

## Memo

**Aan**  
Klankbordgroep Asfalt

**Datum**  
19 maart 2009

**Aantal pagina's**  
3

**Van**  
Robert 't Hart

**Doorkiesnummer**  
(088) 33 57 256

**E-mail**  
robert.thart@deltares.nl

**Onderwerp**  
Validatie Golfklap

---

### **Validatie rekenmodel**

Alvorens een rekenmodel als operationeel rekenmodel aan willekeurige gebruikers ter beschikking te stellen, is het wenselijk het rekenmodel te valideren. De ultieme validatie bestaat uit een aantal praktijkgevallen of grootschalige proeven, waarbij schade is ontstaan volgens het mechanisme dat in het rekenmodel wordt beschreven. Beschrijft het rekenmodel deze ijkpunten, uitgaande van verwachtingswaarden voor de sterkte en de belasting correct, dan is dit, in combinatie met een goed opgezette veiligheidbeschouwing, een goed uitgangspunt voor een operationeel model.

GOLFKLAP beschrijft het begin van scheurvorming in een asfaltbekleding als gevolg van de herhaalde belasting door golfklappen gedurende een enkele storm. De ultieme validatie zou in dit geval dus bestaan uit proeven en/of praktijkgevallen waarbij het begin van scheurvorming is geconstateerd en waarbij de opgetreden belasting goed bekend is.

Die ultieme validatie is niet mogelijk, omdat het begin van scheurvorming feitelijk niet goed kan worden vastgesteld. Wat eventueel wel kan worden vastgesteld is scheurvorming die doorloopt tot aan het oppervlak van de bekleding. Voor de scheurdoorgroei is echter een wezenlijk andere, langduriger of hogere belasting nodig.

Kortom, omdat de grenssituatie die door GOLFKLAP wordt berekend, begin van scheurvorming, nog in de praktijk, nog in het laboratorium goed is te onderkennen, is de ultieme validatie niet direct mogelijk.

Daarom heeft de validatie van GOLFKLAP plaatsgevonden op grond van de verschillende bouwstenen waaruit het rekenmodel is opgebouwd.

### **Bouwstenen GOLFKLAP**

De belangrijkste bouwstenen waaruit het rekenhart van GOLFKLAP bestaat zijn de volgende:

1. De schematisatie van het materiaalgedrag
2. De schematisatie van de belasting
3. De mechanica-schematisatie van de constructie, zodat de spanningen in de bekleding kunnen worden berekend
4. Het principe van vermoeiing door herhaalde lastherhalingen zoals vastgelegd door de Minersom

Ad 1: Asfalt is een materiaal wat in vergelijking met andere bouwmaterialen lastig is te beschrijven. Het is viskeus en temperatuursafhankelijk. Dat maakt dat proeven die worden uitgevoerd om materiaaleigenschappen te bepalen onder geconditioneerde omstandigheden dienen te worden uitgevoerd. De temperatuur enerzijds en anderzijds de belastingssnelheid, danwel de frequentie van de belastingswisseling in geval van vermoeiingsproeven, zijn grootheden die bepalend zijn voor de "materiaaleigenschappen" als stijfheid en sterkte. Voor

asfaltbekledingen is verondersteld dat de maatgevende condities optreden bij een (asfalt)temperatuur van ca. 5 graden. Als maatgevende belasting wordt de golfklap beschouwd. De toe- en afname van die belasting vindt in orde 0,1 sec plaats. De belasting door golfklappen gaat niet continu door, maar na een golfklap is er eerst nog een fase van golfoploop en golfterugtrekking: de volgende golfklap slaat pas weer in na orde 5 seconden. Een rustperiode tussen de belastingspieken maakt dat asfalt meer lastherhalingen kan verwerken dan wanneer de lastherhalingen achter elkaar doorgaan. Deze extra sterkte is in het materiaalonderzoek vertaald door vermoeiingsproeven niet bij 10 Hz uit te voeren, maar bij 1 Hz.

Vermoeiingsproeven worden voor de waterbouw momenteel danook standaard uitgevoerd bij 5 graden Celsius en 1 Hz. De elasticiteitsmodulus van het asfalt, die in belangrijke mate de optredende spanning en rek in de asfaltbekleding bepaald ten gevolge van een belasting wordt wel bij 5 graden en 10 Hz. bepaald.

Ad 2: De golven van een onregelmatig golfveld geven een naar plaats en tijd zeer wisselende belasting. Om hanteerbaar te zijn in een rekenmodel is deze sterk wisselende belasting geschematiseerd. Voor iedere golf is een golfklap aangenomen. Een golfklap is in de raai tegen het talud op geschematiseerd tot een driehoekig verdeelde belasting. Op grond van metingen uit diverse bronnen zijn voor de breedte van de basis, de maximale druk en de plaats van inslag verdelingen aangenomen. Daarbij is gekozen voor relatief conservatieve waarden. Voor een asfaltbekleding wordt slechts rekening gehouden met de belastingen gedurende één stormperiode: de maatgevende storm. Dit gebeurt op grond van de volgende argumenten:

- Door de viscositeit van het bindmiddel bitumen vertoont het materiaal asfalt healing. Dit is het verschijnsel dat micro-scheurtjes die voorafgaand aan de werkelijke scheurvorming als gevolg van een zware belasting kunnen ontstaan, weer dichtvloeien als het materiaal enige tijd met rust wordt gelaten.
- Doordat de hoogste waterstand bij niet-maatgevende stormen veelal lager is, zullen veel golven breken op de onder de asfaltbekleding gelegen (steen)bekleding omdat asfaltbekledingen meestal erg hoog op het talud liggen.
- De golfbelasting tijdens niet-maatgevende stormen is geringer.

Daarom is verondersteld dat de bijdrage aan de Minersom van andere stormen die gedurende een levensduur van circa 50 jaar het asfalt belasten, verwaarloosbaar klein is.

Ad 3: Als mechanica schematisatie van de bekleding is gekozen voor een verend ondersteunde ligger (plaatstijfheid) (Winklerschematisatie). Dit is een veel gebruikte en geaccepteerde mechanica schematisatie voor een plaatvormige constructie op een min of meer homogene ondergrond.

De mechanica-schematisatie is in de proeven van 1992 geverifieerd aan de hand van een aantal forse golfklappen. De belasting die op verschillende punten in de raai midden in de goot is gemeten is op het moment van de golfklap voor het rekenmodel benaderd door een driehoekig verdeelde belasting. Met deze belasting en de mechanica-schematisatie zijn de maximale rekken berekend. Deze rekken zijn vergeleken met de rekken die onderin de bekleding zijn gemeten. De extremen van de gemeten rekken gaven een wat gebrekkige correlatie met de berekende extreme rekken te zien: de berekende rekken waren in alle gevallen (veel) groter dan de gemeten rekken. Dit maakt dat de mechanica-schematisatie, met de daarbij behorende materiaalschematisatie voor die betreffende golfklappen in ieder geval een bovengrens voor de werkelijke rekken oplevert.

Ad 4: Het model GOLFKLAP gaat uit van bezwijken van de asfaltbekleding als gevolg van vermoeiing. De schade die de belastingswisselingen gedurende de maatgevende storm

veroorzaken wordt gesommeerd over alle golven, volgens het veel gehanteerde principe van Miner. Is de Minersom kleiner dan 1,0 dan scoort de bekleding “goed”; is de Minersom groter dan 1,0, maar kleiner dan 5,0 dan scoort de bekleding “twijfelachtig” en is de Minersom groter dan 5,0 dan is de score “onvoldoende”. Omdat het rekenmodel slechts het begin van scheurvorming in de bekleding betreft en dus nog de nodige reststerkte kent alvorens de bekleding faalt, en doordat er bij het bepalen van karakteristieke waarden voor materiaalparameters geen rekening wordt gehouden met correlatie tussen deze parameter is er in de beoordelingsmethode extra veiligheid aanwezig. De afkeurgrens is daarom 5,0 boven het schadecriterium 1,0 gelegd.

Het rekenmodel is de afgelopen jaren al gebruikt voor gedetailleerde toetsingen. De gedetailleerde toetsing is een stap die wordt gezet als er twijfels zijn ten aanzien van de degradatie van het asfalt. Die gedetailleerde toetsing is in ieder geval vereist als de leeftijd van de bekleding hoger is dan 30 jaar.

Uit die toetsingen en andere berekeningen met het rekenmodel is komen vast te staan dat de asfaltkwaliteit in de praktijk de bepalende factor is. Met asfaltkwaliteit wordt specifiek de vermoeiingskarakteristiek bedoeld: de lijn die beschrijft hoeveel belastingswisselingen bij welk spanningsniveau tot bezwijken van het materiaal leidt.

De meest illustratieve ervaring met het rekenmodel GOLFKLAP betreft berekeningen van de gedegradeerde bekledingen in Friesland op de trajecten tussen Westhoek en Zwarte Haan en tussen Koehool en Westhoek. De bekleding tussen Westhoek en Zwarte Haan bleek in 2005 dusdanig slecht te zijn dat deskundigen op grond van de aantasting zoals geconstateerd in gefreesde sleuven moesten adviseren de bekleding niet meer te vertrouwen. De bekleding tussen Koehool en Westhoek bleek bij inspectie door leden van de KGA, ondanks dat ook daar sprake was van aantasting, nog acceptabel aldus het oordeel.

De uitgevoerde GOLFKLAP-berekeningen lieten voor het eerste traject een Minersom zien van 8 en voor het traject tussen Koehool en Westhoek een Minersom van 1.

Dit praktijkgeval toont aan dat de uitkomsten van GOLFKLAP in combinatie met de gekozen drempelwaarden 1,0 en 5,0 overeenkomen met het engineering judgment.

## **Samenvatting**

Samenvattend moet worden geconstateerd dat het rekenmodel GOLFKLAP als geheel niet kan worden gevalideerd aan de hand van een bezwijkproeven of bezwijksituaties uit de praktijk. De bouwstenen van het model zijn echter gebaseerd op metingen en breed geaccepteerde mechanicamodelleringen. Ervaring met het rekenmodel heeft geleerd dat de uitkomsten in combinatie met de gehanteerde grenswaarden voor de Minersom overeenkomen met het oordeel van deskundigen.