

Verticaal zanddicht geotextiel als piping-preventiemaatregel

Piping is voor veel dijken in Nederland een dominant faal-mechanisme. Het is gebleken dat de bestaande toets- en ontwerpregels dit mechanisme onderschatten en een deel van de Nederlandse waterkeringen minder sterk is dan eerder werd aangenomen. De grote investeringen die dit met zich meebrengen, vragen om innovatieve oplossingen.

DIPL.-ING. U. FÖRSTER / ING. B.J. VAN DER KOLK /
IR. S.G. VAN DEN BERG

Op basis van nieuwe inzichten en recent onderzoek door Deltares zijn de rekenregels voor piping aangescherpt. Voor sommige gebieden leidt de aangepaste rekenregel tot extreem grote kwelweglengtes met als consequentie toegenomen investeringen voor dijkversterkingsmaatregelen. Traditionele technieken, waarbij bijvoorbeeld pipingbermen of stalen damwanden als versterkingsmaatregel worden aangelegd, brengen hoge kosten met zich mee. Innovatieve oplossingen kunnen hier een uitkomst bieden.

Alternatieve preventiemaatregel

Een alternatieve preventiemaatregel tegen piping is Verticaal Zanddicht Geotextiel (VZG). Dit is een robuuste en innovatieve oplossing die onafhankelijk is van een minimaal benodigde kwelweglengte. Het principe van VZG berust op het feit dat het scherm wel water doorlaat, maar geen zand. Aangezien VZG weinig ruimtebeslag vergt en de kosten van geotextiel relatief laag zijn, lijkt dit een techniek die veel goedkoper uitvalt dan traditionele oplossingen. VZG als pi-



Een pipingproef met verticaal zanddicht geotextiel in september 2012.

pipingpreventiemaatregel is nog niet eerder toegepast. Om te onderzoeken of het een kansrijke maatregel is, heeft Waterschap Rivierenland Deltares gevraagd de principiële werking en geschiktheid van VZG als pipingremmende maatregel te onderzoeken en te beproeven in een full scale-proef op de IJkdijklocatie.

Het pipingproces speelt zich af op het grensvlak van het watervoerende zandpakket en de daarboven liggende afdekkende kleilaag. Het proces begint aan de binnendijkse kant bij een potentieel uittredepunt, bijvoorbeeld een opbarstende sloot, en schrijdt voort richting de buitenzijde van de dijk. Om het pipingproces zo vroeg mogelijk te kunnen stoppen, wordt VZG aan de binnendijkse kant tussen de dijkteen en het uittredepunt geplaatst. Hierbij dient VZG in het bovenste gedeelte van de watervoerende zandlaag te steken en voldoende in de daarboven liggende kleilaag te zijn verankerd. Hierdoor kan weliswaar een pipe ontstaan, maar de doorgroei hiervan stopt bij het bereiken van het scherm. Belangrijk hierbij is dat er geen ander potentieel uittredepunt tussen VZG en de dijkteen kan ontstaan. Bij een goede dimensionering van het geotextiel – waarbij niet alleen rekening wordt gehouden met de doorlatendheid van het geotextiel zelf, maar waarbij ook de invloed van het omliggende zand op de doorlatendheid wordt meegenomen – zal de grondwaterstroming onder de dijk niet of nauwelijks worden beïnvloed. De principiële werking van het geotextiel en zijn invloed op het pipingproces is getest in meerdere schaalproeven. Eerst in kleine- en middenschaalproeven in het laboratorium, daarna op ware grootte op de IJkdijklocatie, waarbij TenCate het geotextieltype GeoDetect ter beschikking

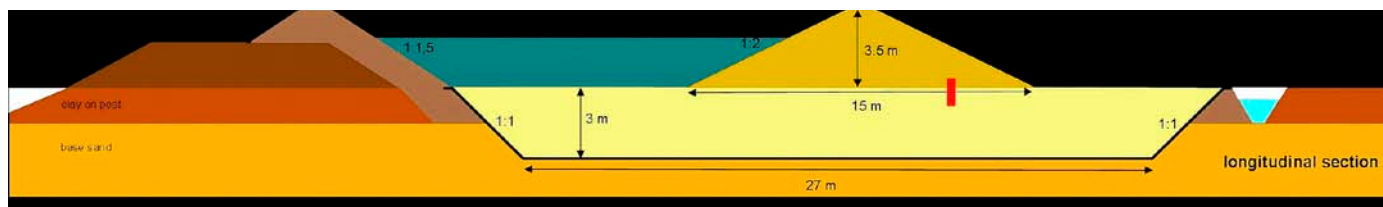
stelde. Daarnaast zijn numerieke analyses gedaan. Tijdens de kleinschaalproeven (centimeterschaal) werd onder laboratoriumomstandigheden de werking van het geotextiel en de meest gunstige locatie van een pipingremmende maatregel in een dijkdwarsprofiel beproefd. Ook is de inbouwdiepte van het geotextiel in het zand gevarieerd om het maximaal te keren verval en de minimaal benodigde inbouwdiepte te bepalen, waarbij de pipe het geotextiel nog niet passeert. Verder is bij de middenschaalproeven onderzocht of de ontstane pipe onder het verticale geotextiel duikt en verder richting buitenwater groeit. Het voordeel van de middenschaalproeven ten opzichte van de kleinschaalproeven is dat randeffecten een kleinere rol spelen en dat er meer inzicht in het schalingsgedrag wordt verworven. De doorlatendheid van het in de laboratoriumproeven toegepaste geotextiel was goed afgestemd op de doorlatendheid van het omliggende zand. Het ingebouwde geotextiel beïnvloedde de horizontale grondwaterstroming onder de dijk nauwelijks. Op basis van de verworven inzichten is de full scale-proef op de IJkdijklocatie gedimensioneerd. Eind 2012 startte de opbouw van de proeflocatie. Hierbij is het geotextiel onder het binnentalud van de dijk ingebouwd. Vervolgens is de waterstand tegen de dijk opgevoerd tot boven het kritieke verval. De proef is na 160 uur beëindigd zonder dat de dijk is bezweken.

Duidelijk

Op basis van de schaalproeven is het faalmechanisme duidelijk geworden: als gevolg van de steeds ruimer wordende pipe zal de stijghoogte op een gegeven moment constant blijven en –

IN 'T KORT - INNOVATIEVE OPLOSSING

- Verticaal zanddicht geotextiel (vzg) is een alternatieve preventiemaatregel tegen piping
- Het principe van vzg: laat wel water door, maar geen zand
- Principiële werking van geotextiel getest in meerdere schaalproeven
- Waterschap Rivierenland past concept toe in een te versterken dijktraject



Situatietekening van de IJkdijkproef met verticaal zanddicht geotextiel.

in de hele pipe – de benedenstroomse waarde aannemen. Dit geeft een opwaarts gericht verhang benedenstrooms van het geotextiel. Als dit verhang te groot wordt, bezwijkt het zandpakket en dus ook het geotextiel. De met VZG te bereiken vervallen op het moment van bezwijken, zijn vergeleken met proeven zonder geotextiel die in 2009 in het kader van het SBW-onderzoek (Sterkte & Belasting Waterkeringen) voor Rijkswaterstaat zijn uitgevoerd. Het kritiek verval – het verval dat nodig is om de ontwikkeling van een doorgaande pipe in gang te zetten – is voor een opstelling met of zonder geotextiel even groot. In beide gevallen ontstaat piping, wat zonder maatregel tot doorgroeien van de pipe tot aan de bovenstroomse kant zou leiden. Door het toepassen van het geotextiel wordt de doorgroei van de pipe gestopt. Pas bij het opbrengen van een veelvoud van dit verval was het geotextiel in de onderzochte kleine- en middenschaalproeven omgeklapt wat tot vervloeiing van het hele zandpakket en daarmee tot bezwijken van de proef heeft geleid.

Algemeen kan worden geconstateerd dat de match tussen stijghoogtemetingen en numerieke berekeningen voldoende is. Dit betekent dat op basis van numerieke berekeningen een relatief betrouwbare predictie van de te verwachten stijghoogten voor en achter het geotextiel kan worden gegeven. Uit de kleine- en middenschaalproeven is gebleken dat de doorlatendheid rondom de pipe mogelijk verandert, doordat lokaal de porositeit van het zandpakket toeneemt. De kans op vervloeiing van het zandpakket als gevolg van verticale stroming (heave) ter plaatse van het scherm, wordt beïnvloed door de doorlatendheid van het scherm. Uit de numerieke ge-



In oktober 2009 bezweek een dijk door een pipingproef zonder verticaal zanddicht geotextiel.

voeligheidsberekeningen volgt dat bij voldoen- de grote inbouwdiepte en doorlatendheid van het geotextiel, de verticale gradiënt aan de benedenstroomse kant van het geotextiel voldoende klein blijft, zodat heave niet gaat optreden. De full scale-proef op de IJkdijklocatie was geslaagd. Na correcties, rekening houdend met intredeweerstand van de stroming, was het aanwezige verval minimaal 20 procent hoger dan bij eerdere pipingproeven zonder geotextiel in 2009. Daarnaast bezweek in 2009 de dijk binnen vijf dagen na het bereiken van het kritisch verval. Dit was in de VZG-proefopstelling niet het geval. Door het toegepaste geotextiel is bezwijken als gevolg van piping voorkomen. De meetdata zijn met numerieke berekeningen vergeleken en to-

nen een goede overeenstemming.

Aandachtspunten

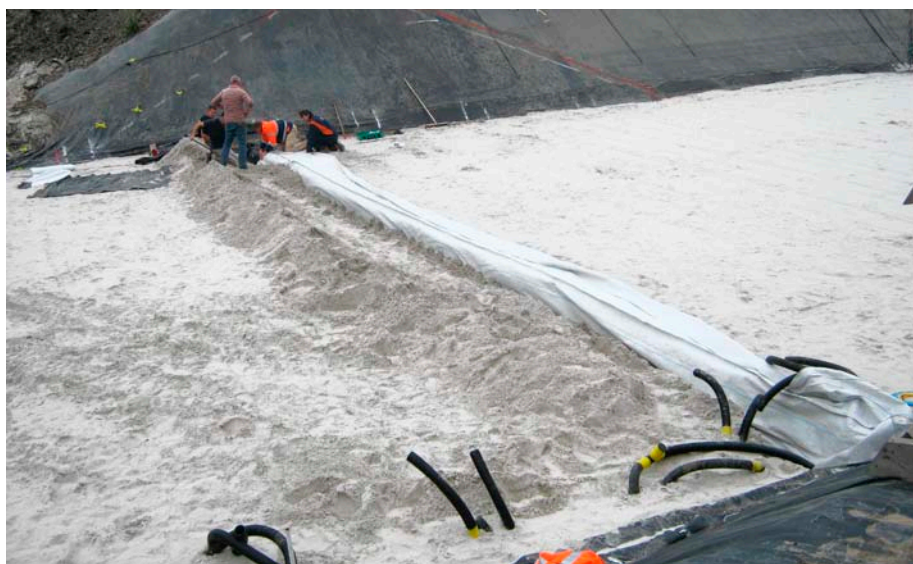
De principiële werking van VZG als pipingrem-mende maatregel zijn aan de hand van numerieke analyses en schaalproeven, waaronder een de full scale-proef op de IJkdijklocatie, aangetoond. Naar aanleiding van de IJkdijkproef is een aantal aandachtspunten naar voren gekomen, zoals de vraag hoe het geotextiel zich zal gedragen in geval van langdurige belasting en meerdere hoogwaterperiodes achter elkaar. Daarnaast speelt de vraag hoe verstopping van het geotextiel kan worden voorkomen en hoe monitoring voor controle van een goede werking van VZG moet worden vormgegeven.

De resultaten van het onderzoek zijn dermate positief dat Waterschap Rivierenland het concept in een te versterken dijktraject over 2 km zal gaan toepassen.

De geselecteerde aanbieder moet aan de hand van de maakbaarheidsproef de uitvoerbaarheid van deze dijkversterkingstechniek aantonen. Te onderzoeken uitvoeringsaspecten hierbij zijn onder andere het aanbrengen van het geotextiel zonder het te beschadigen, of de doorlatendheid ervan te beïnvloeden.

De waarborging van het goed functioneren van het systeem – ook op lange termijn – en de meetbaarheid en de beschikbaarheid van beheersmaatregelen zijn bepalend voor de kwaliteit en de verdere acceptatie van deze techniek.

Ulrich Förster is senior adviseur dijktechnologie bij Deltares, Bernard van der Kolk is adviseur dijktechnologie bij Deltares en Stefan van den Berg is adviseur waterkeringen bij Waterschap Rivierenland.



Installatie van het verticaal zanddicht geotextiel.