

Nieuwe paden in het landschap van de probabilistische lekstabiliteit

Deel 1

Op 1 januari 2009 worden er nieuwe voorschriften voor de probabilistische lekstabiliteit voor vracht- en passagiersschepen van kracht die niet fundamenteel, maar wel inhoudelijk verschillen van de bestaande. Daarnaast is er tussen betrokkenen de afgelopen paar jaar heel wat afgediscussieerd over de probabilistische lekstabiliteitsmethode, wat ook weer heeft geleid tot nieuwe inzichten. In dit artikel worden de laatste ontwikkelingen op dit front besproken en wordt geïnventariseerd wat de nieuwe voorschriften op dit gebied kunnen gaan brengen.

Sinds 1992 zijn er wettelijke regels ten aanzien van de probabilistische lekstabiliteit van kracht. Hoewel sindsdien enorm veel praktische ervaring is opgedaan kan de hele materie voor scheepsontwerpers en -werven toch knellend zijn. De reden daarvoor kan gelegen zijn in de intrinsieke problemen van de methode, die in de volgende sectie worden besproken, of in het feit dat de ontwerper geen gevoel voor de materie opbouwt. En zelfs nadat de berekeningen als zodanig zijn afgerond kan de goedkeuringsprocedure de zaak behoorlijk troebelen. In de wetgevingsdocumentatie is weliswaar gepoogd om een uniforme toepassing te bewerkstelligen, maar desondanks blijkt er toch ruimte te zijn voor interpretatieverschillen. Als classificatiemaatschappijen of scheepvaartinspecties die deze berekeningen moeten keuren er een andere interpreta-

tie op na houden dan de ontwerper dan kunnen er aanmerkelijke verschillen optreden tussen een ingediende berekening en een controleberekening. Daarbij komt nog dat een ontwerper geneigd is om middels een uitgebreide optimalisatie het onderste uit de kan te halen, terwijl een keuringsinstantie daar niet altijd in de gelegenheid voor is. Al deze zaken kunnen leiden tot wederzijds onbegrip of irritatie en kunnen de keuringsprocedure vertragen.

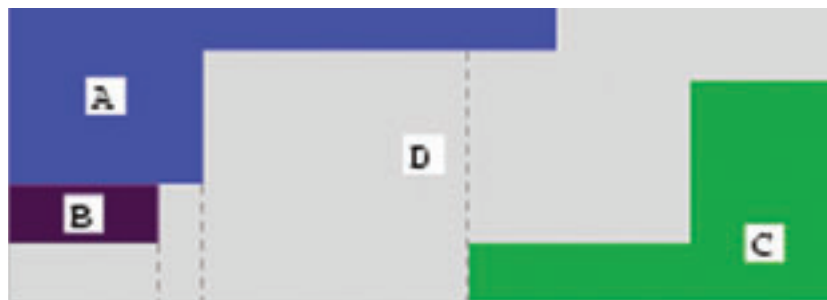
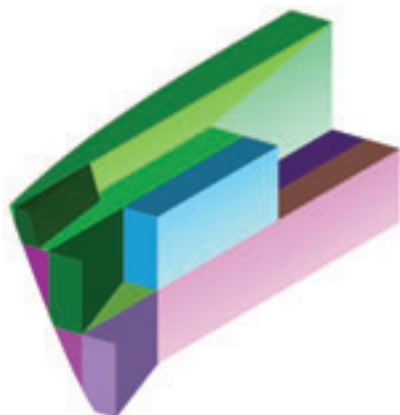
Met het doel deze situatie te verbeteren is een discussieforum tussen overheid, classificatiemaatschappijen en werven georganiseerd, waarvan de bijeenkomsten te Nulde plaats hebben gehad. Daarbij werden ook wat eenvoudige testgevallen doorgerekend, en het was frappant om te constateren hoe makkelijk er vergissingen gemaakt kunnen worden, zelfs bij deze simpele gevallen. Niet alleen hebben zich menselijke ver-

gissingen voorgedaan, maar ook systematische fouten en softwarefouten. Dit alles benadrukt het belang van een gedetailleerde communicatie tussen de betrokkenen, een conclusie die door alle participanten onderschreven werd.

Bestaande berekeningsprocedure

Een ander resultaat van de bijeenkomsten in Nulde was een duidelijker beeld van optredende problemen. Deze zijn in de literatuur eerder aan bod gekomen, bijvoorbeeld in [1] en [2]. In [3] is geconstateerd dat verschillende pakketten verschillende uitkomsten geven, wat bevestigd is in [4].

Nu wil het geval dat naar verwachting op 1 januari 2009 nieuwe voorschriften van kracht worden voor de probabilistische lekstabiliteit van vracht- en passagiersschepen, de zogenaamde geharmoniseerde voorschriften (zie [5]). Men zou kunnen hopen dat de tekortkomin-

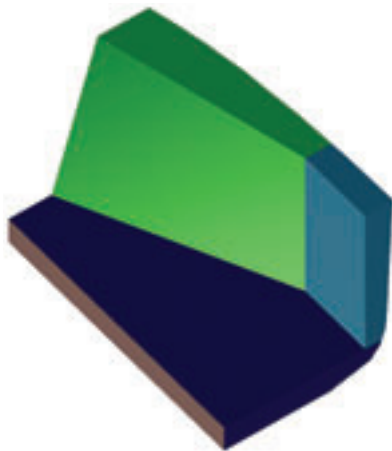


Figuur 1: Voorbeelden van niet-regelmatige compartimentsindelingen

Herbert Koelman is werkzaam bij Scheepsbouwkundig Advies en Reken Centrum (SARC), onder andere producent van de scheepsontwerpssoftwarepakketten PIAS en Fairway.

gen, waarvan sommige al een decennium bekend zijn, in zulke nieuwe voorschriften niet meer optreden maar dat is niet in alle gevallen zo, jammer maar helaas. Samengevat zijn de tekortkomingen:

1. Slechts één schade per compartiment kan in rekening worden gebracht. Een compartiment met meerdere 'takken' moet dus fictief worden gesplitst in meerdere delen.
2. De methode gaat ervan uit dat de compartimentsindeling *regelmatig* is, wat inhoudt dat elk dwarschot zich uit moet strekken over de gehele breedte en dat langsschotten en dekken moeten beginnen en eindigen op een dwarschot. In de praktijk kan echter aan deze voorwaarden niet altijd worden voldaan, zie de voorbeelden van figuur 1 die niet-regelmatig zijn. Zo'n onregelmatige indeling kan slechts door middel van een kunstmatige opdeling regelmatig worden gemaakt.
3. De methode is ontworpen voor schepen met uitsluitend verticale schotten en horizontale dekken. Compartimenten die begrensd worden door getordeerde schotten, zoals bijvoorbeeld in figuur 2 zijn niet voorzien.



Figuur 2: Getordeerd langsschot

4. De formules van de vigerende SOLAS (SOLAS 1992) leiden bij lange en smalle zijcompartimenten tot negatieve kansen. Bij de nieuwe voorschriften (SOLAS 2009) is dat echter verholpen.
5. De kans op beschadiging van twee naburige compartimenten brengt het aftrekken van de kansen van kleinere schades met zich mee. In het voor- en achterschip, waar de waterlijnen in beginnen te lopen, leidt dat mechanisme tot negatieve kansen, ongeacht de aard van de formules die gebruikt worden.
6. Bij de toelichting, de *explanatory*

notes, op SOLAS 1992 staat een heel verhaal waarmee de schade-indringing beperkt moet worden aan de hand van de regel dat de maximum indringing niet groter mag zijn dan het dubbele van de minimum indringing. Oh, zult u zeggen. Maar kijk eens naar figuur 3a, waar het geval is geschetst dat alleen compartiment 1 beschadigd raakt. Uitgaande van een binnenbegrenzing van de schade die recht moet zijn, maar schuin mag staan, is de voor de hand liggende indringing zoals getekend, met een gemiddelde indringingsdiepte b . Maar in dit geval is de minimum indringing, b_1 , nul, en is de maximum indringing b_2 dus altijd groter dan het dubbele van de minimum indringing en wordt de indringingsbeperkingsregel dientengevolge overschreden. De enige mogelijkheid om aan de regel te voldoen is met b_2 ook nul, zoals geschetst in fig. 3b, waarbij de indringing b onrealistisch klein wordt. Met holle waterlijnen zou voor dit reëel existierende schadegeval zelfs geen indringing mogelijk zijn, wat betekent dat het volgens de voorschriften niet op kan treden (althans, een kans van optreden van nul heeft)!

In SOLAS 2009 is de indringingsregel een beetje aangepast, zij luidt nu dat de gemiddelde indringing niet groter mag zijn dan het dubbele van de minimum indringing. Met b groter dan twee maal b_1 wordt ook deze regel overschreden in figuur 3a. Wat wel een toegestane indringing zou zijn hangt van de interpretatie van de regel af, als die zo opgevat wordt dat voor de gemiddelde indringing de absolute waarde van b genomen wordt en de minimum indringing alleen aan de einden bepaald wordt, dan resteert een indringing volgens de onderbroken lijn in figuur 3b. Wordt daarentegen de echte waarde van b genomen (inclusief teken) dan bestaat er geen enkele indringing die aan de regel voldoet.

Overigens had de auteur dit hele onderwerp liever vermeden, het is namelijk zinledig en verspilt uw tijd. Maar de regels zijn nu eenmaal zoals ze luiden.

7. Voor het bepalen van de kans op het optreden van een schade wordt een aan-



Figuur 3a zoals verwacht

tal vaste schadegrenzen toegepast, zoals de achterkant of de binnenkant van de schade. Dat lijkt voor de hand te liggen, maar is minder toepasselijk als de werkelijke compartimentsgrenzen wat vaag zijn. Bijvoorbeeld de (dimensieloze) achterbegrenzing van de schade is gedefinieerd in SOLAS 1992 als "de afstand van de achterkant van het schip tot het meest voorlijk gelegen deel van het achterste eind van het compartiment onder beschouwing". Maar als we de schade aan compartiment D uit figuur 1b nemen dan is het helemaal niet vanzelfsprekend wat het 'achterste eind' daarvan is, noch wat daar dan weer het meest voorlijk gelegen deel van zou zijn. Geen mens kan dit uitleggen op normatieve gronden (wat, maar dit terzijde, wellicht dan ook de reden is dat de *explanatory notes* bij SOLAS 1992 voornamelijk uit schetsen met voorbeelden bestaat, in plaats van uit toelichtende teksten).

Het hele concept van die vaste schadegrenzen is geïntroduceerd doordat in een bepaalde stap van de statistische verwerking de kansverdelingen wiskundig geïntegreerd zijn en dat kan niet anders gebeuren dan tussen vaste grenzen.

Berekeningsmethoden

Een bouwsteen van de probabilistische methode is het toekennen van een kans op schade aan elke portie van het schip. In principe maakt het niet uit welke atomische (in de zin van ondeelbare) portie genomen wordt, zolang alle porties tezamen maar het hele schip afdekken. In de praktijk zijn er een aantal keuzen komen bovendien, opgesomd van grof naar fijn:

1. Een *zone*, waarbij de zone een portie van het schip is tussen twee langs-scheepse grenzen (bijvoorbeeld dwars-schotten). Het gebruik van zones dwingt het indelingsmodel tot regelmatigheid, en vermijdt aldus een aantal van de valkuilen uit §2. Het zone-model is echter kunstmatig, het is een abstractie van de werkelijke indeling en zal als zodanig tot een minder nauwkeurig resultaat leiden. Het is desondanks frappant om te zien dat het zoneconcept vrij populair is, hoewel in SOLAS 1992 de



Figuur 3b volgens de regels

Figuur 3: Beperking van de indringingsdiepte b

zone niet eens genoemd wordt. In SOLAS 2009 worden de termen compartiment en zone afwisselend gebruikt, maar het hele begrip zone wordt er niet gedefinieerd.

2. Een *compartiment*. Dit is de meest voor de hand liggende keus, omdat zij correspondeert met de werkelijke indeling en in overeenstemming is met de terminologie van de voorschriften.

3. Een *subcompartiment*. Een compartiment als atomische eenheid hoeft nog niet eens klein genoeg te zijn. Zo hebben we in figuur 1 gezien dat er niet een enkelvoudige schade is (met vlakke achter-, voor- en binnenbegrenzing) waarbij compartiment D volledig betrokken is, maar met een fijnere onderverdeling, zoals aangegeven met de onderbroken lijnen, kan dat wel. Een ander voorbeeld staat in figuur 4, waar de aanname dat elk compartiment beschadigd wordt door één schadegeval ongeldig is voor compartiment 1. Een verdere onderverdeling van dit compartiment, in eenheden die subcompartimenten genoemd zouden kunnen worden, bijvoorbeeld langs de onderbroken lijnen, zorgt ervoor dat compartiment 1 beschadigd raakt door twee schades, te weten B-C en D-E. Vanzelfsprekend wordt er voor het bepalen van de overlevingskans altijd vanuit gegaan dat het gehele compartiment vol water loopt.



Compartiment 1 kan beschadigd raken door schades B-C en D-E

4. Niets. Als de kansfuncties niet van tevoren geïntegreerd worden verdwijnt de hele noodzaak voor vaste schadegrenzen. Als gevolg daarvan is er ook geen noodzaak meer voor een concept van atomische porties. Als de kansfuncties numeriek worden geïntegreerd in combinatie met de werkelijke geometrie van een compartiment (of een groep van compartimenten) dan kan elke compartimentsvorm in rekening worden gebracht, zelfs die met nissen, onregelmatigheden of getordeerde of kromme compartimentsbegrenzingsen. Zo'n aanpak kan niet alleen worden toegepast op het gebied van de lekstabiliteit; in [6] wordt zij ook aanbevolen voor het bepalen van olie-uitstroom bij schade.

De toepassing van numerieke integratie in deze context kan een beetje vergele-

ken worden met de inzet van numerieke methoden in de sterkteleer. Ooit werden complexe constructie geschematiseerd, zodat met de bekende vuistformules of de vergeet-me-nietjes de spanningen benaderingsgewijs werden bepaald. Later kwam het inzicht dat het handiger is om zo'n constructie in eenvoudige elementen op te delen en met de computer middels een eindige elementen methode te analyseren.

Afsluiting

Dit eerste deel bevat de algemene kenmerken van de bestaande en nieuwe regelgeving. Het tweede deel, wat volgende maand verschijnt, zal dieper ingaan op de mogelijkheden en werking van een specifiek computerprogramma voor deze materie.

Literatuur

- [1] H.J. Koelman. Achtergrond van en ervaring met de probabilistische lekberekening. *Schip en Werf de Zee*, pages 20–24, 7/8 1996.
- [2] H.J. Koelman and J. Pinkster. Rationalizing the practice of probabilistic damage stability calculations. *International Shipbuilding Progress*, 50(3):239–253, 2003.
- [3] P. van Dyck. The changing face of naval architecture. *The Motor Ship, October*, pages 60–61, 2004.
- [4] E.S. Ravn, J.J. Jensen, J. Baatrup, A. Papanikolaou, G. Zaraphonitis, E. Eliopoulou, D. Vassalos, C. Tuzcu, T. Santos, S. Ferreira, and C. Guedes Soares. Robustness of the Probabilistic Damage Stability Concept to the Degree of Details in the Subdivision. *Ship Technology Research*, 49:151–159, 2002.
- [5] MSC. MSC 80/24/Add.1: Report of the Maritime Safety Committee on its eightieth session, 6 2005.
- [6] MEPC. MEPC Resolution MEPC.110(49): Revised interim guidelines for the approval of alternative methods of design and construction of oil tankers under regulation 13F(5) of Annex I or MARPOL 73/78, 7 2003.
- [7] H.J. Koelman. On the procedure for the determination of the probability of collision damage. *International Shipbuilding Progress*, 52(2):129–148, 2005.

