging waves);
- helling kreukelberm: $\tan \alpha = 1:5$.

De werkelijke dikte van de aangebrachte toplaag is $1,5D_n$. Aangezien de bestaande kreukelberm niet geheel is verwijderd, lijkt een totale toplaagdikte van circa $2D_n$ een goede aanname. Bij de aansluiting (in de vorm van een spie) op de vol en zat overlaging is regelmatig maar $1D_n$ aanwezig met losse breuksteen (de onderste $1D_n$ ligt 'vast' in het penetratiemateriaal van de aansluitende overlaging)

Onder deze toplaag is waarschijnlijk geen of slechts een dun granulaire filter aanwezig. Een meer veilige en reële waarde voor P is daarom $0,07$. De werkelijke helling van de kreukelberm is waarschijnlijk flauwer en bedraagt mogelijk $1:7$.

Wanneer deze laatste twee waarden in de stabiliteitsrelatie worden ingevuld, is de benodigde sortering van de kreukelberm in dijkvak B nog steeds $1-3$ ton. Wordt alleen P verlaagd naar $0,07$, dan is een sortering van $3-6$ ton nodig.

Navraag bij HMCZ naar de gemeten golven voor de kust van Walcheren op 1 november leverde op:

Meetstation DORA van $t = \pm 5:15$ uur tot $t = \pm 10:45$ uur: $H_s = 3,5$ tot $3,8$ m, $T_p = 8,3$ tot $11,1$ s. Deze waarden liggen erg dichtbij of zelfs boven de ontwerpwaarden voor de kreukelberm (die gelden aan de teen van de dijk). Aan RIKZ is gevraagd wat de aanwezige golven zijn geweest ter plekke van de kreukelberm. M.b.v. SWAN is bepaald dat vanaf DORA slechts 60% van de golfhoogte resteert bij de kreukelberm, de golfperiode blijft nagenoeg gelijk. Dit resulteert dus in golven van ca. $2,2$ m hoog met een periode van $9,5$ à 10 s.

De kreukelberm van grote losse stenen sluit aan op een circa $1,3$ m hoge, dichte wand van ingegoten breuksteen. Mogelijk is het verplaatsen van de stenen uit de kreukelberm mede het gevolg van deze dichte wand, omdat de drukken op de stenen als gevolg van de brekende golven nabij of op deze wand hoog oplopen.

Aan RIKZ is tevens de vraag gesteld naar de kans op voorkomen van deze condities. RIKZ heeft op basis van historische gegevens geconcludeerd dat de opgetreden wind (kracht en richting) in combinatie met de bijbehorende golven eens in de 2 à 3 jaar voor komen. De golven in combinatie met de lage waterstand heeft een kans op voorkomen van ongeveer eens in de 5 jaar. Gezien deze mate van voorkomen lijkt het meer dan wenselijk om het probleem aan te pakken.

Conclusie

De benodigde sortering voor de toplaag van de kreukelberm bedraagt volgens de berekeningen 1-3 ton. In werkelijkheid zijn de krachten op de stenen vermoedelijk groter dan de berekende waarden, vanwege zowel de beperkte doorlatendheid van de toplaag als de invloed van de dichte wand van ingegoten breuksteen. Bovendien lijkt het erop dat de golven tijdens de storm van 1 november dichtbij de ontwerpwaarden voor de toplaag van de kreukelberm lagen.

Het wordt aanbevolen de maatgevende golfrandvoorwaarden nog eens onder de loep te nemen en de huidige schade goed in kaart te brengen. Vervolgens dient de toplaag, tenminste in de zwaarst aangevallen dijkvakken, verder te worden verzwaard.

Kreukelberm verzwaren

Ondanks de hoge en lange golven tijdens de storm van 1 november, is het zeer aannemelijk dat de nieuwe kreukelberm bestand dient te zijn tegen zwaardere stormen. Dit betekent dat de nieuwe kreukelberm, tenminste in de zwaarst aangevallen dijkvakken, dient te worden versterkt. Daarvoor bestaan verschillende alternatieven:

- Zwaardere toplaag

Dit betekent dat de toplaag van de nieuwe kreukelberm dient te worden opgeruimd en een nieuwe toplaag van 3-6 ton dient te worden aangebracht. De stenen van 3-6 ton zijn 0,3 tot 0,4 m hoger en zullen dus 0,3 m boven de aansluitende ingegoten bekleding uitsteken.

Aanpassen sortering en aanbrengen filter

Om gehoor te geven aan de beheerderwens om geen sortering 3-6 ton toe te passen kan wellicht ook het volgende worden gedaan:

- de sortering die nu reeds gereed ligt, geschikt maken als filterconstructie;
- de grootste blokken uit de sortering 3-6 ton breken.

Op deze manier ontstaat er een zwaardere sortering dan de nieuw aangebrachte die tevens op een betere filterconstructie ligt.

De twee bovenstaande oplossingen kunnen worden geoptimaliseerd door het toepassen van stenen met een hogere dichtheid (in dit geval zwaarder dan 2900kg/m^3).

- Inwassen

Wanneer de toplaag van de kreukelberm te vergelijken is met een gezette bekleding, kan de stabiliteit worden vergroot door de openingen tussen de grote stenen op te vullen met kleinere stenen. Gelet op de grote openingen tussen de stenen, is de kans groot dat dit onvoldoende helpt en dat ook de kleinere stenen het talud op spoelen.

- Ingieten met asfalt

De losse stenen kunnen worden vastgelegd door de openingen tussen de stenen te vullen met asfalt. Hierbij dient ook rekening gehouden te worden met de openingen in de onderliggende oude kreukelberm.

Geschat wordt dat over een hoogte van circa 1,2 m gietasfalt dient te worden aangebracht om de stenen vast te leggen ($2D_n = 1,8$ m, $D_{50} = 1,09$ m). Voor een 7 m brede kreukelberm komt dit neer op circa $0,5 \times 1,2 \times 7 = 4,2$ m³/m¹. Het gevaar bestaat dat een deel van de asfalt tijdens het ingieten uit de kreukelberm wegvloeit.

Gevaar bij deze oplossing is dat de er overdrukken onder de asfalt kunnen ontstaan (bij de lagere waterstanden). Dit zou kunnen leiden tot het opdrukken van de bekleding. Om deze overdrukken te voorkomen kan gedacht worden aan een patroonpenetratie. Het is alleen de vraag hoe stabiel zo'n constructie is onder maatgevende golfaanval.

- **Combinatie van inwassen en ingieten**

Op de hoeveelheid gietasfalt kan worden bespaard door de openingen eerst gedeeltelijk te vullen met kleinere stenen. Het gevaar bestaat dat deze kleinere stenen en/of de gietasfalt niet tot onder in de openingen doordringen. De grote stenen zijn dan niet voldoende ingeklemd.

Golven kunnen zich onder de ingegoten stenen voortplanten en deze uit de kreukelberm drukken. Om deze overdrukken te voorkomen kan gedacht worden aan een patroonpenetratie. Het is allen de vraag hoe stabiel zo'n constructie is onder maatgevende golfaanval.

- **Koppelen van stenen met asfaltplots**

Om de hoeveelheid gietasfalt nog verder te verminderen en om de waterdoorlatendheid te garanderen kan ook gedacht worden aan het 'aan elkaar plakken van 2 à 3 stenen met asfalt'. Hierdoor ontstaan als het ware grotere stenen. De tussenliggende stenen liggen minder vast dan bij een patroonpenetratie maar liggen toch meer geklemd dan bij losse breuksteen. In dit kader wordt verwezen naar het project veerhavens van Den Helder en Texel.

Conclusie

In overleg met Jaap Welleman en Niek Leguit is gekozen voor onderstaande oplossing (PbZ was bij dit overleg vertegenwoordigd door Simon Vereeke en Yvo Provoost).

De eerst rij stenen (vanaf de landzijde gezien) wordt met een korte wig gietasfalt vastgelegd. Hier ligt meestal een relatief dun pakket dat nu aan de onderzijde wordt vastgelegd. Het water wordt nu geleidelijk uit de kreukelberm gevoerd i.p.v. dat het water vol tegen de dikke vol-en-zat-overlaging aan stroomt. Er is gekozen voor een korte wig omdat er dan weinig of geen overdrukken kunnen ontstaan. Tevens voorkomt deze wig het afkalven/afscheuren van de overlaging (bij eventuele vervormingen van de kreukelberm).

Het overige deel van de kreukelberm wordt voorzien van een stippenpenetratie. Hierbij zal voldoende aandacht worden besteed aan het voldoende doordringen van de gietasfalt naar onderen ten einde 'paddestoelen' te voorkomen maar zonder dat de hele kreukelberm wordt volgegoten. Een stippenpenetratie zorgt ervoor dat de kreukelberm voldoende open blijft om overdrukken te voorkomen. Bij een stippenpenetratie worden 2 à 3 stenen aan elkaar 'geplakt', de overige stenen blijven los liggen. Deze losse stenen liggen echter wel geklemd tussen de 'geplakte' stenen. Er wordt niet op voorhand een patroon vastgesteld. De kraanmachinist zal ter plekke moeten kijken wat de beste plaatsen zijn voor stippen (kleine stenen, dunne laag).

