waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

studie golfopwekking

inventarisatie van modelverstoringen

verslag onderzoek

R 702 deel VII

D 57

december 1983

toegepast onderzoek
waterstaat

studie golfopwekking

inventarisatie van modelverstoringen

verslag onderzoek

R 702 deel VII

D 57

december 1983

tow
toegepast onderzoek
waterstaat

INHOUD

BIJLAGEN

STUDIE GOLFOPWEKKING

Inventarisatie van modelverstoringen

1. Inleiding

Door de Direktie Waterhuishouding en Waterbeweging werd in 1971 aan het Waterloopkundig Laboratorium opdracht verleend om de methode van golfopwekking in modelfaciliteiten nader te bestuderen. Aanleiding tot deze opdracht was de constatering van verstoringen bij morfologisch onderzoek, die hun oorsprong vonden in de wijze van golfopwekking. In het kader van Toegepast Onderzoek Waterstaat (T.O.W.) heeft de werkgroep "Golfopwekking" intensief het verschijnsel van hogere harmonische stoorgolven in golfgoten onderzocht. Hierbij wordt verwezen naar de verslagen van de studies R 702 I...V en R 1454. Het onderzoek naar deze modelverstoringen is voorlopig afgerond.

Om te onderzoeken of het zinvol zou zijn dat de werkgroep zijn aandacht verlegt naar andere modelverstoringen is de onderhavige inventarisatie uitgevoerd. Eventueel zou dit kunnen leiden tot het wijzigen van de taak van de werkgroep in meer algemene zin met betrekking tot modeltechniek. Deze studie is uitgevoerd door ir. J. Wouters van het Waterloopkundig Laboratorium. Hij stelde ook dit verslag samen.

2. Doel van de studie

Het doel van de onderhavige studie is het inventariseren van verstoringen, die een juiste reproduktie van in de natuur voorkomende verschijnselen in een fysisch (schaal-)model beïnvloeden.
De volgende opmerkingen kunnen hierbij worden gemaakt:

- de betreffende modelonderzoeken moeten van belang zijn voor het onderzoekgebied van T.O.W.-Kustonderzoek,
- de mate, waarin de verstoringen het te onderzoeken verschijnsel beïnvloeden, moet hinderlijk zijn,
- de benodigde inspanning voor de detektie en eventuele eliminatie van het verstorende verschijnsel moet de moeite waard zijn ten opzichte van het nuttig effect hiervan.

Verder beperkt de inventarisatie zich tot:

- stroom- en golfmodellen,
- modelverstoringen; dit betekent dat schaaleffecten buiten beschouwing blijven.

3. Werkwijze

De inventarisatie is samengesteld aan de hand van gesprekken, die de auteur heeft gehad met leden van de volgende werkgroepen van het T.O.W.-Kustonderzoek:

- Refractie-diffractie,
- Snelheidsveld in golven,
- Kuststromingen,
- Zandtransport.

In deze gesprekken zijn achtereenvolgens de volgende punten aan de orde gekomen:

- Voor welke (of voor wat voor type) studies is binnen het kader van T.O.W.-Kustonderzoek de komende jaren onderzoek te verwachten met behulp van één van de in hoofdstuk 4 genoemde modeltypen?
- Wat is de te verwachten prioriteit van deze studies?
- Welke modelverstoringen zouden hierbij eventueel kunnen optreden?
- Wat is het belang van de verstoring in relatie tot het te onderzoeken verschijnsel?
- Algemene opmerkingen ten aanzien van de aanpak van eventuele modelverstoringen.

In hoofdstuk 6 zijn de resultaten van deze gesprekken samengevat, terwijl in Bijlage I een uitgebreidere weergave hiervan wordt gegeven.

4. Indeling modeltypen

Binnen het kader van deze inventarisatie zijn alleen golf- en stroommodellen beschouwd. Andere onderzoekgebieden, zoals sedimenttransport, zijn in deze inventarisatie niet bestudeerd. De inventarisatie omvat tweedimensionale modellen (in goten) en driedimensionale modellen (in modelbassins).
Dit leidt tot de volgende zes modeltypen:

- Tweedimensionale stroommodellen in goten,
- Stroommodellen in modelbassins,
- Tweedimensionale golfmodellen in goten,
- Golfmodellen in modelbassins,
- Combinatie van golven en stroom in goten,
- Combinatie van golven en stroom in modelbassins.

5. Modelverstoringen

Deze inventarisatie houdt zich bezig met modelverstoringen en dus niet met schaaleffecten. Schaaleffecten zijn afwijkingen tussen het beschouwde verschijnsel in de natuur en in het schaalmodel als gevolg van het niet voldoen aan bepaalde schaalwetten. Modelverstoringen vinden hun oorzaak in de beperkingen die het gebruik van een bepaalde modelfaciliteit met zich meebrengt.
Twee hoofdoorzaken zijn hierbij te onderscheiden:
- de beperkte ruimte, die voor het model beschikbaar is,
- de wijze van golfopwekking en/of wijze van in- en uitstroming.

Voor de in hoofdstuk 4 genoemde modeltypen kunnen de volgende modelverstoringen worden onderscheiden:

1 Tweedimensionale stroommodellen in goten
 a. verstoring bij de in- en uitstroming
 b. afwijking van het snelheidsprofiel door:
    - te geringe aanpassingslengte,
    - bodem- en wandruwheid,
 c. modelslingeringen
 d. beïnvloeding van neren en wervelstraten door modelranden.

2 Bij driedimensionale stroommodellen komen deze zelfde verstoringen voor als genoemd onder 1, alsmede:
 e. invloed van de modelsamentrekking.

3. Golfmodellen in tweedimensionale goten.
 a. verstoringen bij de golfopwekking,
 b. verstoringen bij de golfvoortplanting,

c. reflecties in het model,
d. circulaties in het model,
e. opwekking van vrije golven ten gevolge van breken en terugkaatsing,
f. modelslingeringen.

4. Bij driedimensionale golfmodellen komen dezelfde verstoringen voor als genoemd onder 3, alsmede
g. zijdelingse instabiliteit van de golven,
h. beïnvloeding van horizontale en vertikale circulatie door de modelbegrenzingen,
i. "edge-waves".

5. Bij gecombineerd stroom- en golfonderzoek treden dezelfde modelverstoringen op als voor stroommodellen en golfmodellen afzonderlijk, alsmede:
   - afwijkingen door een te geringe aanpassingslengte om stroom en golven goed te combineren.

In Bijlage II wordt nader ingegaan op de genoemde modelverstoringen.

6. Evaluatie van het belang van modelverstoringen

De mate waarin een bepaalde modelverstoring van belang is wordt mede bepaald door het feit hoe belangrijk het onderzoek is waarbij deze modelverstoringen kunnen optreden. Daarom wordt begonnen met een evaluatie van modelonderzoek, dat binnen T.O.W.-Kustonderzoek gedurende de komende jaren is te verwachten (zie ook Bijlage I).

Bij T.O.W.-Kustonderzoek is de tendens aanwezig om de aandacht in de eerste plaats te richten op het operationeel maken van wiskundige modellen met als oogmerk om deze modellen daarna te gaan verbeteren. Vandaar dat met betrekking tot het inschakelen van fysisch onderzoek in de eerste plaats wordt gedacht aan onderzoek ter verificatie van deze modellen of onderdelen hiervan. De benodigde nauwkeurigheid van een dergelijke verificatie-proef is afhankelijk van de mate van nauwkeurigheid waarmee door het wiskundig model het beschouwde verschijnsel wordt beschreven. De mate waarin modelverstoringen bij deze onderzoeken toelaatbaar zijn is hiervan een afgeleide.

Ter verduidelijking worden twee voorbeelden genoemd:

- bij de verificatie van een wiskundig model, dat de ontwikkeling van de kustlijn beschrijft als een gemiddelde verandering over een afstand van een kilometer zijn modelverstoringen, die fluctuaties in de kustlijn veroorzaken die een lengte hebben van honderd meter, niet belangrijk.
- bij een eerste orde beschrijving van golven zijn modelverstoringen, die de tweede orde componenten beïnvloeden niet van belang.

In tabel 1 is weergegeven op welke van de verschillende typen fysische modellen in de eerstkomende jaren binnen T.O.W.-Kustonderzoek de meeste nadruk zal liggen. In tabel 2 is de belangrijkheid van verschillende modelverstoringen voor T.O.W.-Kustonderzoek weergegeven. Verder wordt voor de modelverstoringen aangegeven of deze:

1. project- en/of faciliteit-gebonden zijn
2. in een ander kader worden onderzocht
3. genoegzaam bekend zijn.

Bij punt 1 kan worden opgemerkt dat modelverstoringen altijd modelgebonden zijn. Hier wordt bedoeld dat de mate dat de verstoring optreedt per onderzoek zal verschillen en het best per onderzoek beschouwd kan worden.

	Belang voor de eerstkomende jaren			mogelijk belangrijk in de toekomst
	groot	matig	klein	
Onderzoek in:				
2 dim. stroommodellen		x		
3 dim. stroommodellen	x			
2 dim. golfmodellen			x	
3 dim. golfmodellen		x		
gecombineerd:				
2 dim. stroom + golven				x
3 dim. stroom + golven				x

Tabel 1 Diverse typen fysische modellen voor T.O.W.-Kustonderzoek en mate van belangrijkheid

	Belang voor TOW-onderzoek in de komende jaren	project- en/of faciliteit gebonden	in ander kader in onderzoek	genoegzaam bekend
Stroom in 2 dim. en 3 dim. modellen				
- verstoring bij de in- en uitstroming	+	x		
- afwijking van het snelheidsprofiel				
x te geringe aanpassingslengte	+	x		
x bodem- en wandruwheid	o			x
- modelslingeringen	-	x		
- beïnvloeding neren en wervelstraten door modelranden	++			x
- invloed modelsamentrekking	-	x	x	
Golven in 2 dim. en 3 dim. modellen				
- verstoringen bij de golfopwekking	+			x
- verstoringen bij de golfvoortplanting	-			
- reflecties in het model	+	x	x	
- circulaties in het model	++(?)			
- opwekking van vrije golven ten gevolge van breken en terugkaatsing	-		x	
- modelslingeringen	+			
- zijdelingse instabiliteit van de golven	+	x	x	
- "edge waves"	-			
Gecombineerd golven + stroom	-			
- belangrijkheid moeilijk in te schatten				

Tabel 2 Indeling van modelverstoringen

7. Algemene opmerkingen en conclusies

Bij de opzet van deze inventarisatie is getracht de behoefte vast te stellen aan een eventuele werkgroep "Modeltechniek". Daartoe werden mogelijke gebruikers ondervraagd. Bij geen van hen bleek deze behoefte echt te leven. Het schatten van het mogelijke belang van modelverstoringen voor onderzoeken, die nog moeten worden uitgevoerd, werd door hen als erg moeilijk ervaren, maar over het algemeen werden modelverstoringen niet als het meest belangrijke probleem gezien.

Bij de in tabel 2 weergegeven modelverstoringen springen er twee in het oog, namelijk:

1. beïnvloeding neren en wervelstraten door de modelranden bij stromingsonderzoek,
2. horizontale en vertikale circulatie bij golven op ondiep water.

ad 1. De diameter van deze neren kan zeer groot zijn. Voor een goede reproduktie hiervan zal vaak een groot (en dus kostbaar) model nodig zijn. Een schatting van de afmetingen en de neren in het prototype is te maken door gebruik te maken van geavanceerde wiskundige stroommodellen. Verder onderzoek hiernaar ligt niet op het terrein van een eventuele werkgroep "Modeltechniek".

ad 2. De kennis over het verschijnsel in de natuur zelf is nog te gering om aan te kunnen geven of sprake is van enige modelbeïnvloeding (vandaar het vraagteken in tabel 2). Een fundamenteel onderzoek naar dit verschijnsel ligt echter eveneens buiten het werkgebied voor een werkgroep "Modeltechniek".

Wat betreft andere min of meer belangrijke modelverstoringen geldt dat zij of sterk project- en/of faciliteit-gebonden zijn of in een ander kader al worden onderzocht.

De inventarisatie leidt tot de conclusie dat er op dit moment geen noodzaak is het bestaan van de werkgroep te continueren om modelverstoringen nader te bestuderen.

Bijlage I: Soorten van onderzoek per type modelfaciliteit

In deze bijlage worden voor de zes typen modellen, zoals die in hoofdstuk 4 zijn beschreven de (binnen T.O.W.-Kustonderzoek) te onderzoeken verschijnselen en de mogelijke onderzoeken opgesomd. Alleen onderzoek met een zekere relatie tot T.O.W.-Kustonderzoek is hierbij in beschouwing genomen. Aan de hand van deze inventarisatie is tabel 1 samengesteld (zie hoofdstuk 6).

I.1 Twee-dimensionale stroommodellen

Te onderzoeken verschijnselen

- invloed van bodemoneffenheden op het stroomprofiel,
- invloed van bodemruwheid op het stroomprofiel (dit onderdeel is wellicht beter op zijn plaats bij onderzoek voor rivieren),
- interaktie van stroom en sediment,
- invloed van obstakels op het sediment.

Mogelijke onderzoeken

- fundamenteel onderzoek naar de invloed van ruwheid, bijvoorbeeld voor onderdelen van verschillende wiskundige modellen,
- stroming over een geul,
- stroming rond pijpleidingen,
- ijken van sedimentflux-meter (acoustische zandtransportmeter),
- ijken van concentratiemeter,
- ijken van snelheidsmeters.

I.2 Stroommodellen in bassins

Te onderzoeken verschijnselen

- invloed van de bodem op het stroomprofiel,
- invloed van ruwheid op het stroomprofiel,
- interaktie op het stroomprofiel,
- invloed van obstakels op het stroomprofiel en eventueel op het sediment.

Mogelijke onderzoeken

- ijken van wiskundige modellen, zoals:
  * COMOR

  * RIPCEL
  * FRIMO
- invloed van modelsamentrekking en overgangshellingen bij morfologisch onderzoek.

I.3 Twee dimensionale golfmodellen in goten

Te onderzoeken verschijnselen

- waterbewegingsonderzoek
  * snelheidsveld in golven
  * golfvoortplantingsverschijnselen, zoals energiedissipatie en desintegratie van golven
  * breken van golven
  * "set-up" en "set-down"
- combinatie golven en zand
  * detail-orbitaalschaal
  * grootschalig, bijvoorbeeld de gehele brandingszône

Mogelijke onderzoeken

- Toetsing van zandtransportformules
- Toetsing van één-dimensionale golfvoortplantingsmodellen.

I.4 Golfmodellen in bassins

Te onderzoeken verschijnselen

- diffractie
- refractie
- geulrefractie
- breken van golven
- reflectie
- dissipatie
- door golven opgewekte stromingen
- kustafslag

Mogelijke onderzoeken

- Toetsing van refractie-diffractie modellen

I.5 Combinatie stroom-golfmodellen; 2-dimensionaal

Te onderzoeken verschijnselen

- waterbewegingsonderzoek
  * snelheidsveld in stroom en golven
  * golfvoortplanting bij combinatie van stroom en golven
- combinatie van waterbeweging en zand
  * detail-orbitaalschaal
  * grootschalig

Mogelijk onderzoek

- toetsing van transportformules voor combinatie van golven en stroom.

I.6 Combinaties van stroom en golven; drie-dimensionaal

Te onderzoeken verschijnselen

- invloed van wederzijdse beïnvloeding van golven en stroom, eventueel met toevoeging van
  * door golven opgewekte stroom
  * stroomrefractie
  * verplaatsing van de brekerzône
- golfverschijnselen, zoals refractie en diffractie, in combinatie met stroom
- één en ander in combinatie met een beweeglijke bodem.

Mogelijk onderzoek

- toetsing van de programma's RIPCEL en FRIMO voor grotere gebieden
- toetsing van het programma COMOR
- toetsing van golfvoortplantingsmodellen (incl. stroominvloed).

Bijlage II: Modelverstoringen

In deze bijlage worden de in hoofdstuk 5 beschreven modelverstoringen nader beschreven. In tabel 2 is de relevantie van deze modelverstoringen voor het T.O.W. Kustonderzoek samengevat.

II 1,2 Stroom in twee-dimensionale en drie-dimensionale modellen

1a. verstoringen bij de in- en uitstroming zoals:

- de snelheidsverdeling
- de neren
- turbulentie

Dit soort verstoringen zijn sterk projectgebonden en niet of nauwelijks voorspelbaar. Eén en ander kan het beste per project worden onderzocht.

1b. te geringe aanpassingslengte

De benodigde aanpassingslengte en de wijze waarop deze kan worden beïnvloed is sterk faciliteitsgebonden. De wijze van instroming is hierbij erg belangrijk. Onderzoek hiernaar zou alleen waarde hebben voor de desbetreffende faciliteit.

Voor fundamenteel onderzoek en voor de ijking van meetinstrumenten is het noodzakelijk dat de stroomomstandigheden over enige lengte en als functie van de tijd constant zijn. Voor dit onderzoek is dit type modelverstoring dus erg belangrijk. Voor "overall" onderzoek is dit echter van veel minder belang, omdat het daarbij nodig is dat de gemiddelde stroomomstandigheid bekend is.

1c. invloed van bodem- en wandruwheid

Voor een deel is hier sprake van een schaaleffect. Bij een model wordt echter een minimale ruwheid van de bodem door de faciliteit opgelegd. Tevens is er sprake van beïnvloeding door de wanden. Een echt probleem voor onderzoek in het kader van T.O.W. Kustonderzoek vormt dit niet.

1d. modelslingeringen

Voor modelslingeringen geldt hetzelfde als voor verstoringen bij in- en uitstroming, namelijk dat dit sterk afhankelijk is van de faciliteit. De afmetingen van de faciliteit en de waterstand zijn hierbij van belang, alsmede mogelijke verstoringen bij in- en uitstroming. De laatste zijn veelal het aan-

drijvende mechanisme voor de slingeringen.

1e. beinvloeding van neren en wervelstraten door de modelranden

Neren kunnen lokaal de morfologische processen in kustgebieden aanzienlijk beïnvloeden, bijvoorbeeld bij de monding van rivieren, rond havenhoofden e.d. De stroomsnelheid in de neer is in vergelijking met de snelheid van de aandrijvende stroom vaak belangrijk.
De diameter van de neer kan zeer groot zijn. Voor een goede reproductie hiervan zal dus vaak een zeer groot model nodig zijn. Deze ruimte is soms niet aanwezig hetgeen in kan houden dat de afmetingen en snelheden van de neren in het model mede bepaald worden door de begrenzing van het model. Een goede schatting van de afmetingen van de neren in het prototype is alleen goed te maken door gebruik van wiskundige stroommodellen.

Hoewel er hier sprake is van een modeleffect, dat voor ijking van kuststromingsmodellen van belang is, is er geen reden om dit probleem gebundeld door een werkgroep nader te laten onderzoeken.

1f invloed van modelsamentrekking bij drie-dimensionaal stroomonderzoek

Bij kustonderzoek, waarbij over het algemeen flauwe hellingen zullen voorkomen is samentrekken van het model meestal noodzakelijk. Uit duinafslagproeven is voor eroderende kusten over dit onderwerp vrij veel bekend geworden; voor gevallen met aanzanding blijft dit echter een probleem. Ook hier geldt dat een aanpak van dit probleem als typisch projectgebonden wordt gezien.

II.3 Modelverstoringen bij twee- en driedimensionaal golfonderzoek

In hoofdstuk 5 is al aangegeven dat de oorzaak van modelverstoringen bij deze typen modellen terug te brengen is tot twee hoofdoorzaken n.l.:
a) de wijze van golfopwekking,
b) beperkte ruimte, die voor het model beschikbaar is.

ad a. Modelverschijnselen als gevolg van de golfopwekking

De oorzaken van modelverstoringen ten gevolge van de golfopwekking kunnen zijn:
- niet overeenkomen van de bewegingen van het schot met de orbitaalsnelheden van de golf,

- lek langs de randen van het schot en onder het schot
- onvoldoende stijfheid van het schot.

De werkzaamheden van de werkgroep "Golfopwekking" hebben zich voornamelijk bezig gehouden met de eerstgenoemde oorzaak. Hierbij is voornamelijk studie gemaakt van hogere harmonische golfverschijnselen, daar deze de meeste invloed hebben op morfologische processen. In dit kader wordt hier verwezen naar de verslagen R702 I...V en R1454.
Behalve hogere harmonische golfverschijnselen kunnen ook subharmonische golfverschijnselen optreden die door de wijze en de plaats van de golfopwekkking worden bepaald. In het kader van eigen speurwerk van het Waterloopkundig Laboratorium wordt hieraan aandacht besteed. Voor morfologisch onderzoek lijken deze golfverschijnselen niet van groot belang. Een uitzondering hierop is onderzoek waarbij de plaats van de brekerzône van belang is, omdat deze door dit soort verschijnselen kan worden beïnvloed.

Het ontstaan van golven loodrecht op de voortplantingsrichting kan zijn oorsprong vinden in onregelmatigeheden van het golfschot, zoals lek onder het schot of langs de randen van het schot en/of kleine krommingen in het schot. Een aparte plaats in dit kader nemen de golven in die een frequentie hebben van tweemaal de frequentie van de oorspronkelijk opgewekte golf; deze dwarsgolven worden toegeschreven aan niet lineaire instabiliteit van de opgewekte golf.

Lek onder het schot heeft ook zijn invloed op de overdrachtsfunktie tussen de golfhoogte en de uitwijking van het golfschot; de golfhoogte wordt als gevolg van lek namelijk kleiner dan was te verwachten. In het golfschotsturingsprogramma dat in het kader van de studie R 702 is ontwikkeld, is een correctie voor lek aangebracht.

ad b. Beperkte ruimte, die voor het model beschikbaar is
Reflectie van de golven tegen de wanden en/of het golfschot kunnen het golfbeeld in een golfgoot of een golfbassin sterk beïnvloeden. In het kader van eigen speurwerk van het Waterloopkundig Laboratorium wordt een oplossing gezocht voor het probleem van reflectie tegen het golfschot, naar het zich laat aanzien met goed gevolg. Reflectie tegen de gootwanden kan in een tweedimensionaal model driedimensionale effecten veroorzaken. Hierbij valt te denken aan cross-waves e.d. Dit zijn echter verschijnselen, die ten zeerste bepaald

worden door het model en deze kunnen daarom ook het beste per model of faciliteit worden opgelost.

p.o. box 177 2600 mh delft the netherlands