



memo

Beschikbaar stellen producten 'Bewezen Sterkte'

**Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**

Zuiderwagenplein 2
8224 AD LELYSTAD
Postbus 2232
3500 GE UTRECHT
T 088 7973701
www.rijkswaterstaat.nl

Contactpersoon

Henk van Hemert

*Coördinerend specialistisch
adviseur*

T +31 6 11 30 42 25
Henk.van.hemert@rws.nl

Datum

1 februari 2018

Bijlage(n)

5

Inleiding

Bij dijkversterkingsprojecten rijst wel eens de vraag of de sterkte van de dijk groter is dan uit de berekeningen met het beoordelingsinstrumentarium blijkt. Zeker indien een dijk in het verleden hoge belastingen ogenschijnlijk goed heeft weerstaan. Tot voor kort was het niet goed mogelijk 'bewezen sterkte' nauwkeurig te kwantificeren.

Door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu is eind 2015 verkend of 'bewezen sterkte' kan worden geoperationaliseerd tot een breed toepasbare en geaccepteerde methode voor beoordelen en ontwerpen van waterkeringen. Directe aanleiding voor de verkenning was de dijkversterking van de Markermeerdijken. Op basis van de positieve uitkomst van de verkenning is een methode ontwikkeld voor de toepassing van 'bewezen sterkte' bij de beoordeling van de stabiliteit binnenwaarts.

Methode ontwikkeling

De methode 'bewezen sterkte' sluit aan op de huidige praktijk met het beschouwen van de veiligheid van de waterkering in termen van faalkansen en is gebaseerd op het bijstellen (updaten) van de faalkansen door het in rekening brengen van overleefde situaties.

Ten behoeve van de ontwikkeling van de methode zijn twee cases met een meerdijk uitgevoerd, te weten een groene dijk en een dijk met bebouwing aan de binnenzijde (Deltares, 2016b). Deze cases zijn geïnspireerd door de Markermeerdijk – situatie. Daarnaast zijn door de POV/M voor het project Krachtige IJsseldijken Krimpenerwaard (KIJK) drie cases uitgevoerd (zie website [POV/M](#)) en zijn in opdracht van STOWA drie cases met boezemkaden doorgerekend (zie [STOWA](#)).

De methodiek is beschreven in de Handreiking Faalkansanalyse en Faalkans Updating. Om de toepassing van de methodiek te faciliteren is software ontwikkeld. Als onderdeel van de ontwikkeling van de methodiek zijn de volgende

rapporten en handreikingen opgesteld:

Handreikingen

- Deltares (2016c). Handreiking Faalkansanalyse en Faalkans Updating. Groene Versie - Macrostabieliteit Binnenwaarts.
- Deltares (2017a). Handreiking Faalkansanalyse Macrostabieliteit - Groene Versie.

(Achtergrond) Rapporten

- Deltares (2016a). Reliability updating for slope stability of dikes - Approach with fragility curves (background report).
- Deltares (2016b). Reliability updating for slope stability of dikes - Test cases report.
- Deltares (2017b). Doorvertaling van bewezen sterkte resultaten naar een dijkvak.

Voor de verdere toepassing van de methode 'bewezen sterkte' stel ik de Handreiking en de overige rapporten graag beschikbaar. Hiertoe verwijs ik naar de [Helpdesk Water](#). Voor het verkrijgen van software dient contact te worden opgenomen met onderstaand genoemde contactpersoon van Rijkswaterstaat.

**Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**

Datum

1 februari 2018

Kwaliteitsborging methode

Bij de ontwikkeling van de methodiek is een groep van deskundigen (bijlage) tijdens een vijftal bijeenkomsten geconsulteerd. Aanvullend hebben in een tweetal projectfasen internationale experts (zie bijlage) op het gebied van geotechniek en probabilistiek de methode beoordeeld. De bevindingen zijn gerapporteerd, integraal besproken met de internationale reviewers en doorgevoerd in voorliggende documenten.

In het kader van de adviesvraag aan het ENW zijn de ENW werkgroepen Veiligheid en Techniek regelmatig geïnformeerd en geconsulteerd. Het Expertise Netwerk Waterkeringen (ENW) stelt in haar [advies](#) (dd. 10 maart 2017) dat de methode voor 'bewezen sterkte' goed in elkaar zit, en dat het uitgevoerde onderzoek van hoog niveau is. Het ENW roept op tot het vaker en verder toepassen van de methode en het delen van resultaten en uitgangspunten om de methode nog beter te maken.

Status 'faalkansanalyses macrostabieliteit'

Een belangrijk onderdeel van de methode vormt een faalkansanalyse voor macrostabieliteit. Een werkwijze hiervoor is in het kader van dit project ontwikkeld, en beschreven in de Handreiking Faalkansanalyse Macrostabieliteit (Deltares 2017a). De Handreiking is bedoeld voor het faciliteren van het bijstellen van de faalkans op basis van bewezen sterkte. Ervaringen met de methode worden benut voor de doorontwikkeling voor het WBI.

Toepassing

In het Technisch Rapport Actuele Sterkte (ENW, 2009) worden twee methoden voor de toepassing van 'bewezen sterkte' beschreven, te weten:

- een deterministische (ook wel 'correctiefactor aanpak' genoemd);
- een probabilistische stabiliteitsanalyse.

Binnen de huidige opzet van stabiliteitsanalyses in het WBI is de correctiefactor – aanpak niet geschikt, terwijl de probabilistische werkwijze kan leiden tot een forse overschatting van de veiligheid (Deltares, 2016a). De toepassing van beide methoden wordt zodoende afgeraden. Wanneer men het effect van overleefde belastinggevallen bij primaire en niet-primaire waterkeringen mee wil nemen, wordt aanbevolen alleen voorliggende methode 'bewezen sterkte' in de beoordeling van Macrostabiliteit Binnenwaarts toe te passen .

**Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**

Datum
1 februari 2018

Aanvullend wordt aandacht gevraagd voor de volgende noties met betrekking tot de toepassing van de methode:

- Dit jaar wordt bepaald of het beoordelen met 'bewezen sterkte' voor andere faalmechanismen toegevoegde waarde kan hebben, alsmede voor het ontwerpen van een dijkverbetering.
- De methode voor beoordelen geeft inzicht in de parameters die door hun onzekerheid een grote invloed hebben op de berekende faalkans, en daarmee op het ontwerp. Een optimalisatie van de betreffende parameters is niet mogelijk. Toch kan het inzicht zeker nuttig zijn voor het ontwerpen, het draagt bij aan de invulling van nader onderzoek.
- Soms is op dijkvakken sprake van een grote variatie van de geometrie, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van op- en afritten of bebouwing. Bij toepassing van de methode in dergelijke situaties moet worden voorkomen dat gunstige (3-dimensionale) effecten van die variatie worden verwaarloosd bij de keuze en schematisering van het rekenprofiel. Verwaarlozing van gunstige effecten kan leiden tot een te grote bijstelling van de faalkans.
- Een overleefde situatie kan sterk afwijken van de normsituatie, bijvoorbeeld doordat mechanismen met een sterk niet-lineaire invloed op de berekende stabiliteit (opbarsten deklaag achterland, inundatie voorlanden, etc.) niet zijn opgetreden. Toepassing van de methode vergt dan veel zorgvuldigheid. Naar verwachting is de grootte van de bijstelling van de faalkans in dergelijke situaties beperkt.

Tot slot

In de afgelopen jaren is door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (nu Infrastructuur en Waterstaat), Deltares en Rijkswaterstaat intensief samengewerkt met de waterkeringbeheerders van de Markermeerdijken (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier) en KIIK (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard) aan de methode en de toepassing. Nieuwe cases zullen bijdragen aan een beter en breder beeld van de toepasbaarheid en toegevoegde waarde van de methode 'bewezen sterkte'. Daarom moedigt IenW het toepassen van de methode aan, en verzoeken we beheerders om de ervaringen te melden bij de helpdesk Water, contactpersoon Bewezen Sterkte bij Rijkswaterstaat (H. van Hemert, henk.van.hemert@rws.nl) of DGWB van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Op basis van toepassingsresultaten kan de methode zo mogelijk nog worden verbeterd.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
DG Water en Bodem

Bijlage 1 Betrokkenen bij de methodiek ontwikkeling

**Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**

Expertgroep nationaal

Ir. Gijsbert Kant (namens HWBP)
Ir. Werner Halter (namens HHNK)
Ir. Martin van der Meer (Fugro)
Ir. Joop Weijers (namens RWS)
Ir. Michel Tonneijck (RHDHV)
Onno Waalewijn (bewoner Markermeerdijk)
Wouter de Hollander (bewoner Markermeerdijk)
Ir. Chris Dykstra (Alliantie Markermeerdijken)
Dr. Ir Ruben Jongejan (Jongejan)
Prof. Dr. Ir. Matthijs Kok (namens TU Delft)
Ir. Ed Calle (namens Deltares)
Ir. Martin Nieuwjaar (Waternet)
Ir. Hans Niemeijer (Arcadis)
Ir. Nelle Jan van Veen (HHNK)
Ir. Hans Janssen (RWS)
Ir. Alex Roos (HHNK)

Datum

1 februari 2018

Internationale Experts

Prof. Dr. Gregory Baecher
Prof. Dr. Gordon Fenton
Dr. Philip Smith
Prof. Dr. Daniel Straub
Prof. Dr. Cristina Jommi
Prof. Ton Vrouwenvelder
Dr. Iason Papaioannou

Projectteam methode ontwikkeling

Dr.ir. Timo Schweckendiek (Deltares & TU Delft)
Dr.ir. Wim Kanning (Deltares & TU Delft)
Dr. Ana Teixeira (Deltares)
Ir. Mark van der Krogt (Deltares)
Ir. Ben Rijnveld (Fugro)
Drs. Rob Brinkman (Deltares)
Dr.ir. Esther Rosenbrand (Deltares)
Ir. Henk van Hemert (RWS)
Ir. Astrid Labrujere (RWS)
Ir. Rinse Wilmlink (RWS)