



Delft University of Technology

Constructief ontwerp van multifunctionele waterkeringen

Chen, Xuexue; Kothuis, Baukje; Voorendt, Mark

Publication date
2017

Published in
Land + Water: vakblad voor civiel- en milieutechniek

Citation (APA)
Chen, X., Kothuis, B., & Voorendt, M. (2017). Constructief ontwerp van multifunctionele waterkeringen. *Land + Water: vakblad voor civiel- en milieutechniek*, 2017(9), 32-33.

Important note
To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright
Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

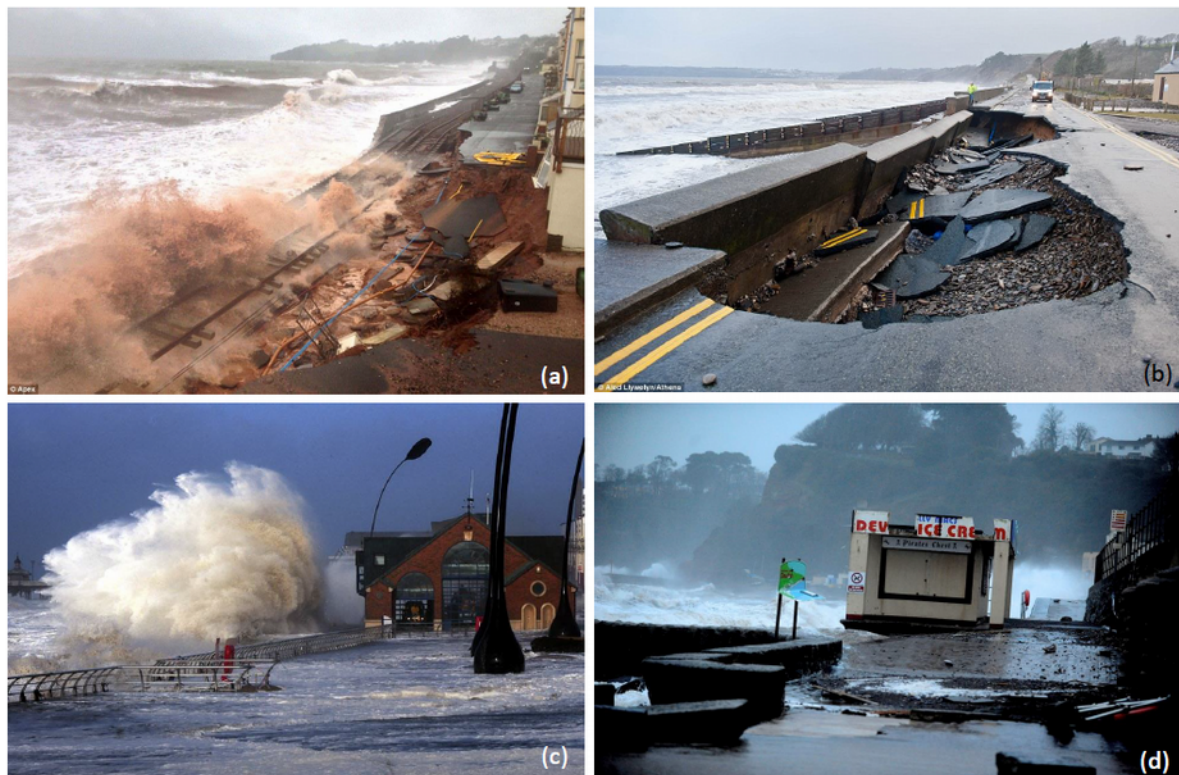
Takedown policy
Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Constructief ontwerp van multifunctionele waterkeringen

Door gebrek aan ruimte worden waterkeringen in bebouwde gebieden langs de kust, rivieren en meren steeds vaker gecombineerd met andere functies. Een onderzoeksprogramma van de TU Delft, Universiteit van Twente en Wageningen Universiteit heeft diverse ontwerpaspecten van deze zogenaamde multifunctionele waterkeringen onder de loep genomen. Een eerder in dit blad gepubliceerd artikel beschreef de aanleiding van deze gecombineerde keringen en gaf enkele voorbeelden. In dit tweede artikel wordt verder ingegaan op een tweetal specifieke constructieve aspecten die een rol spelen bij het ontwerp van multifunctionele waterkeringen: golfimpact en constructieve verificatie.

Golfimpact

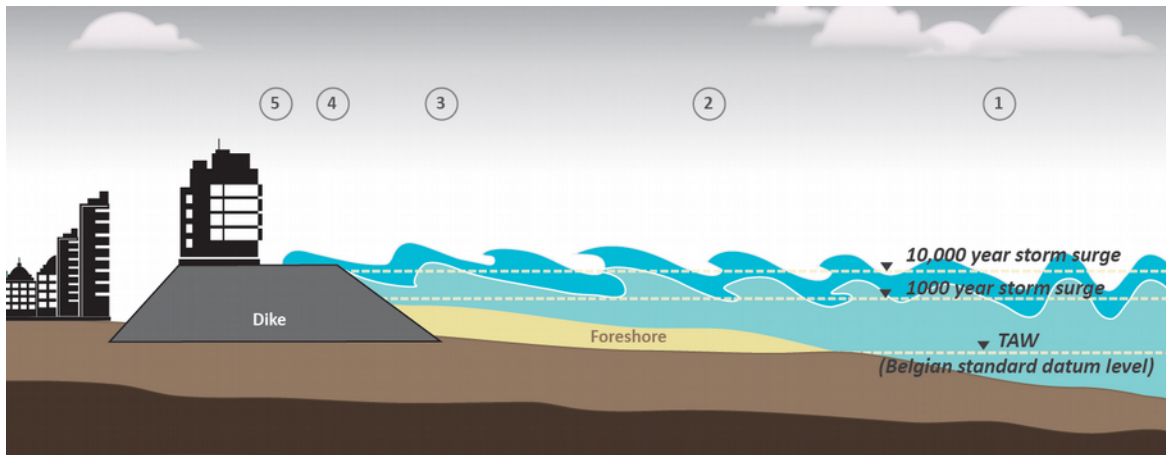
Waterkeringen van kuststeden in laag gelegen landen als Nederland, België, Groot Brittannië en Duitsland bestaan vaak uit een flauw oplopend strand, met daarachter een zeedijk en een promenade. Langs deze promenade staan over het algemeen gebouwen als hotels en restaurants en er is een vorm van infrastructuur aanwezig, zoals wegen, spoorlijnen, elektriciteits- en telefoonlijnen. De locatie van deze gebouwen en infrastructuur op of aan waterkering is echter niet zonder gevaar. De sterke hydrodynamische krachten van overslaande golven kunnen enorme schade aanrichten, zoals duidelijk is te zien in Figuur 1.



Figuur 1. Voorbeelden van schade aan bebouwde zeedijken in Groot Brittannië door overslaande golven (2015)

Hoe directe schade aan gebouwen als gevolg van de zogenaamde ‘golf-impact’ tot stand komt was nog niet bekend. Daarom reconstrueerde Xue Xue Chen van de TU Delft het volledige proces van het ontstaan van een golf tot en met de impact op het gebouw, zoals geïllustreerd in Figuur 2. Golven

worden ver van de kust gegenereerd door de wind (1) en voortbewogen naar de vooroever, waar de golven in hoogte toenemen, terwijl de golflengte afneemt (2). Vlak voor de waterlijn breken de golven, waardoor golfenergie wordt gedissipeerd (3) en een gebroken golf tegen het buitentalud van de zeedijk oploopt (4). De overslaande golf raakt uiteindelijk het gebouw op de dijk, waarbij een deel zal worden gereflecteerd en een ander deel door en om het gebouw heen zal stromen (5).



Figuur 2. Schematische weergave van het ontstaan, oplopen en klappen van een golf

Chen onderzocht de impact van overslaande golven aan de hand van een praktijkgeval van een gebouw met gemetselde muren op een zeedijk langs de Belgische kust. Het is gebleken dat golfimpact kan leiden tot constructief bezwijken van het gebouw als gevolg van beschadigingen aan de fundering (instabiliteit), of door het bezwijken van dragende constructieve elementen (tekort aan sterkte). Overslaande golven kunnen ook niet-dragende constructieve elementen beschadigen, zoals ramen, deuren en gevelelementen. Dat zal leiden tot overstroming van de begane-grondverdieping van het gebouw.

Om de maximale golfkracht op gebouwen op zeedijken te bepalen werden tweedimensionale fysieke modelproeven uitgevoerd in een zogenaamde golfgoot (wave flume, zie figuur 3). De hiermee ontwikkelde methode gebruikte Chen om de accidentele golfbelastingen te karakteriseren en de sterkte van de gebouwen te evalueren volgens Eurocode 6, de Europese norm voor constructieve veiligheid voor bouwen met metselwerk (voorheen NEN). Zij concludeerde dat metselwerkgebouwen die op een afstand van 10 tot 15 meter van de buitenkruinlijn van de waterkering staan, plaatselijke schade kunnen oplopen aan niet-dragende elementen (voornamelijk ruiten) tijdens een storm met een gemiddelde terugkeerperiode van duizend jaar. Gedurende een eens-in-tienduizend-jaar storm zouden de gebouwen bezwijken.



Figuur 3. Golfgoot onderzoek bij Flanders Hydraulics Research in Antwerpen (foto's: Xue Xue Chen).

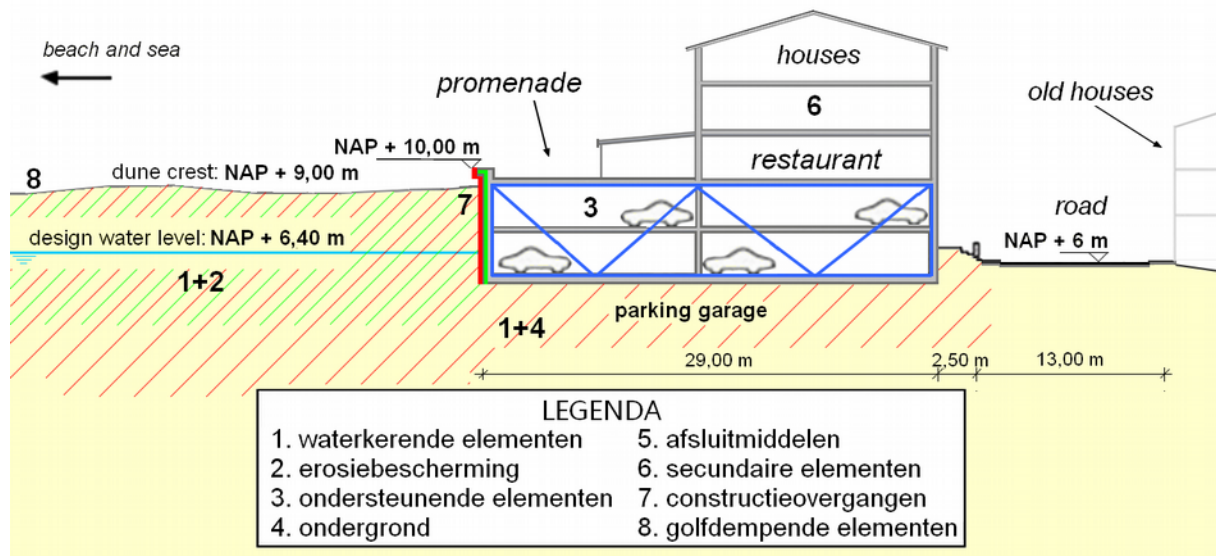
Constructieve verificatie

Mark Voorendt van de TU Delft onderzocht hoe de waterkerende functie van een multifunctionele waterkering geverifieerd kan worden. De constructieve samenstelling van gecombineerde waterkeringen is vaak diverser en complexer dan van reguliere waterkeringen, vanwege het gebruik van ongebruikelijke materialen en vormen. Hij stelt voor om de ontwerpstep van verificatie onder te verdelen in een kwalitatief en een kwantitatief deel. De tot nu toe ongebruikelijke stap van kwalitatieve verificatie bestaat uit het identificeren van de rol van de constructieve elementen die samen de waterkerende functie verzorgen. Met behulp van een functieanalyse onderscheidde hij acht verschillende generieke elementtypen (zie ook legenda bij figuur 4):

1. Waterkerende elementen
2. Erosiebescherming
3. Ondersteunende elementen
4. Ondergrond
5. Afsluitmiddelen
6. Secundaire elementen
7. Constructieovergangen
8. Golfdempende elementen.

Door de elementen te koppelen aan faalmechanismen, kan met behulp van de veel gebruikte foutenbomen de totale faalkans per dijkvak worden uitgerekend. De hierboven beschreven methode van Chen kan onderdeel van deze faalkans-berekening zijn, maar dan moet het door golfimpact aangetaste gebouw wel een *functioneel* onderdeel zijn van de waterkering. Het is de kunst om de invloed van het medegebruik van de waterkering op de gebruikelijke faalmechanismen te bepalen en na te gaan of er eventueel nieuwe faalmechanismen worden geïntroduceerd. De aanwezigheid van een op staal gefundeerd huis op de kruin van een dijk, bijvoorbeeld, zal de kans op cirkelvormige afschuiving van het talud vergroten. Als het huis aan de hiel of teen van de dijk staat, zal het de constructieve veiligheid van de dijk daarentegen vergroten, omdat het bijdraagt aan de weerstand tegen afschuiven.

De methode van kwalitatieve verificatie is gevalideerd aan de hand van vier praktijkgevallen, waaronder de kustbescherming van Katwijk aan Zee. De opgave bestond in dat geval uit het verbeteren van de zeewering en het oplossen van het parkeerprobleem op de boulevard. De gerealiseerde oplossing bestaat uit een verbreding van het strand, een dijk in de duinen en los daarvan een ondergrondse parkeergarage. Voorendt ontwikkelde enkele alternatieve concepten, waarbij de waterkering en garage wel constructief werden geïntegreerd en er nadrukkelijk naar is gestreefd om vanaf de promenade uitzicht te hebben over zee. Figuur 4 toont een ambitieus concept, waarbij de constructieve elementtypen zijn aangegeven met cijfers. De garage biedt zijdelingse steun aan de waterkerende muur, waardoor deze minder diep hoeft te worden ingeklemd in de ondergrond en ook slanker kan worden uitgevoerd. Realisatie van dit alternatief zou echter alleen mogelijk zijn, wanneer verantwoordelijke partijen duidelijke afspraken maken over beheer, inspecteerbaarheid, mogelijkheden voor onderhoud of reparatie, en financiering.



Figuur 4. Ambitieuw multifunctioneel alternatief voor de kustverdediging van Katwijk aan Zee

Dit laatste is echter niet altijd eenvoudig, onder andere omdat betrokken partijen, zoals gemeente, waterschap, NGO's, burgers, provincie, en Rijkswaterstaat, verschillende verantwoordelijkheden en belangen vertegenwoordigen; wet- en regelgeving in verschillende domeinen elkaar soms tegenzit; en de verschillende culturen van ruimtelijk en technisch ontwerp niet automatisch tot dezelfde oplossingen leiden. Het derde en laatste artikel in deze serie zal beschrijven hoe de verschillende culturen van ruimtelijk en technisch ontwerp in één proces gecombineerd kunnen worden, waarbij de diverse belanghebbenden worden betrokken en bestuur- en beheeraspecten worden meegenomen.

Xue Xue Chen, Baukje Kothuis en Mark Voorendt zijn onderzoekers aan de TU Delft.