

Meso mechanica ontrafelt ZOAB

Rien Huurman, TU Delft

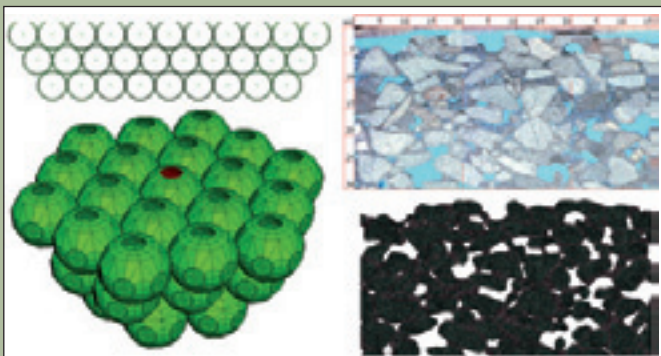
Op dit moment is ongeveer 70 % van het hoofdwegenet in Nederland voorzien van een ZOAB deklaag. De belangrijkste reden hiervoor is de geluidsreductie die door toepassing van ZOAB wordt bereikt. Het belangrijkste nadeel van ZOAB is de geringere weerstand tegen rafeling.

Over het rafelingsproces bestaat nog onvoldoende inzicht. Er is weinig bekend over de mechanische belasting op materiaalniveau, het maatgevende faalmechanisme (cohesief of adhesief) ligt niet vast, onbekend is of rafeling in de winter of in de zomer wordt geïnitieerd en ook de invloed van niet mechanische vormen van belasting (vocht, veroudering, chemische belasting, etc.) op het rafelingsproces zijn onbekend.

Ontwikkeling LOT

De TU Delft is sinds 2002 bezig met de modellering van asfaltachtige materialen op korrelniveau (meso schaal). In 2006

heeft de toenmalige DWV, de huidige DVS (Dienst Verkeer en Scheepvaart), de TU Delft opdracht gegeven voor een onderzoek naar meso mechanische

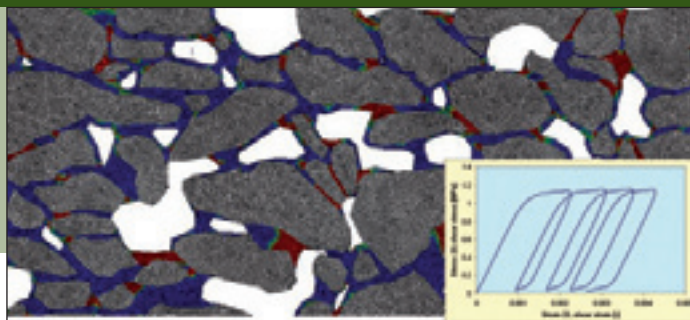
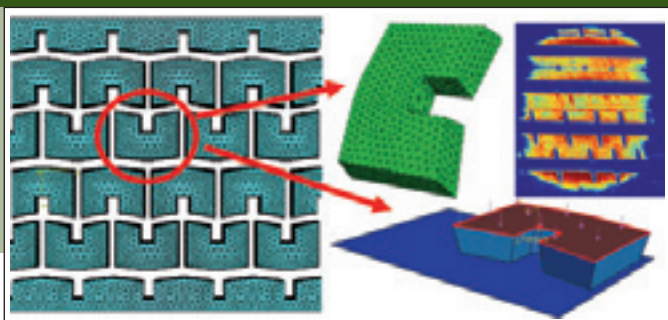


Modellen LOT

modellering gericht op de ontrafeling van het rafelingsproces in ZOAB. Het doel van dit onderzoek is de ontwikkeling van een meer fundamentele Lifetime Optimisation Tool, LOT. Een dergelijk LOT beschouwt het mengsel als een constructie bestaande uit steentjes die bij elkaar gehouden worden door mastiekbruggen. De mastiek zit op haar beurt weer met een plaklaagje ofwel adhesieve zone aan de steentjes vastgeplakt. LOT geeft inzicht in mechanica binnen het ZOAB-mengsel en berekent de belasting van de mastiekbruggen en van de adhesieve zones. Op basis hiervan kan de cohesieve (mastiekbruggen) en de adhesieve (plaklaagjes) levensduur worden bepaald. De opdracht van de DVS heeft de ontwikkeling van meso mechanische modellen aan de TU Delft een forse impuls gegeven waardoor het mogelijk werd om LOT in één jaar tijd te ontwikkelen.

Wielbelasting

Mengselmodellering op korrelniveau vraagt om belasting op korrelniveau. ZOAB voelt immers veel meer de bandspanning dan de wiellast. Uit contactspanningmetingen die in de literatuur zijn gerapporteerd is afgeleid dat individuele steentjes aan het wegoppervlak in drie richtingen worden belast. Ten eerste worden de steentjes als er een wiel passeert naar beneden gedrukt. Ten tweede worden de steentjes naar opzij gedrukt. En als laatste worden de steentjes eerst naar voren en vervolgens naar achteren gedrukt. De belasting die LOT aan het ZOAB-oppervlak aanbrengt is met metingen en berekeningen gecontroleerd door de TU Eindhoven.



Band 1

ZOAB-Hysteresis

Gedrag van mengselcomponenten

Om op meso schaal te kunnen rekenen aan ZOAB moet het gedrag van de mastiek en van de adhesieve zone bekend zijn. Hiertoe zijn proeven uitgevoerd waarmee het visco-elastische gedrag van de mastiek wordt gemeten. Ook is het vermoeiingsgedrag van de mastiek en van de adhesieve zone beproefd. Bij de interpretatie van de proeven is veelvuldig gebruik gemaakt van eindige elementen modellen. Deze modellen geven inzicht in de proeven en maken betere interpretatie van de proefresultaten mogelijk. Bovendien zijn de proefstukjes klein, ze komen qua afmetingen overeen met de schaal van het probleem, dat wil zeggen millimeters. Alle laboratoriumproeven zijn gedaan op maagdelijk én op verouderd materiaal, tevens is de invloed van vocht onderzocht.

Mengselsamenstelling

De TU Delft heeft drie typen mechanistische modellen van ZOAB gemaakt: 2D en 3D geïdealiseerde modellen en 2D foto-modellen. In de geïdealiseerde modellen wordt ZOAB gezien als een verzameling van met mastiek gebonden knikkers van steen.

Bij deze modellen laat de mengselsamenstelling van ZOAB zich vertalen in zaken als korrelgrootte, dikte van de mastieffilm en holle ruimte percentage. De 2D foto-modellen zijn gebaseerd op foto's van werkelijk ZOAB. De modellen zijn weliswaar 2D en missen daarmee de derde dimensie, ze zijn wel een één op één kopie van echt ZOAB. Door de drie typen modellen met elkaar te

vergelijken wordt de invloed van 2D versus 3D en van echt ZOAB versus geïdealiseerd ZOAB duidelijk.

Respons en schade

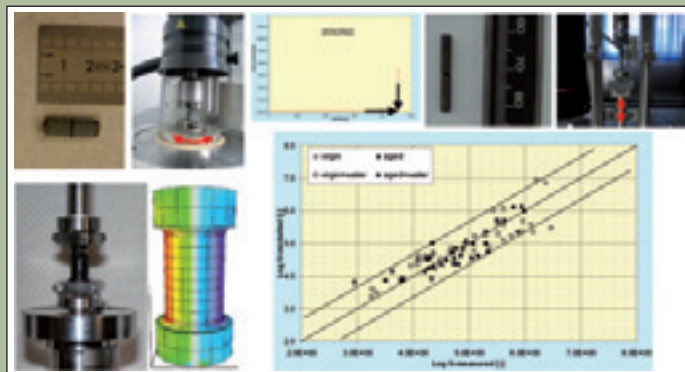
Wanneer de wielbelasting, het gedrag van de mengselcomponenten en de mengselsamenstelling worden samengebracht kan er aan de meso constructie ZOAB worden gerekend. Een respons berekening geeft inzicht in de belasting van de mastiekbruggen en van de hecht-

laagjes. Op basis hiervan wordt de levensduur van het mengsel door cohesief en adhesief rafelingsfalen bepaald.

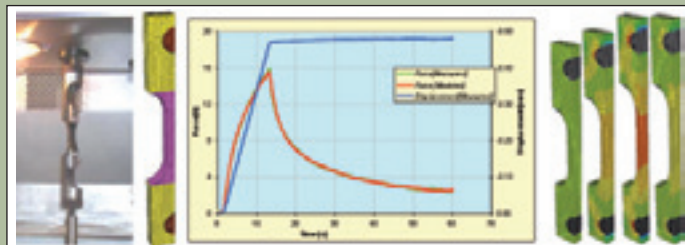
Validatie

Onder regie van de WRTH Aachen en in samenwerking met ISAC en Heijmans zijn bij STUVA in Duitsland full-scale rafelingsproeven op vier verschillende ZOAB mengsels uitgevoerd. Bij deze proeven is ZOAB bij 10 C° en 80 km/h belast door een 50 kN breedband.

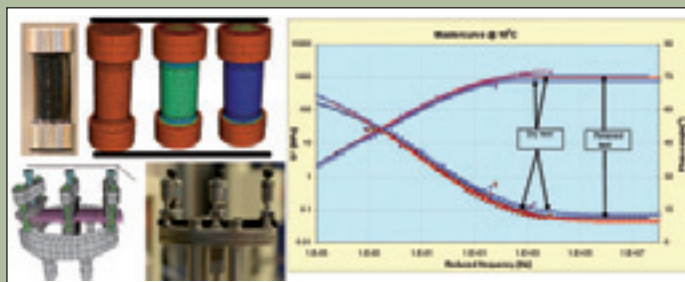
Schade in mastiek



Response 1



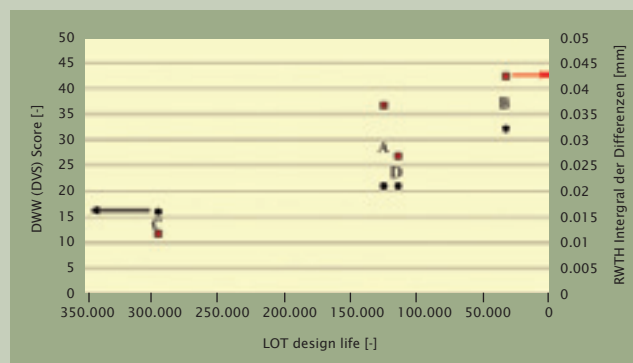
Response 2



Resultaten

De resultaten van de full-scale proeven bij STUVA in samenhang met de rekenresultaten van LOT zijn in één figuur weergegeven. Deze figuur brengt drie sets aan informatie samen. Deze informatie heeft betrekking op de vier onderzochte mengsels; A, B, C en D.

1. De door de DVS met een gedetailleerde visuele inspectie vastgestelde schade is met zwarte bolletjes tegen de linker verticale as uitgezet.
2. De door de WRTH met scans vastgestelde schade is met rode blokjes tegen de rechter verticale as van de figuur uitgezet.
3. De horizontale as geeft de met LOT voorspelde levensduur. Zowel de DVS als de RWTH rafelingschade is uitgezet tegen de met LOT voorspelde levensduur.



Relatie DVS score (linkeras), WRTH score (rechteras) en de met LOT berekende levensduur (horizontale as)

De figuur geeft aan dat LOT een kortere levensduur voorspelt voor de mengsels waarin gedurende de proef meer schade is ontstaan. Hieruit volgt dat LOT is te gebruiken om een uitspraak te doen over de ontwikkeling van rafeling van ZOAB en daarmee de levensduur. Natuurlijk is deze verificatie nog te beperkt. Wel geeft de verificatie duidelijk aan dat het concept van LOT werkbaar en realistisch is. LOT opent hiermee zeker de deur naar een compleet nieuwe benadering van materiaalontwerp en het lijkt er zelfs op dat LOT in dat veld direct een bijdrage kan gaan leveren. De kracht van de ingeslagen weg ligt daarmee vast.

De breedband introduceerde wringende spanningen doordat deze een baan met een diameter van 10 meter beschreef. In totaal zijn 700.000 herhalingen aangebracht. De belasting van de band in de STUVA proef is door de TU Eindhoven in kaart gebracht.

Tijdens de proef is rafeling ontstaan. Niet mechanische vormen van schade als veroudering of de inwerking van vocht hebben in de proef geen rol kunnen spelen. De waargenomen rafeling is dus volledig en uitsluitend een gevolg van de mechanische belasting op het mengsel. De omvang en ernst van de rafelingschade aan het einde van de proef stelde de Rijkswaterstaat vast met een gedetailleerde visuele inspectie. Uit de waargenomen schade is vervolgens een schadegetal bepaald; hoe hoger dit getal, hoe meer schade.

De WRTH heeft het oppervlak van de proefvakken met scan-apparatuur zeer gedetailleerd in beeld gebracht. Het verschil tussen het ZOAB-oppervlak aan het begin en aan het einde van de proef heeft de WRTH uitgedrukt in de Integral der Differenzen. Hoe groter de Integral der Differenzen, hoe meer rafelingschade. Er zijn vier typen ZOAB beproefd. De mengsels verschilden in het type steen (grauwacke en bestone, een harde zandsteen uit Noorwegen) en in het percentage holle ruimte (circa 20 % en circa 26 %). Met LOT is voor de vier mengsels de levensduur onder de proefomstandigheden berekend. De berekende levensduur is vervolgens vergeleken met de waargenomen schade. Natuurlijk betekent meer schade in de proef een kortere levensduur in de praktijk en minder schade in de proef een langere levensduur in de praktijk.

Literatuur

De hieronder genoemde rapporten zijn in concept aan de opdrachtgever overhandigd. De rapporten zullen naar verwachting voor het einde van 2007 in definitieve vorm worden uitgebracht.

I. Lopez Arteaga, R. v.d. Steen, **Prediction of tyre/road contact stress distributions**, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, August 2007

Hinthem, P.E. van, Beers, P.J.J.M. van, Bochove, G.G. van, **LOT-rundlaufanlage, vervaardiging en transport asfaltproefplaten**, Heijmans infra, maart 2007

Institut für Straßenwesen Aachen, RWTH Aachen, **Lifetime Optimisation Tool (LOT)**, Schlussbericht, August 2007

M. Huurman, **Lifetime Optimisation Tool, LOT, Main Report**, Delft University of Technology, Section of Road and Railway engineering, Report 7-07-170-1, September 2007.