

G-WORK methode

'Verwerkbaarheid' en 'Besterven' van met Sasobit gemodificeerd warmasfalt

'Vervroegde' openstelling voor verkeer

Derk Goos
ADVIgoos

Paul Landa, Carsten Ölkens
Asfalt Kennis Centrum (AKC), Sasol Wax GmbH

Samenvatting

G-WORK methode voor het voorspellen van Verwerkbaarheid en Besterven

Oude asfaltwerkers spraken nog wel eens over het 'besterven' van asfalt. Wat bedoelden ze daar eigenlijk mee? Wel, dat is kort gezegd dat ze uit langjarige ervaring wisten dat er een moment is waarop je de vers gelegde laag aan het verkeer kunt blootstellen zonder dat alsnog sterke vervorming optrad. Ook wisten ze dat deze eigenschap per mengselsoort sterk konden verschillen en dat de mastiek (Bitumen en vulstof) een grote invloed had op dit gedrag.

Ook de verwerkbaarheid en de verdichtbaarheid van asfaltmengsels waren uiterst belangrijk voor een succesvolle inbouw. De fenomenen, verwerkbaarheid en opstijfgedrag, zijn tot nu toe ongrijpbaar en niet voorspelbaar fenomenen gebleken. De gebruikelijke verdichtingsmethoden herkennen deze eigenschappen niet.

Met de G-WORK methodiek zijn deze fenomenen kwantitatief meetbaar geworden met behulp van de standaard Gyrator-verdichter zoals die in Nederland wijd verbreid wordt gebruikt. Voor de ontwikkeling van de G-WORK methode is gebruik gemaakt van een grootschalig toegepast additief (Sasobit) dat wordt toegepast om temperatuur van asfalt te verlagen en vroegere opening voor verkeer mogelijk te maken.

De G-WORK methode is tot nu toe universeel inzetbaar gebleken voor het meten 'verwerkbaarheid' en voor 'verstijvingsgedrag' van asfaltmengsels.

Keywords

Verwerkbaarheid (Workability), Besterven en Verstijving (Stiffening, physical hardening, rigor mortis of asphalt mix), vervroegde openstelling (earlier opening to traffic), reductie bitumendampen (emission reduction), G-WORK methode, Sasobit.

Introductie:

Oude asfaltwerkers spraken nog wel eens over het 'besterven' van asfalt. Wat bedoelden ze daar eigenlijk mee? Wel, dat is kort gezegd dat ze uit langjarige ervaring wisten dat er een moment is waarop je de vers gelegde laag aan het verkeer kunt blootstellen zonder dat alsnog sterke vervorming optrad. Ook wisten ze dat deze eigenschap per mengselsoort sterk kon verschillen en dat de mastiek (Bitumen en vulstof) een grote invloed had op dit gedrag.

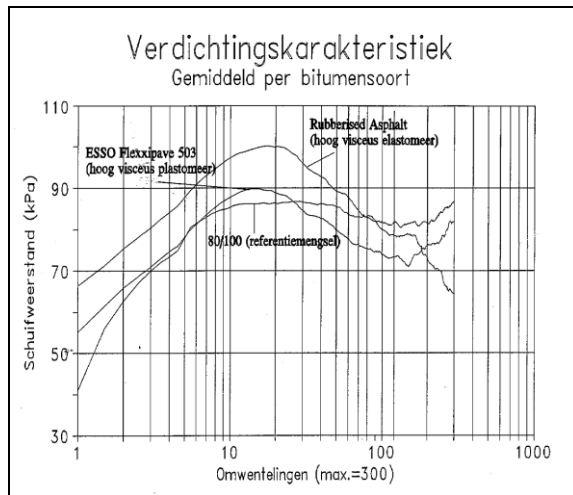
Ook de verwerkbaarheid en de verdichtbaarheid van asfaltmengsels waren uiterst belangrijk voor een succesvolle inbouw.

Deze fenomenen, verwerkbaarheid en opstijfgedrag, zijn tot nu toe ongrijpbaar en niet voorspelbaar gebleken. Probleem was met name dat de wijdverbreid gebruikte verdichtingsmethodiek met de Marshallhamer deze eigenschappen in het geheel niet herkende. Men moest in de harde praktijk uitvinden dat een mengsel onverwerkbaar bleek te zijn.

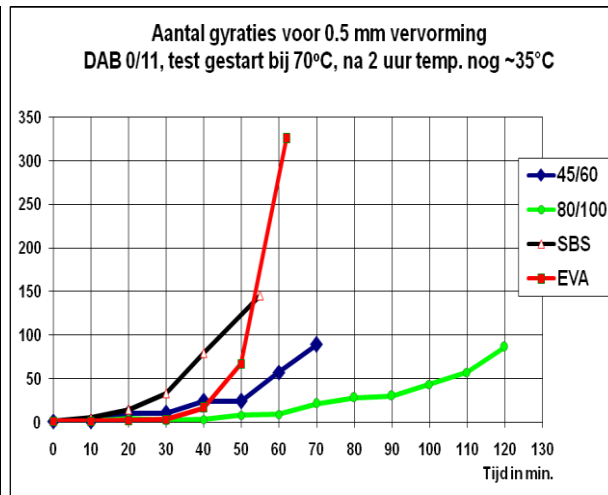
Wel zijn in de jaren negentig en aanvang 2000 enige pogingen gedaan om verwerkbaarheid en opstijfgedrag te voorspellen. De belangrijkste drijfveer was hier overigens om argumenten te vinden vanuit de bitumenindustrie waarom het gebruik van met polymeren gemodificeerd asfalt soms de voorkeur verdiende.

In 1994 hebben Goos en Bakker [1] gerapporteerd over de verwerkbaarheidseigenschappen van warmasfaltmengsels die waren gemodificeerd met commercieel verkrijgbare bitumina van dat moment (SBS, EMA, Rubberbitumen en 2 wegebouw penetratie bitumina). (Figuur 1) Deze metingen werden verricht in één van de eerste op dat moment beschikbare gyratoren in Europa bij KOAC - Groningen. Deze verdichtingstechniek was op dat moment nog volop in ontwikkeling in de USA binnen het SHRP project. De resultaten toonden een duidelijke correlatie tussen de bestaande praktijkervaring en de rangorde verkregen met de schuifspanningmeting tijdens de eerste 30-40 gyraties. Ook kon worden vastgesteld dat de viscositeit van een bitumen slechts één van de parameters is, en vaak een onbeduidende, voor de verwerkbaarheid en verdichtingeigenschappen.

Landa en Goos et al [2] hebben in 2000, in het kader van de SMA werkgroep B22, een studie uitgevoerd met een gyrator-verdichter en demonstreerden het effect op de verwerkbaarheid en de versnelde stijfheidstoename tijdens het afkoelen van met polymeren gemodificeerde bitumina op asfaltmengsels. Getest werden een DAB en een SMA, gemodificeerd commercieel beschikbare PMB's: één met elastomeer (SBS) en één met plastomeer (EVA) en ook 2 penetratiebitumina (45/60 en 80/100). Vastgesteld werd dat de met polymeer gemodificeerde mengsels meer verdichtingenergie benodigden in vergelijking met die gemaakt met penetratiebitumen. Ook werd vastgesteld dat het verstijven - het 'besterven' - sterk werd beïnvloed door de soort modificatie. Verstijving en structuurvorming trad veel sneller op bij de met gemodificeerd bitumen gemaakte asfaltmengsels. Dit gedrag correleerde met de toen uit de praktijk bekende ervaringen. (Figuur 2)



Figuur 1 Gyrator verdichting van EMA, lin. SBS en auto-bandenrubber gemodificeerd asfalt en 80/100 penetratiebitumen [1] De schuifspanning in de eerste fase correleert met bekend gedrag in de praktijk. (1994)



Figuur 2 Gyratorverdichting van 80/100, 45/60 en 2 commercieel verkrijgbare PMB's. Gemodificeerd met 5% Polybilt 106 en 3% Lineair SBS. De snel intredende verstijving door de polymeer laat toe de weg vervroegd open te stellen voor verkeer. (2000)

Vervolgens werd door de zogenaamde Temperaturabsenkung in de Duitse Gietsasfaltmarkt ervaring opgedaan met de verwerkbaarheid van met name vulstof- en bitumenmenngsels en werd een geheel nieuwe generatie rheologische verbeterde bitumina geïntroduceerd. [3]

Gebaseerd op deze ervaringen met de gyrator in het recente verleden heeft SASOL WAX GmbH aan Goos en het AKC (Asfalt Kennis Centrum - Venlo), verzocht om een methodiek te ontwikkelen waarmee kwantitatief de volgende eigenschappen kunnen worden voorspeld zoals die uit de dagelijkse omgang met SASOBIT gemodificeerde asfaltmengsels bekend zijn:

- de verbetering van de verwerkbaarheid en verdichtbaarheid gedurende de verdichtingsfase
- de mogelijkheid om een weg 'vervroegd te openen voor het verkeer' ('besterven' door verstijving en structuurvorming in het bindmiddel).

SASOBIT FT-Wax is een additief dat met het Fischer Tropsch proces wordt gemaakt en dat op grote schaal wordt toegepast in bitumen. SASOBIT wordt toegepast om de verwerkingstemperatuur van wegebouw asfaltmengsels met circa 25 á 30°C te verlagen bij gelijkblijvende verwerkbaarheid, om bij inbouw in besloten ruimten de vorming van bitumendampen en aerosolen te onderdrukken (tunnels, parkeergarages, etc.) en om in versneld tempo asfalteringswerk te kunnen uitvoeren (startbanen gedurende de nachturen). Als bijkomend voordeel geeft dit SASOBIT ook nog een drastisch verbeterde weerstand tegen permanente vervorming.

Research Hypothese:

Het effect van de verwerkbaarheid verbetering en de toename van de stijfheid - besterven - van het asfaltmengsel zijn uit de praktijk bekende fenomenen wanneer SASOBIT wordt gebruikt.

Dagelijks, buiten op de weg, zijn de verwerkings- en verdichtingsomstandigheden veelal niet optimaal en in het bijzonder dan komen de verbeterde eigenschappen tengevolge van de SASOBIT tot hun recht en worden herkend door de wegebouwer, wegwerkers en technologen.

In het laboratorium zijn de omstandigheden in feite te goed; een plotseling regenbui of sterke opstekende wind kunnen niet worden gesimuleerd in 'electronic hightech' laboratorium apparatuur.

Gebaseerd op de experimenten in het verleden werd besloten om de gyrator te gebruiken voor het vaststellen van asfaltmengselgedrag tijdens de afkoelfase. De gyrator is een verplicht gereedschap in de USA (SHRP) en ook in Nederland en nog enige landen in Europa die 'Functional Requirements' oarmd hebben voor het specificeren van asfaltmengsels.

Figuur 3:
De standaard gyrator, zonder enige aanpassing, kan worden gebruikt.

Het mengsel wordt naar boven gedrukt tegen de bovenplaat en door de 'roterende en waggelende' beweging wordt de 100mm grote bovenplaat in het 150mm grote asfaltproefstuk gedrukt.

Tijdens het afkoelen wordt gemeten hoeveel gyraties nodig zijn om een opgelegde vervorming te veroorzaken.

G-WORK methode

Gyrator meting van 'Verwerkbaarheid' en 'Besterven' van Asfaltmengsel

Vaste bovenplaat (topplaat)

Indrukking van de 100 mm topplaat in het asfaltproefstuk met een druk van 600 kPa
(Het asfaltmengsel wordt naar boven geperst in de cirkelvormige ruimte tussen de 100mm bovenplaat en de 150mm gyratormal)

De druk tegen de 100mm topplaat bedraagt 600 kPa. Dit benadert de belastingcirkel onder en de druk in een vrachtwagenband

150mm gyratormal

Asfaltproefstuk (verdicht, ca 150mm hoog)

Verwerkbaarheid / Verdichtbaarheid:

- Voorverdichting tot 95% dichtheid
- Elke 10°C, 0.5mm vergroten indrukking

Besterven / Structuurvorming:

- Verdichting tot 100% dichtheid
- Elke 10°C, 0.5mm vergroten indrukking

Gyratorhoek 0,85°

July 2015
Derk Goos - E: derk@goonline.nl
Paul Landa - E: landa@asfaltkenniscentrum.nl

De enige aanpassing aan de standaard instellingen is dat twee 150mm grote proefstukken extra moeten worden gemaakt en dat de gyrator software moet worden ingesteld alsof de 100mm gyratormal is gemonteerd. Het asfaltproefstuk wordt met een druk van 600 kPa tegen de 100mm bovenplaat gedrukt. Deze druk is vergelijkbaar me de luchtdruk in een vrachtwagenband en ook de belastingcirkel van 100mm benadert die van een vrachtwagenband.

Met deze instelling van de gyrator bleken reproduceerbare en betrouwbare resultaten te kunnen worden bepaald. En dat voor zowel de verdichtbaarheid en verwerkbaarheid en ook voor de verstijvingeigenschappen, het 'besterven' van het asfaltmengsel.

De G-WORK methodiek in foto's



De bovenplaten zijn 100 en 150mm in diameter afhankelijk van de gebruikte gyratormal.

Asfaltmengsel wordt verdicht in de 150mm gyratormal tot respectievelijk 95 en 100% theoretische dichtheid.

- 95% voor de Verwerkbaarheids- en Verdichtingsmeting.
- 100% voor de Besterven en Structuurvormingsmeting.

Na de verdichting wordt de 100mm bovenplaat in de gyrator geplaatst en de gyrator geprogrammeerd voor de 100mm Gyratormal.

Deze bovenplaat wordt vervolgens bij elke 10°C afkoeling in kleine stappen in de asfaltkern geduwd.

Het aantal benodigde gyraties per stap is een maat voor de verwerkbaarheid en de opstijving die plaats vindt. Hoe meer gyraties, hoe stijver het mengsel zich gedraagt.



Figuur 4 t/m 6
100 en 150mm gyratormal en daarboven de bijbehorende bovenplaten.

De indrukking van de 100mm bovenplaat in het asfalt is een maat voor de verstij-ving van het as-faltmengsel en de verwer kingsei-genschappen.

Rechtsboven:
Temperatuurgever



Figuur 7 De 150mm mal na de test met de indrukking door de 100mm bovenplaat. De temperatuursonde is rechtsboven zichtbaar

Testprotocollen

Er zijn 2 testprotocollen opgesteld voor het bepalen van:

- **verwerkbaarheid / verdichtbaarheid** van voorverdicht, tot 95% van de theoretische dichtheid. Dit simuleert de situatie achter de afwerkbalk en na een eerste walsovergang
- **verstijving /structuurvorming** die plaats vindt in een tot 100% van de theoretische dichtheid verdicht asfaltmengsel tijdens de afkoelfase. Dit simuleert de mogelijkheid om een wegvak 'vervroegd' open te stellen voor verkeer.

Resultaten van Verwerkbaarheid- en Opstijvingsmetingen (Besterven):

Algemeen opmerkingen:

We weten uit ervaring dat de thermische historie waaraan een asfaltproefstuk is blootgesteld en ook de tijd verlopen tussen produceren en testen van het proefstuk, een hele grote invloed kan hebben op de meetresultaten. In het bijzonder in dit onderzoek waarin opstijving en chemische structuurvorming in het asfaltmengsel wordt bepaald. Daarom zijn de 3 mengsels in één keer morgens gemaakt, bij 150°C in de oven bewaard, en dezelfde dag achterereenvolgens gemeten door dezelfde laborant en in dezelfde apparatuur en onder dezelfde condities.

Op deze wijze zijn consistente resultaten verkregen die een goede rangvolgorde mogelijk maken van de verschillende recepturen.

Verwerkbaarheid / Verdichtbaarheid:-

Voor de verwerkbaarheid zijn 2 samenstellingen gemeten. Met 0 en 3.0% SASOBIT modificatie.

De data zijn verzameld en grafieken zijn gemaakt waarin het cumulatieve aantal gyraties zijn vermeld als functie van de temperatuur. Ook zijn grafieken gemaakt waarin de maximaal optredende schuifspanning is vermeld als functie van de temperatuur. (Hoe hoger de schuifspanning, hoe meer het asfalt zich verzet tegen vervormen).

Deze grafieken kunnen ook worden gemaakt als functie van de tijd gedurende het afkoeltraject. Met name dit levert interessante gegevens op voor de aannemer en de opdrachtgever. Tijd is een belangrijke indicator voor kosten en het risico van verkeershinder en vroegtijdige beschadigingen.

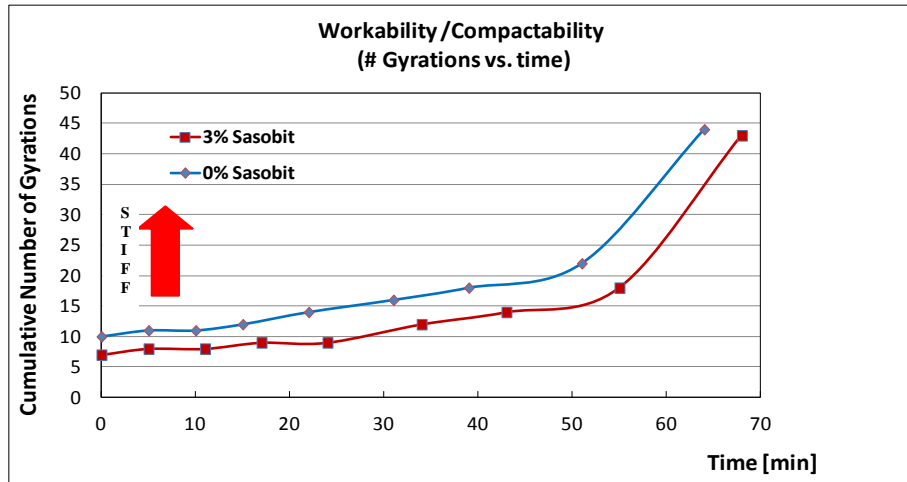
In grafiek 1 heeft de SASOBIT modificatie slechts 7 gyraties nodig en zonder SASOBIT 10 (30% minder) voor het bereiken van de ingestelde vervorming. Ook is meer tijd beschikbaar voor de voorverdichtingsfase (~8%) tot het moment dat plotseling de stijfheid sterk toeneemt (aantal gyraties). In grafiek 2 is het aantal gyraties afgezet tegen de temperatuur als parameter.

De schuifspanning, die deze gyrator ook kan meten, blijkt vrijwel niet op de aanwezigheid van het SASOBIT te reageren. Dit betekent, vertaald naar de praktijk, dat het type wals en het gewicht daarvan hetzelfde kan blijven.

Grafiek 1:
Proefstuk:
Voorverdichting 95%

Aantal gyraties benodigd voor het verhogen van de verdichting met 0.5%. (0.7mm indringing)

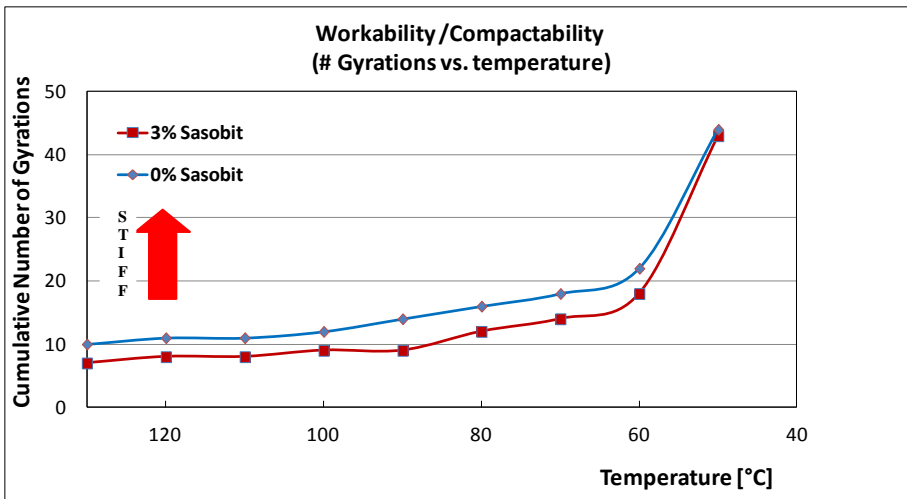
Commentaar:
Met SASOBIT zijn 30% minder walsovergangen nodig om dezelfde verdichting te bereiken.



Grafiek 2.
Proefstuk:
Voorverdichting 95%

Het verloop van de krommen tegen de tijd (Grafiek 1) en tegen de temperatuur (Grafiek2) is vrijwel identiek.

Commentaar:
Met SASOBIT zijn 30% minder walsovergangen nodig om dezelfde verdichting te bereiken. Tijdwinst bij de uitvoering!



Verstijving en Structuurvorming:

Voor de evaluatie van de stijfheidsopbouw en de Structuurvorming, ook wel 'physical hardening' genoemd, in de volledig verdichte en afkoelende asfaltlaag zijn 3 recepturen getest: 0, 1.5 en 3.0% SASOBIT modificatie.

De data zijn verzameld en in grafieken gepresenteerd, te weten het cumulatieve aantal gyraties benodigd als functie van de temperatuur (grafiek 3). Ook is een grafiek gemaakt waarin de cumulatieve aantal gyraties als functie van de tijd worden getoond. (grafiek 4) Deze voorstelling geeft een goed overzicht van wat er gebeurt in de asfaltlaag. SASOBIT gemodificeerd asfalt bouwt veel eerder stijfheid op dan niet gemodificeerd asfalt. (50% kortere tijd tijdens de eindfase van de verdichting). Tussen met 1.5 and 3.0% SASOBIT gemodificeerd asfalt is nauwelijks verschil in het aantal benodigde gyraties.

In de grafiek 5 is de optredende schuifspanning tegen de tijd gedurende de afkoelfase. Bij de samenstelling met 3% SASOBIT ziet men duidelijk dat na circa 25 minuten (90 à 80°C) reeds de stijfheid sterk toeneemt. Dit kan in de praktijk resulteren in een vervroegde openstelling aan verkeer.

Het voordeel van dit gedrag in de tijd is dat duidelijk wordt welke gedragsverandering men met SASOBIT kan bereiken tijdens de afkoelfase. De SASOBIT FT-wax moleculen beginnen te kristalliseren vanaf circa 90°C en verlenen de afkoelende asfaltlaag meer weerstand tegen vervorming. (grafiek 5). Een modificatie met 3.0% SASOBIT vertoont deze verstijvingverschijnselen nadrukkelijker dan de 1.5% formulering. De 3% formulering verdient de voorkeur voor zwaarbelaste verhardingen.

De geschetste voordelen zijn dermate groot dat de meerkosten voor SASOBIT ruimschoots kunnen worden terugverdiend door de aannemer en de opdrachtgever. Het risico tijdens de uitvoeringsfase wordt beheersbaar gemaakt.

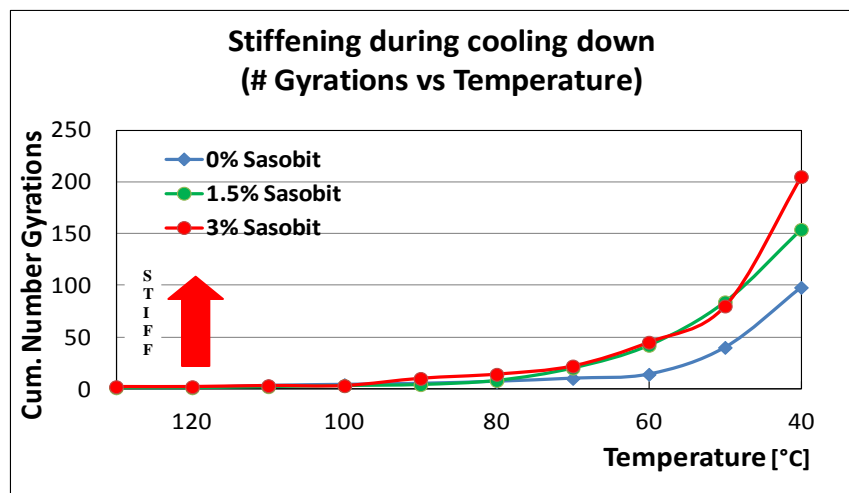
Het mechanisme achter het fenomeen zijn de thermo-dynamische eigenschappen van dit additief. SASOBIT wijzigt de eigenschappen van het bitumen drastisch in vergelijking met het basis penetratiebitumen. De temperatuur curve met SASOBIT tonen een duidelijk ander verloop in vergelijking met die van penetratiebitumen. De voorverdichtingsfase is gemakkelijker en de versnelde stijfheidsopbouw maakt vervroegde openstelling voor verkeer mogelijk.

Kristallisatie energie en gewijzigd rheologisch gedrag geven met SASOBIT gewijzigde asfalt zijn sterk verbeterd verwerkbaarheid en verdichtbaarheids eigenschappen.

Grafiek 3.
Proefstuk:
 Verdichting tot 100%

Cumulatief aantal gyraties benodigd om 0.5mm indringing te veroorzaken vs de tijd. Gemeten elke 10°C

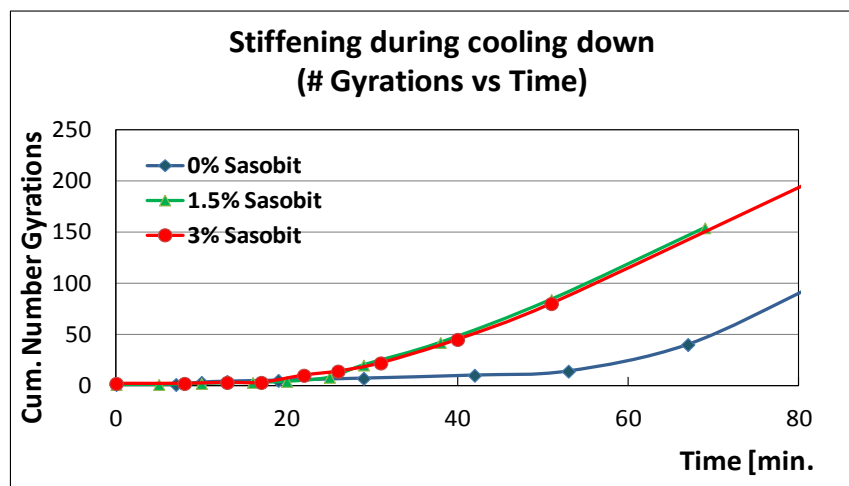
Commentaar:
 Voor hoogbelaste oppervlakken heeft 3% SASOBIT de voorkeur



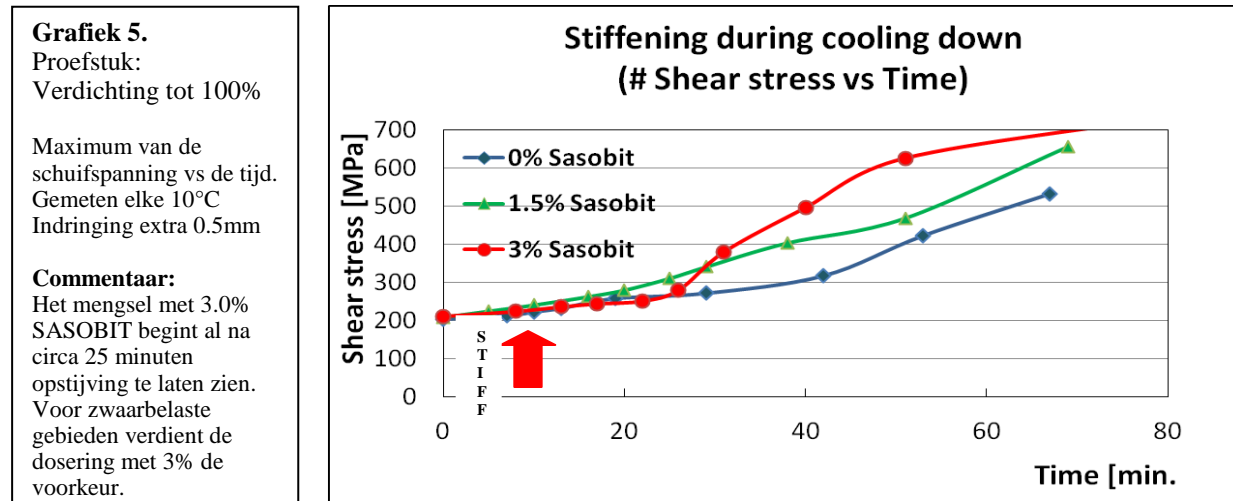
Grafiek 4.
Proefstuk:
 Verdichting tot 100%

Cumulatief aantal gyraties benodigd om 0.5 mm indringing te veroorzaken vs de tijd. Gemeten elke 10°C.

Commentaar:
 SASOBIT veroorzaakt een drastische eerder optredende verstijving. (Versnelde openstelling)



Ook in grafiek 5 waarin de maximaal optredende schuifspanning is uitgezet tegen de tijd ziet men na circa 25 minuten een snelle toename ontstaat voor de samenstelling met 3% SASOBIT. Dit betekent dat de verharding vroegtijdiger kan worden opengesteld aan het verkeer en/of dat het uitvoeringsrisico en de kans op vroegtijdige schade minimaal wordt voor aannemer en opdrachtgever.



Samenvatting:

- De ontwikkelde methodiek is universeel en toepasbaar voor het beoordelen van:
 - alle soorten asfalt en voor alle denkbare bitumensoorten.
 - asfaltmengsels met hoge percentages hergebruikasfalt, met verjongingsmiddelen, etc.
- Er is geen bijzondere apparatuur voor benodigd. Op de huidige, in elk laboratorium aanwezige standaard gyrator, kan deze test worden uitgevoerd mits men een 100 en 150mm mal beschikt.
- Inzichtelijk / voorspeld kunnen de volgende eigenschappen worden:
 - de Verwerkbaarheid en de Verdichtbaarheid (verminderen uitvoeringsrisico)
 - de Verstijving optredend tijdens het afkoelen (vervroegd openstellen voor verkeer)
- Ook de te verwachten verwerkingseigenschappen van exotische asfaltmengsels kunnen met deze methode worden voorspeld en het uitvoeringsrisico beter beheersbaar worden gemaakt.

Referenties:

[1] CROW Wegbouwkundige Werkdagen 1994 - De verdichtbaarheid van asfaltmengsels met gemodificeerde bitumina - H.C. Bakker - D.J. Goos) (Compactability of polymer modified asphalt mix with the gyrator - Linear SBS, EVA, Rubberbitumen and penetration bitumen)

[2] Onderzoek aan steenskeletten voor toepassing in Steenmastiekasfalt- Opstijfonderzoek. (Investigations on stone skelton mix - Stiffening investigation by the road engineering institute of the city of Rotterdam). Ingenieursbureau Veld- en Laboratoriummetingen - Gemeente Rotterdam (Projectcode 97830-2)

[3] EMAA Konferenz - Bilbao 2008. Niedrig Viskose Bindemittel "Möglichkeiten zur Quantifizierung der Verarbeitbarkeit von Asphalten" - Derk Goos & Ingo Nösler.
 EMAA Konferenz - Amsterdam 2011. Neues aus der Bindemittelforschung "Viskositätsabsenkung oder Quantifizierung der Verarbeitbarkeit von Asphalten" - Derk Goos

_20160621 CROW Infradagen (_2015 05 27 NL_ G-WORK - Workability and Stiffening prediction for Asphalt - DEGO(1).doc)