

Memo

Aan
Rijkswaterstaat

Datum	Kenmerk	Aantal pagina's
29 november 2011	1204819-003-VEB-0002	6
Van	Doorkiesnummer	E-mail
Andre Koelewijn	+31 (0)88 33 57 338	andre.koelewijn@deltares.nl

Onderwerp
Verkennde notitie veiligheidsfilosofie
KPP CIP SMIT deelproject "Veiligheid als basis: inbedding (dijk)meten en monitoring"

Inleiding

Deze memo biedt een verkenning van de bijdrage die monitoring kan leveren bij de beoordeling van de veiligheid van dijken in de Nederlandse context. Monitoring is hierbij gedefinieerd als herhaald meten, om op basis van deze metingen waar nodig en mogelijk passende actie te ondernemen. Voor deze notitie is in belangrijke mate gebruik gemaakt van de informatie beschreven in [Van der Kolk et al., 2011].

Onzekerheden in de veiligheidsbeoordeling

Bij de beoordeling van de veiligheid van dijken moeten onvermijdelijk aannames worden gedaan over de in de analyse te hanteren parameters. Het belastingverloop is niet op voorhand bekend, evenmin als de precieze samenstelling van de dijk en de ondergrond en het gedrag onder extreme omstandigheden. De gedane aannames behoren aan de conservatieve kant te zijn, zodat een betere kennis van de werkelijkheid over het algemeen moet leiden tot een gunstiger uitkomst. Deze aanpak levert enerzijds een 'beloning' voor het uitvoeren van aanvullend onderzoek en metingen, anderzijds biedt het een bescherming tegen de gevolgen van onwetendheid. Om over het algemeen te ongunstige uitkomsten van de veiligheidsbeoordeling op basis van weinig gegevens te vermijden bestaat er echter altijd de mogelijkheid dat de omstandigheden of het gedrag te gunstig zijn ingeschat. Het risico van een te optimistische inschatting wordt verkleind door onderzoek en metingen.

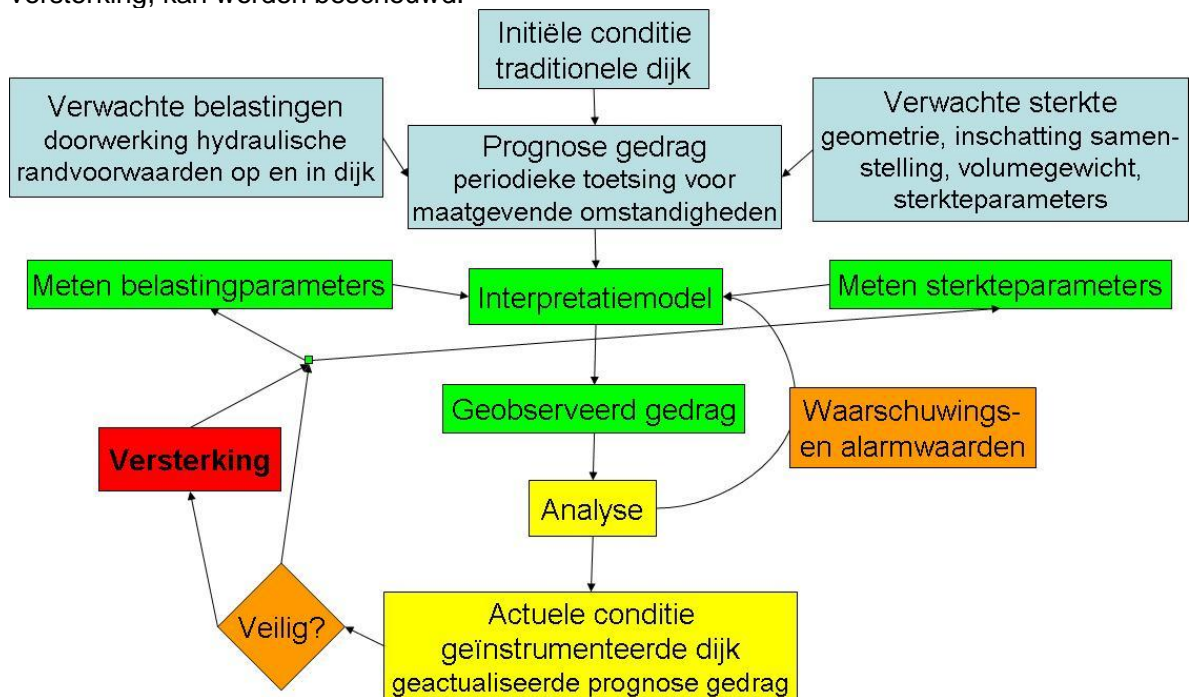
De onzekerheden in de veiligheidsbeoordeling zijn met name te vinden in:

- de te hanteren waterpeilen (onzekerheid in maatgevend hoogwater (MHW) en andere peilen aan de 'bedreigende' kant van de dijk, anderzijds enige onzekerheid ten aanzien van het slootpeil);
- de opbouw van de ondergrond (laagopbouw, aanwezigheid en verloop van geulafzettingen);
- de eigenschappen van de grondlagen (volumegewicht, sterkte, doorlatendheid);
- de waterspanningen in de dijk en in de ondergrond (ligging freatische lijn, gevoeligheid voor peilwisselingen in zandlagen en doorwerking van peilwisselingen in klei- en veenlagen, wateroverspanningen ten gevolge van consolidatie en kruip – met name bij dijkverzwaringen).

Kwantificering en reductie van deze onzekerheden is mogelijk door een samenhangend geheel van metingen en modellen.

Positie van monitoring in keten van ontwerpen, toetsen en versterken

Het volgende schema illustreert de positie van monitoring in een cyclus van voortdurende verbetering – zoals het Nederlandse systeem van waterkeringen, met periodieke toetsing en versterking, kan worden beschouwd.



Figuur 1 Veiligheidsbeschouwing voor geïnstrumenteerde dijken in een cyclus van voortdurend meten, regelmatige analyse en periodieke versterking

Het schema begint voor een dijk die al enige tijd bestaat, met een inschatting van de initiële conditie en verwachtingen omtrent de sterkte en belastingen op de dijk. Hieruit volgt een prognose van het gedrag. Combinatie hiervan met metingen van de sterkte (bijvoorbeeld grond- en laboratoriumonderzoek) en metingen van belastingen (bijvoorbeeld waterstanden en waterspanningen) leidt via een interpretatiemodel tot geobserveerd gedrag. Na (periodieke) analyse levert dit inzicht in de actuele conditie en een geactualiseerde prognose van het gedrag, waaruit ook volgt of de dijk voldoende veilig is of niet. Zo niet, dan is versterking noodzakelijk. In beide gevallen wordt doorgedaan met meten.

De analyse kan mede leiden tot waarschuwings- en alarmwaarden voor (combinaties van) meetwaarden. Deze kunnen worden toegevoegd aan het interpretatiemodel, opdat indien nodig snel actie kan worden ondernomen bij geconstateerde over- (of onder-)schrijding van deze waarden, zonder dat eerst een hernieuwde analyse hoeft plaats te vinden.

Meten en monitoren is zinvol wanneer hiermee de onzekerheden in de berekende belasting en sterkte (en daarmee de veiligheid) kunnen worden verkleind. Dit kan in verschillende fasen en voor verschillende toepassingen gebeuren:

1. Bij aanleg/versterking: om het gedrag van dijk en ondergrond vast te stellen tijdens de uitvoering tot aan de oplevering, bijvoorbeeld het zettings- en consolidatieverloop en gemeten waarden te kunnen vergelijken met ontwerpwaarden. De bedoelde robuustheid van het ontwerp wordt hiermee tijdens de uitvoering aangetoond;
2. Ten behoeve van de toetsing: om onzekerheden te verkleinen, bijvoorbeeld ten aanzien van stijghoogten, ligging freatische lijn of laagscheidingen;

3. Na afkeuring van dijken in de eerste toetsfase: opnieuw om onzekerheden te verkleinen - afkeuren is al mogelijk op basis van betrekkelijk summiere informatie, echter voor een robuust, maar sober uitgevoerd ontwerp is veel gedetailleerdere informatie nodig, waarbij langere in-situ meetreeksen van grote waarde kunnen zijn;
4. Als hulpmiddel bij het beheer: ondersteund door ten dele geautomatiseerde monitoring kan de frequentie van dijkspecties worden teruggebracht en kunnen deze bovendien gerichter plaatsvinden;
5. Als waarschuwingssysteem bij calamiteiten. Dit vereist over het algemeen wel aanvullende voorzieningen met betrekking tot datacontinuïteit en doorgifte van data.

In alle gevallen gaat het om verkleining van onzekerheden in de berekende dijksterkte door meten: "meten is weten". Alleen al vanwege de heterogeniteit van de ondergrond is een onzekerheidsmarge noodzakelijk, maar deze kan wel worden verkleind door doelgerichte metingen, bijvoorbeeld van waterspanningen of grondwaterstroming.

Zo is het in de zesjaarlijkse veiligheidstoetsing van de primaire waterkeringen verplicht om in veel situaties een marge van 0,5 tot 0,8 meter te hanteren ten aanzien van de ligging van de freatische lijn [TRWG, 2004]. Langdurige monitoring, voornamelijk onder 'dagelijkse' omstandigheden (en dus met relatief weinig meer intensieve belastingen, zoals extreme neerslag of hoogwater), zal in combinatie met een passende analyse een onderbouwing kunnen geven van een passende, mogelijk kleinere, marge voor de toetsing bij maatgevende omstandigheden. Dergelijke metingen leveren bovendien een betrouwbaarder beeld van het niveau van de freatische lijn dan een eenmalige meting of een korte meetreeks van bijvoorbeeld twee weken.

De monitoringsstrategie kan erop gericht worden om significante onzekerheden te verkleinen. Wanneer de onzekerheden gering zijn voor aspecten waar monitoring tot meer zekerheid kan leiden, dan is die monitoring over het algemeen ook niet zinvol.

Positie van monitoring in vigerende leidraden en technische rapporten

In de vigerende Leidraden en TR-en bestaat sinds kort wat meer aandacht voor de meerwaarde van metingen. Dit komt bijvoorbeeld tot uitdrukking in de schematiseringsfactor, een partiële veiligheidsfactor waarmee recht gedaan kan worden aan de hoeveelheid kennis (of juist het gebrek daaraan) over parameters die van invloed zijn op de sterkte van een bepaald dijktraject, zoals de waterspanningen (en de onzekerheid daaromtrent) en de dikte van verschillende grondlagen. Meer kennis leidt daarbij tot een gunstiger factor [Calle, 2011].

In de meeste, merendeels wat oudere Leidraden en TR-en, wordt aan metingen slechts sporadisch enige aandacht gegeven, zoals bijvoorbeeld in de Handreiking Constructief Ontwerpen uit de jaren '80. Doorgaans wordt er echter wel ruimte gelaten voor het toepassen van gunstiger omstandigheden "indien de beschikbare kennis daartoe mogelijkheden geeft", een wat vage omschrijving waarmee detailkennis op basis van metingen kan worden ingebracht. Ook ontbreekt het in de bestaande rapporten nog aan een waarderingsmaat voor de duur van de meetreeks: voor het benedenrivierengebied lijkt één 13-uursmeting ter bepaling van de respons van de waterspanningen onder de binnenteen van de dijk op de variërende buitenwaterstand even waardevol te worden geacht als metingen gedurende twee weken of gedurende drie jaar.

Mogelijkheden voor inpassing monitoring in toetsing

Er lijken voldoende mogelijkheden om monitoringsresultaten te gebruiken in de toetsing: de ruimte is er in principe. Voordat er echter uitgewerkte 'recepten' zullen liggen voor een breed scala aan meetmethoden en bruikbaar voor alle faalmechanismen zal er echter nog wel enige ervaring mee moeten worden opgedaan en zal er voor diverse aspecten nog gericht onderzoek uitgevoerd moeten worden. Aspecten waar nu geen of onvoldoende duidelijkheid over bestaat, betreffen:

- criteria om de waarde van een meetreeks vast te stellen (mede afhankelijk van de absolute tijdsduur, kwaliteit van de metingen en de voorgekomen gebeurtenissen zoals betrekkelijk hoge buitenwaterstanden);
- richtlijnen om de evenwichtigheid van de beschikbare gegevens te bepalen en te kunnen waarderen;
- mogelijkheden om aanvullende (of 'zachte') data op objectieve wijze in te passen, zoals vanuit remote sensing;
- hoe om te gaan met vervormingsmetingen – indien er plastische vervormingen zijn opgetreden (en dat is in grond al snel het geval), dan is er in het algemeen geen eenduidige oorzaak meer aan te geven voor het waargenomen verplaatsingsveld, waardoor de potentiële waarde van dergelijke metingen geringer lijkt te zijn dan die van waterspanningsmetingen, welke bovendien vaak direct als invoerparameter in modellen toegepast kunnen worden;
- vaststelling van de werkelijke meetonauwkeurigheid, waarbij zowel de absolute onnauwkeurigheid, bijvoorbeeld ten opzichte van een referentiepeil, als de relatieve onnauwkeurigheid ten opzichte van eerdere metingen met hetzelfde instrument danwel ten opzichte van andere instrumenten;
- de mate van representativiteit van een gering aantal meetpunten; wanneer zijn er voldoende meetpunten? En in hoeverre is dit afhankelijk van de grondopbouw?
- specifiek voor de detectie van grondwaterstroming en piping met behulp van temperatuurmetingen is de vraag welke nauwkeurigheid vereist is, met name bij relatief snel veranderende waterstanden.

Een ander aspect betreft de koppeling van meetdata met fysische modellen, waardoor de extrapolatie van bekende omstandigheden naar maatgevende omstandigheden beter onderbouwd kan worden, bijvoorbeeld door het calibreren van modelparameterwaarden op basis van beschikbare meetreeksen. Een voorbeeld hiervan is het programma 'DikeTool', waarvan in 2011 door Deltares een prototype is ontwikkeld binnen het onderzoeksprogramma Flood Control 2015 en waarmee vooralsnog grondwaterstromingsparameters kunnen worden bijgesteld. In 2012 zal dit worden doorontwikkeld voor piping en macrostabiliteit.

In het verlengde hiervan ligt het vaststellen van eenduidige (sets van) waarschuwings- en alarmwaarden voor de meetwaarden van (groepen van) sensoren, zodat bij overschrijding snel kan worden ingegrepen. Met de doorontwikkeling van 'DikeTool' liggen dergelijke toepassingen bij wijze van spreken voor het oprapen.

Met het uitwerken van de voornoemde punten zijn niet meteen alle vragen opgelost. Een voorbeeld van een kwestie waar in het verleden slechts een voorlopig antwoord op is geformuleerd, betreft de respons van de waterspanningen in een watervoerend pakket onder en achter de dijk dat in contact staat met het buitenwater. Zoals in het Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken beschreven staat, kan op basis van een korte meetreeks al een inschatting worden gemaakt van de zogenoemde dempingsfactor: de mate waarin de verandering van de buitenwaterstand gevolgd wordt. De dempingsfactor is echter geen

constante, maar deze is (onder meer) afhankelijk van aanslibbing en erosie van de waterbodem. Erosie op bijvoorbeeld een rivier vindt met name plaats bij perioden met hoge tot zeer hoge afvoeren, daarbuiten vindt vooral aanslibbing plaats. Wanneer de afvoeren in een reeks van jaren tamelijk bescheiden zijn, dan zal op basis van metingen geleidelijk een steeds lagere dempingsfactor kunnen worden vastgesteld. Regelmatige actualisering van de eigenschappen van de gebruikte modellen, onder andere voor grondwaterstroming, tot kort voor een hoogwater zal hiermee tot een lage waarde van de dempingsfactor leiden. Wanneer vervolgens bij hoogwater significante erosie plaatsvindt, zal juist een hoge dempingsfactor van toepassing zijn, hetgeen een (zeer) ongunstig effect heeft. Bij een adequate fysische modellering, in bijvoorbeeld de eerder genoemde doorontwikkeling van 'DikeTool', kan vooraf een inschatting van de invloed hiervan worden gemaakt, zodat bijvoorbeeld de toetsing met een juiste (hoge) waarde voor deze dempingsfactor kan worden uitgevoerd. Analoog hieraan zullen er meer aspecten zijn waarbij deze nieuwe ontwikkelingen tot een betrouwbaarder analyse kunnen leiden dan de huidige praktijk.

Enkele aspecten die ook al bij de pilot naar voren kwamen zijn:

- Installatie van instrumenten levert óók gegevens op over de samenstelling van de ondergrond maar deze worden nu vaak nog niet verwerkt;
- In de praktijk gehanteerde installatietechnieken kunnen een significante invloed hebben op de metingen, zozeer dat deze zelfs volledig onbetrouwbaar kunnen zijn of worden;
- Er blijken discrepanties op te kunnen treden met betrekking tot de datering van de meetgegevens, bij gebruik van archiefdata (d.w.z. alle data die niet on-line binnenkomt) moet men hierop bedacht zijn;
- Kleine variaties kunnen optreden bij de correctie van waterspanningsmetingen voor de luchtdruk wanneer geen gebruik gemaakt wordt van lokale metingen van de luchtdruk maar van bijvoorbeeld het meest nabijgelegen meetpunt van het landelijke KNMI-meetnet.

Met de reeds beschikbare monitoringsdata uit diverse projecten en de nieuwe gegevens uit binnenkort op te starten LiveDijk-projecten is voor de meeste van de eerder hiervoor genoemde vragen een voorlopig danwel meer definitief antwoord te krijgen. Ook zal hiervoor gebruik kunnen worden gemaakt van ontwikkelingen binnen het huidige SBW-programma.

Voor de implementatie in de praktijk moet dan verder nog worden gedacht aan aspecten als:

- betrouwbare doorgifte van gegevens;
- tijdige signalering en respons op waarschuwings- en alarmwaarden;
- inbedding van monitoring in de beheerpraktijk (opleiding en training van medewerkers, technische ondersteuning en organisatorische inbedding).

Met name het laatste onderdeel, de organisatorische inbedding, zal in de praktijk nog veel aandacht kunnen vergen.

Referenties

[Calle, 2011]

Ed Calle (red.), *Technisch Rapport Grondmechanisch Schematiseren bij Dijken*, rapportnr. 1001411-010-GEO-0006 versie 4, Deltares, Delft, februari 2011.

[Van der Kolk et al., 2011]

Bernard van der Kolk, John van Esch & André Koelewijn, *KPP CIP SMIT deelproject "Veiligheid als basis: inbedding (dijk)meten en monitoring"*, Deelproduct "Analyse meetdata pilot", rapportnr. 1204819-003-VEB-0001-v03, Deltares, Delft, september 2011, 57 pp.



Datum
29 november 2011

Ons kenmerk
1204819-003-VEB-0002

Pagina
6/6

[TRWG, 2004]

Technische Rapport Waterspanningen bij Dijken, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), Delft, 1 september 2004, ISBN 978-90-369-5565-3.