



Monitoring op Ameland, de Waddenzeedijk. Hier is een eerste versie van een simulatiemodel ontwikkeld om stroomsnelheden van kwelwater te koppelen aan temperatuursveranderingen in het dijklichaam, op basis van warmte-uitwisseling in de tijd

AUTEURS



Jeroen Mes en Niek Reichart
(Dijk Monitoring Nederland)

DIJKEN MONITOREN VERBETERT INZICHT IN WERKELIJKE STERKTE

Nederland heeft een grote reputatie op het gebied van waterveiligheid. Toch kunnen we het gedrag van een waterkering – onder verschillende omstandigheden – slechts met moeite voorspellen. Dus kiezen we soms het zekere voor het onzekere en worden dijkversterkingen wellicht onnodig zwaar uitgevoerd. Gelukkig begrijpen we steeds meer van het gedrag van dijken.

De Nederlandse waterschappen monitoren hun waterkeringen al eeuwenlang. *Dijkschouwen* wordt dat genoemd, gewoon met het blote kennersoog bekijken hoe een dijk ervoor staat. Later werd deze methode aangevuld met metingen, zoals hoogtemetingen en waterstandsmetingen. Nuttig, maar toch blijkt vaak te weinig informatie beschikbaar te zijn over kering en ondergrond.

Inmiddels zijn nieuwe, beproefde sensortechnieken voor dijkmonitoring beschikbaar, zoals infraroodsensoren, deformatiemetingen op basis van satellietbeelden, 3D-scanning, grondradar en/of stereofotografie. Door deze nieuwe technieken slim te combineren

met gegevens verkregen via al langer beschikbare technieken (zoals boringen, sonderingen, peilbuizen en waterspanningsmeters), is het goed mogelijk om betrouwbare informatie over het actuele gedrag van dijken te genereren, bij sterk uiteenlopende omstandigheden van belasting.

Dit type monitoring is niet altijd en overal nuttig. Het is ook lang niet overal en onder alle omstandigheden mogelijk en/of zinvol om te monitoren. Toch kan in een aantal specifieke situaties een op maat gesneden dijkmonitoringsprogramma uiterst waardevolle informatie opleveren, die zichzelf zeer snel terugverdient. Mede op grond van deze informatie is het namelijk mogelijk het ontwerp van dijkversterkingen en het beheer van een kering te optimaliseren. In bepaalde situaties kan bijvoorbeeld blijken dat beheermaatregelen, in combinatie met intensieve en langdurige monitoring van een waterkering, zelfs effectiever en aanmerkelijk goedkoper zijn dan dijkversterking.

Projecten

Een goed ontworpen en gefaseerd opgezet monitoringsprogramma brengt de kwetsbare plekken voor het optreden van één of meerdere faalmechanismen in een waterkering gedetailleerd in beeld, op basis van objectieve metingen. Bijvoorbeeld 'van grof naar fijn' met eerst een aantal repeterend uitgevoerde metingen over grotere afstand aan het oppervlak van het dijklichaam, gevolgd door meer gedetailleerde 'punt' metingen binnen in de dijk, op die plekken waar de hoogste toegevoegde waarde van deze metingen verwacht mag worden.

Enkele recente projecten onderbouwen deze aanpak.

Bij de Ommelanderzeedijk in de provincie Groningen (tussen Eemshaven en Delfzijl) is de afgelopen jaren een intensief dijkmonitoringsprogramma uitgevoerd, vanuit de Stichting FloodControl/IJkdijk.

In deze stichting werken overheden, kennisinstellingen en het bedrijfsleven al vele jaren samen aan de ontwikkeling, beproeving en validatie van innovatieve sensortechnieken voor dijkmonitoring. Dergelijke gevalideerde technieken worden vervolgens in de praktijk toegepast in zogeheten 'Livedijken'.

Bij de Livedijk Ommelanderzeedijk is gebruik ge-

maakt van verschillende monitoringstechnieken, zoals infraroodsensoren en geavanceerde sensoren voor het meten van waterspanning en temperatuur. Begin dit jaar is gedurende vier weken op deze dijkstrekking een zogenoemde 'stress-test' uitgevoerd, waarbij de dijk op kunstmatige wijze extreem werd belast.

Hierbij is onder andere gebruikgemaakt van het ter plekke aanwezige Dijk Monitoring en Conditionering (DMC-)systeem, dat in het kader van deze proef in 'omgekeerde richting' is ingezet: in plaats van het afvoeren van water is via dit systeem water geïnfilteerd in de dijk. Tijdens deze proef is de dijk met verschillende monitoringstechnieken, zoals onder meer infraroodmetingen voor het detecteren van overmatige vocht-/kwelplekken aan het oppervlak van de dijk, nauwlettend in de gaten gehouden.

Optimale ontwerp

Gebleken is dat deze – bij de laatste toetsing afgekeurde – dijk in de praktijk aanmerkelijk sterker is dan eerder verondersteld, ook onder hoge belasting. Afgezien van de mogelijke gevolgen van de aardbevingsproblematiek ter plekke, leveren de meetgegevens uit het monitoringsprogramma belangrijke informatie voor het optimale ontwerp van de geplande dijkverbetering. Daarnaast bleek uit de infraroodmetingen dat overmatige kwelplekken die tijdens het begin van de proef werden gesignaleerd, tijdens de proef uitgroeiden tot zand meevoerende wellen. Hiermee is aangetoond dat vlakdekkende infraroodmetingen ook een voorspellende waarde kunnen hebben als het gaat om het vroegtijdig opsporen van risicovolle wellen die zand meevoeren.

Bij de Watergraafsmeerdijk (Amsterdam) is op basis van langdurige, real-time metingen van waterspanning door sensoren in de waterkering gebleken dat aanzienlijk minder schommelingen optreden in het niveau van de waterspiegel (de freatische lijn) in de dijk, waardoor de kering aanmerkelijk sterker is dan oorspronkelijk was berekend. Mede op basis van deze metingen wordt nu het ontwerp van de versterking verder geoptimaliseerd, zodat deze minder ruimte kost en een effectiever beheer mogelijk wordt.

Dijken monitoren
verbetert inzicht

4



Infraroodmetingen. In dit geval op de Wadden, maar ook toepasbaar om mogelijke uitdroging van veendijken tijdens een lange periode van droogte efficiënt te volgen

Bij de kering rond de dijkkring Heerhugowaard is bij recente metingen met infraroodsensoren geconstateerd dat overmatig uittredend kwelwater ook voorkomt op andere plekken dan die uit de voorlopige toetsingsresultaten naar voren waren gekomen. Daarnaast is de elektrische geleidbaarheid van het water gemeten om de herkomst van het kwelwater te kunnen bepalen (uit de boezem of uit diepere bodemlagen). Dit is belangrijke informatie om te gebruiken als input bij het ontwerp van de versterking van deze waterkering.

Een ander recent project betreft een dijkvak in de Waddenzeedijk op Ameland. Mede op basis van gegevens uit metingen van stijghoogtes, waterspanning en infraroodmetingen, is onlangs besloten om dit eerder afgekeurde dijkvak niet te gaan versterken. Deze dijk blijkt in de praktijk sterker dan gedacht, zelfs onder extreme omstandigheden met combinaties van springtij en storm. Ook tijdens deze extreme omstandigheden zijn metingen verricht aan dit dijkvak. Het beheer van deze dijk wordt nu verder geoptimaliseerd, onder meer met behulp van monitoringstechnieken.

In samenwerking met de TU Delft is bij dit dijkvak op Ameland een eerste versie van een numeriek simulatiemodel ontwikkeld om stroomsnelheden van kwelwater te koppelen aan temperatuursveranderingen in het dijklichaam, op basis van warmte-uitwisseling

over de tijd. In de komende periode zal dit model verder worden doorontwikkeld in een onderzoekprogramma samen met de TU Delft.

Tijdens extreme omstandigheden en bij (bijna-)calamiteiten kan continue dijkmonitoring met sensoren belangrijke informatie leveren voor crisisbeheersing, op real-time basis. Dat geldt zowel bij dreigend hoog water als (in toenemende mate) bij langdurige droogte.

Tijdens perioden van (zeer) hoog water langs de rivieren of langs de kust, kunnen mogelijke problemen op het gebied van piping, micro-instabiliteit en/of deformatie nauwkeurig worden gedetecteerd en gevolgd met behulp van infraroodsensoren. Deze techniek kan worden ingezet voor een continue, real-time monitoring van kritieke situaties bij de kering, zodat meer en beter inzicht ontstaat in de werkelijke sterkte van de dijk onder dergelijke extreme omstandigheden. Bovendien hoeven meetgegevens niet ter plekke uitgelezen en verwerkt te worden als de kering zelf niet langer toegankelijk is voor inspectie.

Ook het mogelijke gevaar van uitdroging van veendijken kan met dezelfde infraroodtechniek tijdens een langdurige periode van droogte efficiënt worden gevolgd, uiteraard in combinatie met verhoogde dijkbewaking. Dit is succesvol aangetoond tijdens metingen gedurende meerdere perioden van langdurige droogte bij De Veenderij bij Amsterdam. Met de inzet van deze techniek kunnen aanzienlijk meer kilometers dijk tegen lagere kosten worden beheerd en bewaakt.

Effectiever beheer en onderhoud

Periodieke, vlakdekkend uitgevoerde monitoring van het gedrag van sommige, als (zeer) kwetsbaar bekend staande, waterkeringen kan meerwaarde leveren voor een effectiever en efficiënter beheer en onderhoud van de kering. In combinatie met gangbare periodieke inspecties en gegevens uit metingen vanuit peilbuizen of waterspanningsmeters, kan een aantal problemen immers in een zeer vroeg stadium worden gesignaleerd en opgelost, met name op het gebied van kwel/piping, micro-instabiliteit of deformatie.

Bovendien kunnen gegevens uit regelmatig geactuali-

seerde metingen de beheerder helpen in te spelen op nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de wettelijk verplichte toetsingen en de jaarlijkse zorgplicht, of in het kader van de invoering van assetmanagement en/of *life cycle costing*.

Tijdens het realiseren van dijkversterkingen of bij (groot) onderhoud, kan de kwetsbaarheid van de waterkering sterk toenemen door een tijdelijk verminderde stabiliteit. In die situaties kan het zinvol zijn om het actuele gedrag van de kering nauwlettend te volgen met behulp van een op maat gesneden, tijdelijk dijkmonitoringsprogramma. Daarnaast kunnen deze metingen veel informatie opleveren over het toekomstige gedrag van de kering onder extreme omstandigheden. Tijdens versterkingswerkzaamheden kunnen bijvoorbeeld waterspanningen in onderliggende bodemlagen aanzienlijk toenemen als gevolg van zandsuppletie aan de vooroever of opgebrachte klei. Het meten van het gedrag van de waterkering onder deze omstandigheden kan bruikbare informatie opleveren voor het bepalen van het risico van falen van de kering tijdens toekomstige extreme situaties. Ook kan deze informatie bruikbaar zijn voor andere, soortgelijke waterkeringen.

Naast het meten aan de waterkering zelf, bieden monitoringstechnieken een kosteneffectieve oplossing voor de toetsing van nwo's (niet-waterkerende objecten, zoals bomen, kabels en leidingen, bebouwing) op en in de kering – in de komende jaren een forse uitdaging voor de waterschappen. In een recent uitgevoerde pilot bij Waternet, het watercyclusbedrijf van Amsterdam, heeft een nieuw, specifiek ontworpen programma van dataverzameling en –verwerking succesvol aangetoond dat de invloed van nwo's op de stabiliteit van de kering sneller, doeltreffender en aanzienlijk goedkoper kan worden getoetst dan op basis van traditionele methoden. In dit programma wordt grotendeels gebruik gemaakt van gegevens die reeds bij Waternet beschikbaar zijn, aangevuld en gevalideerd met nieuwe data vanuit geavanceerde meettechnieken. Hiermee is het mogelijk om op een eenvoudige en geautomatiseerde manier nwo-toetsingen uit te voeren, op basis van de bestaande regelgeving, voor zeer grote aantallen nwo's. In deze pilot

is succesvol aangetoond dat circa 85 procent van de betreffende nwo's geautomatiseerd kon worden getoetst. Deze geautomatiseerde nwo-toets is volledig schaalbaar en reproduceerbaar.

Jeroen Mes

Niek Reichart

De auteurs vormen de directie van Dijk Monitoring Nederland (DMN), een gezamenlijke onderneming van ARCADIS en Intech Dike Security Systems.

Dijken monitoren
verbetert inzicht

SAMENVATTING

- Het monitoren van waterkeringen, met combinaties van nieuwe (sensor-)technieken en bestaande meetmethoden, kan in sommige situaties leiden tot een beter inzicht in het werkelijk gedrag van de kering, onder uiteenlopende omstandigheden van belasting en over de tijd. Echter, dijkmonitoring is lang niet overal en altijd zinvol en/of mogelijk.
- Een op maat gesneden dijkmonitoringsprogramma, gericht op het mogelijke faalgedrag van een waterkering, kan in bepaalde situaties belangrijke bouwstenen leveren voor ontwerp en prioritering van versterkingsopgaven.
- In sommige kritieke situaties en (bijna-) calamiteiten – zowel bij extreem hoog water als bij langdurige droogte – kan continue dijkmonitoring op basis van sensoren belangrijke informatie leveren voor crisisbeheersing, op real-time basis.
- Regelmatig geactualiseerde metingen van het gedrag van de waterkering kunnen de keringbeheerder ondersteunen bij het omgaan met nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de jaarlijkse zorgplicht, en in het kader van de invoering van *asset life cycle management*.
- Door slim gebruik te maken van bestaande databases van waterschappen, gecombineerd met data vanuit een beperkt aantal aanvullende metingen, kunnen niet-waterkerende objecten (nwo's), zoals bomen, gebouwen en leidingen, geautomatiseerd, schaalbaar en reproduceerbaar worden getoetst.