

memorandum

PR2355.10

Project : Verkenningfase erosiebestendigheid grasbekleding golfoverslag
Datum : 8 augustus 2012
Van : HKV Lijn in water
Aan : Stowa

1 Inleiding

Aanleiding

Binnen programma 'Sterkte en Belasting Waterkeringen' (SBW) van Rijkswaterstaat is onderzoek naar de sterkte van grasbekleding een van de deelprojecten. In het onderzoek is kennis ontwikkeld over de wijze waarop golfoverslag de grasbekleding van een binnentalud van een waterkering beïnvloedt. De erosiebestendigheid van grasbekleding is onder andere onderzocht door het uitvoeren van proeven op een dijk met behulp van een golfoverslagsimulator. De resultaten van dit onderzoek zijn vastgelegd in het Technisch Rapport Grasbekleding op Dijken en is in eerste instantie bedoeld voor de primaire waterkeringen. Of deze nieuwe inzichten uit dit onderzoek ook geldig zijn voor de regionale keringen is onduidelijk. In dit memo wordt de toepasbaarheid voor regionale keringen verkend.

Doelstelling

In deze verkenningfase is het doel om vast te stellen in welke mate de recent in het SBW programma ontwikkelde inzichten over de erosiebestendigheid van grasbekleding in relatie tot het overslagdebiet geldig zijn voor regionale keringen.

Leeswijzer

In eerste instantie wordt een samenvatting gegeven van de resultaten van het SBW-onderzoek in hoofdstuk 2. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de toepasbaarheid op regionale schaal beschreven. Hoofdstuk 4 vat de conclusies samen en benoemt nuttige optimalisaties en aandachtspunten.

2 Samenvatting SBW-onderzoek

Het Technisch Rapport Grasbekleding op Dijken is voortgekomen uit de resultaten van een vier jaar durend destructief onderzoek naar de erosiebestendigheid van binnentaluds onder golfoverslagbelasting. Het onderzoek is onder andere uitgevoerd met een zogenaamde golfoverslagsimulator. Hierin is kennis ontwikkeld over de wijze waarop golfoverslag de grasbekleding van een binnentalud van een waterkering beïnvloedt. Het onderzoek heeft geleid tot inzichten in verschillende erosiemechanismen. De kennis over deze mechanismen is vastgelegd in het technisch rapport en ook zijn vernieuwde toetsregels voor de gedetailleerde toetsing opgenomen.

Het onderzoek heeft voornamelijk inzichten opgeleverd in de erosiebestendigheid van de grasbekleding en nieuwe inzichten in de werking van het mechanisme op deze erosiebestendigheid op het binnentalud van de dijk. De inzichten in de sterkte zijn ook bruikbaar voor golfklappen op het buitentalud. Voor golfoploop op het buitentalud heeft het onderzoek niet geleid tot een nieuwe modellering.

In de eerste hoofdstukken van het rapport worden de sterkte-eigenschappen van gras en ondergrond beschreven. Een gebrek aan, slecht of onjuist beheer leidt met name tot zeer slecht erosiebestendige bekledingen. Bij dit type beheer moet men denken aan beweiding met runderen of paarden, intensieve beweiding, zware bemesting. Ook bijvoorbeeld niet tijdig maaien en afvoeren van maaisel en schaduwwerking door bomen of bebouwing leidt tot onvoldoende sterkte-ontwikkeling.

Het rapport beschrijft diverse sterkteparameters. Voor de erosie van de grasbekleding van het binnentalud bij golfoverslag is de sterkte terug te leiden tot één parameter. Dit is de kritische stroomsnelheid en is afhankelijk van de kwaliteit van de graszode en, in mindere mate, de grond. Schade en verdere schade-ontwikkeling ontstaat pas door het cumulatieve effect van meerdere golven die deze kritische stroomsnelheid overschrijden. In formule:

$$E = \sum (u^2 - u_c^2), \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Hierin is u_c de kritische snelheid (sterkteparameter van de grasbekleding op het binnentalud), is u de snelheid van de overslaande golf ter plaatse van de buitenkruinlijn en \sum slaat op de sommatie over de golven waarvoor $u > u_c$. Een goede relatie tussen de kritische snelheid en de graszode- en grondkwaliteit is niet bekend. Voor een gesloten zode kan echter wel worden uitgegaan van een minimale waarde van 4 m/s.

Het rapport legt een verband tussen de kritische stroomsnelheid en een kritische volume van de golf. Een kritische stroomsnelheid van 4 m/s komt overeen met een kritisch overslagvolume van 0,5 m³/m. Een hogere kritische stroomsnelheid van 5 m/s komt overeen met een hogere overslagvolume van 1 m³/m. De relatie is als volgt:

$$u = 5V^{0,34}$$

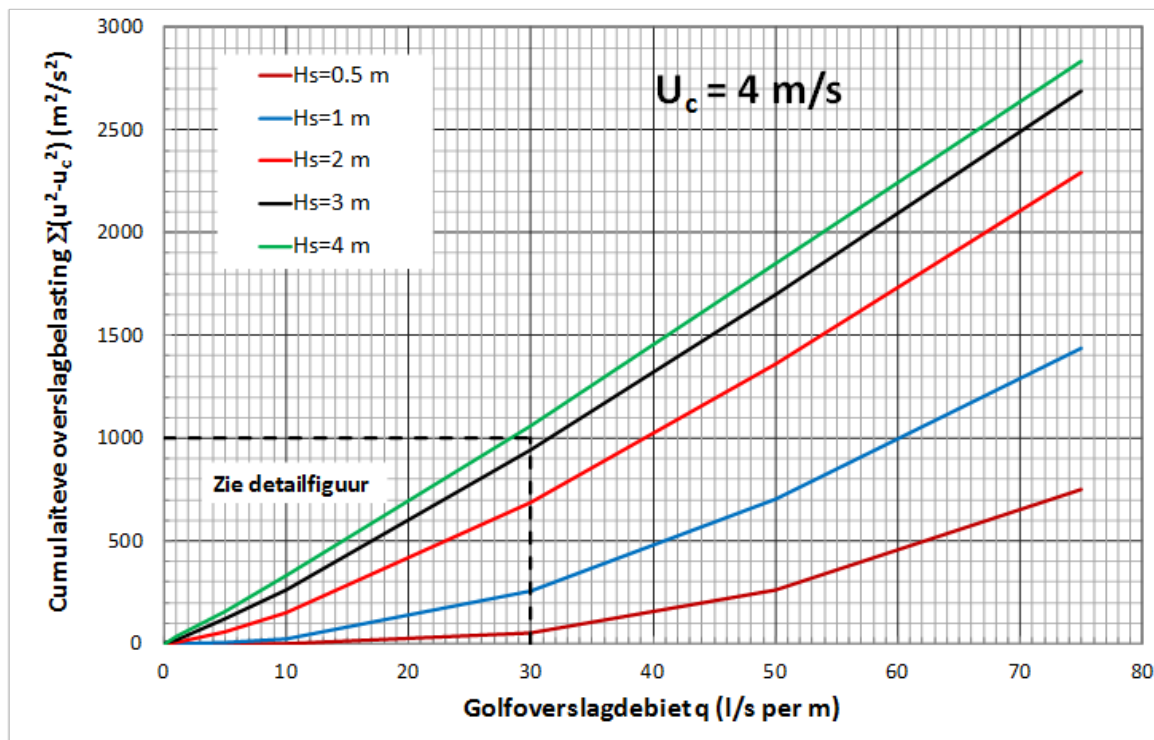
met u in m/s, V in m³/m en een niet dimensieloze coëfficiënt 5,0. De snelheid is hierin de maximale dieptegemiddelde stroomsnelheid van een overslaande golf uit de golfoverslagsimulator.

Verder is de hoogte van de golf belangrijk. Bij een gelijkblijvend overslagdebiet is het volume van de hogere golf groter en neemt de cumulatieve overbelasting toe. De kritische stroomsnelheid zal vaker overschreden worden dan bij kleinere golven.

Uit de analyse van proeven zijn er de volgende schadedefinities

- Begin van schade: $\Sigma (u^2 - u_c^2) = 500 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- Meerdere kalen plekken: $\Sigma (u^2 - u_c^2) = 1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- Bezwijkten toplaag: $\Sigma (u^2 - u_c^2) = 3500 \text{ m}^2/\text{s}^2$

In hoofdstuk 7 wordt de toetsing uitgewerkt. Bij het onderdeel "erosie binnentalud door golfverslag" maakt de methode van cumulatieve overbelasting onderdeel uit van de gedetailleerde toetsing. Dit toetsspoor volgt pas als nog niet direct kan worden goedgekeurd op basis van de eenvoudige toets (overslagdebiet is kleiner dan 0,1 l/m/s). Verder moet de graszode op het binnentalud niet fragmentarisch zijn (dan voldoet de kering niet). Als voldaan wordt aan aanvullende (veiliger) criteria kan ook alsnog de kering worden goedgekeurd zonder de gedetailleerde toetsing te doorlopen. Aan de hand van Figuur 7.1 uit het technisch rapport (zie onderstaande figuur) kan met een kritische stroomsnelheid, een golfhoogte en een overslagdebiet, getoetst worden aan het aan een kritische overbelastingwaarde van $1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$.



Figuur 1: Cumulatieve overbelasting als functie van gemiddeld overslagdebiet, golfhoogte en kritische snelheid voor een belastingduur van 1uur, uit het technisch rapport

Ter illustratie: Voor een "redelijk goede" grasmat, mag $u_c = 4 \text{ m/s}$ worden aangenomen. Als verder $H_s = 1 \text{ m}$ het geval is, dan kan volgens Figuur 1 gedurende $\Delta T = 1 \text{ uur}$ een overslagdebiet van circa 60 l/s/m worden toegestaan. Als deze condities 6 uur lang zou aanhouden (maat voor de stormduur), mag $60/6 = 10 \text{ l/s/m}$ worden toegestaan.

3 Toepasbaarheid regionale systeem

Dit hoofdstuk behandelt de toepasbaarheid van de inzichten over de erosiebestendigheid in relatie tot het overslagdebiet voor het regionale systeem.

Punt 1. Lagere golven in relatie tot overslagdebiet

Gezien het veiligheidsniveau van regionale keringen en het schaalniveau van het regionale systeem zullen in het algemeen in het regionale systeem golven kleiner zijn dan in het primaire systeem. De kleinste golfhoogtes (0,5m-1m) zijn orde grootte maximaal die in windgedomineerde regionale systemen kunnen voorkomen (grotere meren) onder maatgevende omstandigheden.

Met een kritische stroomsnelheid, een golfhoogte en een overslagdebiet kan getoetst worden aan de kritische waarde van $1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$. Voor een "redelijk goede" grasmat, mag $u_c = 4 \text{ m/s}$ worden aangenomen. Als verder $H_s = 0,5 \text{ m}$ het geval is, dan kan volgens Figuur 1 gedurende $\Delta T = 1$ uur een overslagdebiet van circa 90 l/s/m worden toegestaan. Als deze condities 6 uur lang zou aanhouden, mag $90/6 = 15 \text{ l/s/m}$ worden toegestaan.

Voor regionale keringen met golven van orde $H_s = 0.5 \text{ m}$ kunnen dus flinke overslagdebieten worden toegestaan. Wel onder de voorwaarde dat een belastingduur van maximaal 6 uur mag worden aangehouden. Voor lagere golven zal het toelaatbaar overslagdebiet nog groter zijn. Er zullen immers minder golven overslaan die de kritische snelheid overschrijden. Dit betekent dat meer overslag ($> 15 \text{ l/m/s}$) kan worden toegelaten om nog steeds te voldoen aan de cumulatieve overbelastingwaarde van $1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$. De methode van cumulatieve overbelasting voor golven lager dan $0,5\text{m}$ is niet beproefd. Het is de vraag of deze methode ook toepasbaar is in dit bereik.

Punt 2. Kwaliteit graszode

Het toetschema uit paragraaf 7.2 van het technisch rapport stelt dat bij een slechte kwaliteit van de grasbekleding – zogenaamde fragmentarische zode – slechts een overslagdebiet van $q = 0,1 \text{ l/s/m}$ mag worden toegestaan. Het technisch rapport merkt op dat de methode van cumulatieve overbelasting niet moet worden toegepast, ook niet met een erg lage waarde voor de kritische snelheid (lager dan $u_c = 4 \text{ m/s}$ behorende bij een redelijk goede grasmat). Oftewel: als sprake is van een slechte kwaliteit van de grasbekleding, is de eis aan het toegestane overslagdebiet meteen heel erg streng. Er lijkt nogal een sprong te zitten tussen de 15 l/s/m uit het voorgaande punt voor een redelijke goede grasmat, en het strenge criterium van $0,1 \text{ l/s/m}$. Voor toepassing van de methode voor regionale keringen met een slechte erosiebestendige grasbekleding zou het winst betekenen als in deze sprong nog een verfijning is aan te brengen.

Punt 3. Neveneffecten

Het toestaan van overslag kan gevolgen hebben voor andere mechanismen. Hiermee dient rekening te worden gehouden als het overslagdebiet groter is dan $0,1 \text{ l/s/m}$. Het technisch rapport merkt terecht op dat het effect heeft op microstabiliteit en macrostabiliteit. Meer overslag betekent meer infiltratie in kruin en binnentalud. Ook zorgen grote hoeveelheden overslag dat het opsporen van zandmeevoerende wellen wordt belemmerd en dat opkisten onmogelijk wordt. Het technisch rapport benoemt dergelijke aandachtspunten, maar het wordt niet verder uitgewerkt

Met de methode van cumulatieve overbelasting spelen deze effecten des te meer in het regionale systeem. Met deze methode kan bij lagere golven meer overslag worden toegestaan. Hiernaast is de vraag of het schademechanisme golfoverslag nog opgaat. Meer golven van kleinere volumes zal

neigen naar overlopen. Hiernaast zal aandacht gegeven moeten worden aan vragen of dijkinspectie onder deze omstandigheden mogelijk is en of het waterbezwaar toelaatbaar is voor het achterliggende gebied.

Punt 4. Belastingduur

De cumulatieve overbelasting moet voor maatgevende omstandigheden worden bepaald. In het technisch rapport wordt niet concreet aangegeven hoe in dat geval met de duur van de belasting moet worden omgegaan. Hoofdstuk 4 van het technisch rapport verwijst voor de hydraulische belasting in termen van waterstand, waterstandsverloop, getij, windopzet, golfrandvoorwaarden en cetera naar de vigerende Hydraulische Randvoorwaarden voor toetsing en de overige leidraden en technische rapporten voor ontwerp. Het rapport gaat hier niet in detail op in. Het hanteert in diverse uitwerkingen een duur van 6 uur. Bij de gedetailleerde toetsing geldt als uitgangspunt dat op alle niveaus, gedurende het hele verloop van het hoogwater, dezelfde maatgevende golfparameters worden gebruikt. Als blijkt dat de gedetailleerde toetsmethode niet toepasbaar is of leidt tot een tussenscore 'geen oordeel', dan kan een toetsing op maat worden overwogen. In deze toetsing op maat doet het technisch rapport onder andere de suggestie om de belastingduur en belastingintensiteit nauwkeuriger te bepalen. Ook kan het mogelijk zijn om te rekenen met lagere golven bij lagere waterstanden, vanwege diepte beperking en of nog onvolgroeide golfhoogtes. Het technisch rapport geeft hier geen uitwerking van.

Voor regionale wateren is een verloop van waterstanden en golfcondities vaak niet beschikbaar. Als van een dergelijk verloop gebruik gemaakt wordt, dan moet dat worden afgeleid, en wel voor een groot aantal gebieden in Nederland. De vraag is of noodzakelijk is dergelijke verlopen af te leiden of dat het mogelijk wat eenvoudiger kan door bijvoorbeeld een (conservatieve) vaste duur te nemen, die dan bij voorkeur voor heel Nederland geldt.

4 Conclusies en aanbevelingen

Geconcludeerd kan worden dat de ontwikkelde inzichten over de erosiebestendigheid van grasbekleding in relatie tot het overslagdebiet nog niet zondermeer geldig zijn voor regionale keringen.

- De uitgewerkte methode van cumulatieve overbelasting in het technisch rapport zou gezien het veiligheidsniveau van regionale keringen en het schaalniveau van het regionale systeem leiden tot het kunnen toestaan van veel meer overslag (bij redelijk goede erosiebestendige grasmatten). De toepasbaarheid van de methode is dit schaalniveau echter niet onderzocht.
- Het toestaan van meer overslag heeft mogelijk ongunstige neveneffecten op andere faalmechanismen, dijksinspectie en waterbezwaar in het achterland. Gezien de methode van cumulatieve overbelasting zal dit des te meer gelden in het regionale systeem.
- De duur van de belasting is een belangrijke parameter in de methode van cumulatieve overbelasting, die in het algemeen niet beschikbaar is voor het regionale systeem.

Op grond van de analyse in hoofdstuk 3 zijn de volgende vragen relevant te onderzoeken:

- Voor toepassing van de methode voor de regionale keringen wordt een groot 'gat' gesignaleerd voor het toelaatbaar overslagdebiet: Dit is erg streng voor slecht erosiebestendige bekleding (0,1 l/s/m) in relatie tot goede erosiebestendige bekleding (orde 15 l/m/s). Voor toepassing van de methode voor regionale keringen met een slechte erosiebestendige grasbekleding betekent het winst als in deze sprong nog een verfijning is aan te brengen. Onderzoek naar het effect van een lagere golfhoogte (orde decimeters) op een slechte grasmatt zou tot deze verfijning kunnen leiden.
- De vraag is hoe de tijdsduur, of een tijdsverloop, van de golfbelasting in rekening moet worden gebracht voor regionale keringen. Als gebruik moet worden gemaakt van een verloop, dan zal dit moeten worden afgeleid voor de regionale keringen en wel voor een groot aantal gebieden. Mogelijk kan gekozen worden voor een eenvoudiger aanpak (conservatief) die bij voorkeur geldt voor heel Nederland.
- Tot slot is de vraag of een beperking aan het toelaatbaar overslagdebiet moet worden opgelegd in verband met de effecten op andere faalmechanismen, dijksinspectie en waterbezwaar in het achterland.

Referenties

[Deltares, 2012] Deltares, Technisch Rapport Toetsen Grasbekledingen op Dijken, concept, 7 april 2012

[VTV, 2007] Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Voorschrift Toetsen op Veiligheid Primaire Keringen, september 2007