



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Modelling flow-induced vibrations of gates in hydraulic structures

Erdbrink, C.D.

Publication date
2014

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Erdbrink, C. D. (2014). *Modelling flow-induced vibrations of gates in hydraulic structures*.

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.

Samenvatting

De dynamische responsie van schuiven in waterbouwkundige constructies ten gevolge van de passerende stroming vormt een mogelijke bedreiging voor de waterveiligheid. De complexe interacties tussen de turbulente stroming en het schuiflichaam kunnen ongewenste trillingen induceren, dit is een proces dat niet gemakkelijk in te schatten is en niet zonder meer te vatten is in ontwerpregels. Deze dissertatie draagt bij aan een beter begrip en voorkoming van schuiftrillingsproblemen door voort te bouwen op voorgaand onderzoek en door nieuwe oplossingsrichtingen aan te dragen.

Een fysisch schaalmodel experiment is uitgevoerd om trillingen dwars op de stroming van een verticaal bewegende schuif met onderstroming te onderzoeken. Dit is gedaan voor twee schuifprofielen: een standaard rechthoekig profiel en een aangepast profiel met ventilatiesleuven in de onderrand. De geventileerde schuif ondervond significant verminderde trillingsamplituden in verdrongen toestand bij kleine schuifopeningen, dit is met name aangetoond voor de dimensieloze gereduceerde snelheid V_r in het gebied $2 < V_r < 3.5$. De data verkregen met dit experiment zijn gebruikt voor validatie van numerieke simulaties gebaseerd op fysische beginselen met de eindige elementen methode. Een 'arbitrair Lagrange-Euler'-rooster maakte een tijdsafhankelijke analyse mogelijk van het lokale stromingsveld, de drukken op de schuifrand en de resulterende beweging. De simulaties geven inzicht hoe de lekstroom van de aangepaste schuif de waargenomen bewegingsgeïnduceerde excitatie verminderen van een schuif met platte onderrand bij $V_r \approx 10$; te weten door onderdrukking van impulsinmenging vanuit de neer, hetgeen verantwoordelijk wordt geacht voor drukfluctuaties nabij de benedenstroomse rand.

Numerieke simulaties van het vrije wateroppervlak zijn gemaakt door het bewegende rekenrooster op een andere manier toe te passen. Er wordt aangetoond hoe aldus niet-hydrostatische berekeningen van de stroming rondom een vaste schuif de schuifafvoer kunnen voorspellen – wat grootschalige systeemmodellen vaak nalaten. De numerieke testen illustreren in het bijzonder hoe operationele beslissingen voor sluiten en openen onderbouwd kunnen worden, eventueel met behulp van een geautomatiseerd regelsysteem, opdat afvoeren en stroomsnelheden minimaal nadelige gevolgen hebben voor lokale erosie, ecologie en trillingen.

De installatie van sensoren op schuiven van waterbouwkundige constructies vormt een kansrijke manier om kritische trillingen te voorkomen, dit idee wordt in dit werk geïntroduceerd. Een datagestuurd ('data-driven') systeem wordt beschreven waarin een databank wordt gevoed door continu de schuifversnellingen te meten. Vervolgens wordt machinaal leren toegepast om de waargenomen amplitudes te classificeren als functie van schuifopening en dimensieloze gereduceerde snelheid; zodoende traint het systeem zichzelf voor evaluatie van toekomstige toestanden. Het voorgestelde regelsysteem is gericht op een tijdige herkenning van risico's op stromingsgeïnduceerde trillingen, zodat geschikte operationele ingrepen mogelijk zijn.

Naast het gebruik van trillingsmetingen voor validatie van een numeriek simulatiemodel gebaseerd op fundamentele vergelijkingen en voor het demonstreren van regel-mogelijkheden, is nog een derde gebruik verkend. Evolutionaire algoritmen vormen een groep heuristische rekentechnieken die recentelijk hun enorme reikwijdte zijn begonnen prijs te geven. In deze dissertatie wordt het 'differentiële evolutie'-algoritme gebruikt om de coëfficiënten van tweede-orde differentiaalvergelijkingen van tijdsignalen te identificeren. Van speciaal belang zijn trillingen door zelf-excitatie, die zeer gevaarlijk zijn voor schuiven en normaliter gepaard gaan met niet-lineaire dempingstermen. Numerieke experimenten van de voorgestelde methode gaan uit van vaste vergelijkingsstructuren en hebben enkel de snelheid op de eerste tijdstap nodig. Bovendien wordt beschreven hoe de techniek kan worden uitgebreid om de bewegingsvergelijking te herleiden aan de hand van een tijdsignaal van de ophangingskracht. Beoogde toepassingen zijn het herkennen van zelf-excitatie voor gebruik in waarschuwingssystemen en analyse van niet-lineaire systemen in het algemeen.

In het abstractere laatste hoofdstuk wordt hetzelfde evolutionaire algoritme toegepast om numerieke rekenalgoritmes af te leiden voor differentiaalproblemen met bekende oplossingen. De coëfficiënten van rekenmethoden voor eindige differenties en numerieke integratie zijn automatisch gegenereerd. Het meest interessante resultaat behelst 'reverse engineering' van nieuwe vijfde-orde Runge-Kuttaschema's met opmerkelijke nauwkeurigheid, gebruikmakend van de ordeconditievergelijkingen voor evaluatie van de 'fitness'. Dit onderdeel van de studie kan van waarde zijn voor toekomstige ontwikkelingen in het ontwerpen van geavanceerde numerieke methoden.