UNIVERSITY OF AMSTERDAM

UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Finite element analysis of levee stability for flood early warning systems

Melnikova, N.B.

Publication date
2014

Link to publication

Citation for published version (APA):
Melnikova, N. B. (2014). *Finite element analysis of levee stability for flood early warning systems*. [Thesis, fully internal, Universiteit van Amsterdam].

General rights
It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations
If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: https://uba.uva.nl/en/contact, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

UvA-DARE is a service provided by the library of the University of Amsterdam (https://dare.uva.nl)

Download date:16 Dec 2025

Chapter 9 Nederlandse Samenvatting

In deze dissertatie wordt het probleem bestudeerd van het toepassen van eindige-elementenanalyse (EEA) van dijkstabiliteit in een functionele workflow van een waarschuwingssysteem voor overstromingen ('early warning system', voorts EWS). Voor de eerste keer in de praktijk van dijkmonitoring hebben wij de eindige-elementenmodule Virtual Dike ('virtuele dijk') geïntegreerd in het UrbanFlood EWS systeem en de voordelen van zo'n integratie bestudeerd, waaronder de uitkomst van het Virtual Dike solowerk en de uitkomst van diens interactie met de kunstmatige intelligentie (AI) module. Virtual Dike is de eerste eindige-elementenmodule geworden voor dijkmonitoring die werkt met rechtstreekse sensordata, die real-time alarmen bewerkstelligt en die interacteert met andere EWS componenten, volgens de EWS workflow.

Het eerste wetenschappelijke vraagstuk van deze dissertatie was het principiële vermogen van een rekenkundig dijkmodel om adequaat de complexe fysische processen te simuleren die optreden bij bezwijken en om bezwijken correct te voorspellen bij voorgeschreven belastingen. Gezien de enorme hoeveelheid sensordata die waren geregistreerd voor de gedocumenteerde belastinggevallen, hadden wij een unieke mogelijkheid voor validatie van ons rekenmodel. Er zijn drie succesvolle validatieanalyses gedaan van ons model voor echte dijken: een stabiele dijk in Groningen (de Livedike), de rivierdijk in Boston die gevoelig is voor incidenteel bezwijken van de helling bij een grote getijdevariatie tijdens springtij, en een experimentele dijk op ware grootte die met opzet tot bezwijken werd gebracht tijdens de reeks IJkDijk-2012 experimenten. Het IJkDijk-experiment van hellingsbezwijking in Bad Nieuweschans in Nederland is de ultieme validatie van de Virtual Dike module geworden en tevens een winnaar van de speciale wedstrijd voor de beste bezwijkingspredictie die kort voor de test in het leven werd geroepen (http://ijkdijk.rpi.edu). Verscheidene commerciële bedrijven en wetenschappelijke organisaties die dijksystemen modelleren namen deel aan de competitie; ons rekenmodel gaf de beste klasse A-voorspelling voor het macro-instabiliteitexperiment in de zuidelijke dijk, volgens de jury (http://www.urbanflood.eu; Koelewijn, 2012). Het Virtual Dike model voorspelde exact de simulatiemodus (hellingsverzakking) en de ineenstortingsfase in de belastingreeks. Vergelijking a posteriori van kantelingen gemeten met Geobeads-sensoren met gesimuleerde verplaatsingen heeft uitgewezen dat het rekenmodel de sensordynamiek op realistische wijze reproduceert, inclusief de responsie van sensoren ten gevolge van uitgraving, containerbelasting en pompen.

Succesvolle validatie van onze module op alle drie de testlocaties, in het bijzonder op de zuidelijke dijk van het IJkDijk bezwijkingsexperiment, hebben laten zien dat ons rekenmodel in staat is om virtuele-sensorpatronen van abnormaal en normaal gedrag voor het kunstmatige-intelligentiesysteem te genereren. Deze innovatieve, hybride methode om kunstmatige-intelligentieanalyse met EEA-modeleren te combineren is door ons voorgesteld en geïmplementeerd met onze collega van het UrbanFlood-project. Het doel van de hybride benadering ligt in een typische situatie van gebrek aan sensordata van de bezwijking voor gezonde dijken. De hybride methode is succesvol getest op een numeriek model van een Livedike prototype met verzwakte bodemsterkte onder sterke stormcondities met een zeer hoog waterniveau. In de Virtual Dike module is plastische vervorming van een zanddijk onder overstromingsbelasting gesimuleerd. De dijkstabiliteit is geanalyseerd en een kritisch waterniveau werd gevonden. De EEA module genereerde tijdreeksen voor de

eerste hoofdspanning en de horizontale verplaatsing, deze werden doorgevoerd naar de AI module als trainingsets. Na de training detecteerde de kunstmatige-intelligentiemodule (AI) de start van dijkinstabiliteit met succes. De AI module liet een zeer sterke daling zien van de betrouwbaarheidswaarde van de dijkveiligheid van normaal gedrag naar anomalie. Na de detectie van de anomalie duurde het tien uur voordat de dijkinstabiliteit zich daadwerkelijk ontwikkelde, zoals geëvalueerd met het stabiliteitscriterium berekend in de Virtual Dike module.

Testen met de hybride benadering stelde ons in staat om de tweede wetenschappelijke doelstelling te verwezenlijken en gaf ons een positief antwoord op de wetenschappelijk vraag die letterlijk luidde "Kan een rekenmodel van een dijk realistische dijkbezwijkingspatronen produceren voor de training van een kunstmatige-intelligentiesysteem (AI), zodat de AI vervolgens een correcte en tijdige detectie kan maken van een bezwijking van een echte dijk?"

De derde wetenschappelijke vraag gesteld in het onderzoek was de schatting van onzekerheden die van invloed zijn op de evaluatie van dijkstabiliteit; het was belangrijk om te achterhalen hoe variaties in de bodemeigenschappen de dijkveiligheidsmarge veranderen. We hebben de invloed van variatie in bodemdiffusie op poriedrukverdeling onderzocht. Gevoeligheidsanalyse heeft laten zien dat voor grove grond (grind, grof zand), de verdeling van poriedrukamplitudes in een dijk bijna lineair is en vastligt met de randvoorwaarden op de eindpunten, terwijl de diffusiewaarde deze verdeling niet beïnvloedt. Voor fijnere grondsoorten (fijn zand, klei) is de drukamplitudeverdeling sterk non-lineair en hangt deze grotendeels af van de diffusiewaarde. Op basis van deze conclusies hebben we een nieuwe automatische procedure opgezet en geïmplementeerd voor kalibratie van bodemdiffusies in een arbitraire heterogene dijk, gebaseerd op historische sensoropnamen van de poriedruk. De procedure is met succes getest voor de Livedike kalibratie van diffusies: resultaten van simulaties met gekalibreerde bodemparameters komen overeen met experimentele data, niet alleen voor de trainingset maar ook voor een veel langere tijdsperiode. De kalibratieprocedure gebruikt een analytische oplossing die door ons is afgeleid voor het vraagstuk van getijvoortplanting in een eendimensionale, eindige, homogene watervoerende laag.

Zodoende zijn alle wetenschappelijke doelstellingen gerealiseerd. Voor de eerste keer in de praktijk van het ontwerpen van monitoringssystemen is een benadering met gedetailleerde fysische simulaties voor dijkstabiliteitsanalyse succesvol geïntegreerd in de workflow van een waarschuwingssysteem (EWS).