



e028126

29 november 2004

Testmethoden waterbouwasfaltbeton
Rapportage verificatiemetingen

Ref. nr: 045454

(+ Commentaar M.v.d. Ven)

Opdrachtnummer : e028126
Offertenummer en datum :
Titel rapport : Testmethoden waterbouwasfaltbeton - rapportage
verificatiemetingen
Status rapport :

Naam opdrachtgever : Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde
Adres : Postbus 5044
Plaats : 2600 GA DELFT
Naam contactpersoon : ing. C. C. Montauban
Datum opdracht : 19 november 2004
Kenmerk opdracht : AK/045267

Contactpersoon KOAC·NPC : ing. A.K. de Looff
Auteur(s) rapport : ing. A.K. de Looff
Ir. P. Galjaard

Rapportage

Naam:

A.K. de Looff

Handtekening:



Datum:

29 november 2004

Autorisatie

Naam:

P. Galjaard

Handtekening:



Datum:

29 november 2004

Zonder schriftelijke toestemming van KOAC·NPC mag het rapport (of certificaat) niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
2	Uitgevoerde proeven.....	5
3	Resultaten driepunts-buigproeven in SCB-portalen	6
3.1	Resultaten van proeven met een statische aangroeiende belasting	6
3.2	Resultaten van proeven met een cyclische sprongbelasting	9
4	Resultaten driepunts-buigproeven in portalen met veren	10
5	Resultaten vierpunts-buigproeven in portalen met veren	11
6	Conclusies en aanbevelingen op basis van verificatiemetingen	12
7	Probleemstelling dynamische proeven	13
7.1	Inleiding	13
7.2	Driepuntsbuigproef	13
7.3	Schuifproef	15
8	Voorgestelde oplossingsrichting	16
8.1	Inleiding	16
8.2	Oplossingsrichtingen	16
8.3	Analyse proefresultaten	17
8.4	Spreiding in proefresultaten	17
8.5	Aanpassing in huidige systematiek	17
8.6	Voorgestelde werkwijze.....	18
	Bijlage 1: Beschrijving problemen 3-puntsbuigproeven (Nijs- Hooglandpolder)	19

RIJKSWATERSTAAT Dienst Weg- en Waterbouwkunde	
Registratie nummer: 045454	Ontvangen d.d.: 30 NOV. 2004
Aantal bijlagen:	in 3 -voud.
BSD-nummer: 020.0347	Afschrift aan:



KOAC-NPC
Winthontlaan 28
Postbus 2756
3500 GT Utrecht
Tel. +31 30 287 69 50
Fax +31 30 288 78 44
utrecht@koac-npc.nl
www.koac-npc.nl

c042615

Rijkswaterstaat
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
t.a.v. de heer ing. C.C. Montauban
Postbus 5044
2600 GA DELFT

RIJKSWATERSTAAT Dienst Weg- en Waterbouwkunde	
Ter kennisname aan: AK	Ter afdoening aan: deP
Voorgaand reg. nr. 045267	Volgend reg. nr.

Datum : 29 november 2004
Projectnummer : 028126
Referentie : c042615/au/adl
Doorkiesnummer : 030 2876982
Email adres : delooff@koac-npc.nl
Onderwerp : Definitieve rapportage verificatiemetingen

bijlagen bij medew.

Geachte heer Montauban,

Hierbij doen wij u de definitieve rapportage van de verificatiemetingen op waterbouwasfaltbeton in drievoud toekomen.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

Ing. A.K. de Looff
Projectleider

Bijlage : Rapport

na afhandeling
via secretariaat
retour PAZ a.u.b.
incl. bijlage(n)

1 Inleiding

Naar aanleiding van twijfelachtige resultaten van de stijfheidsbepaling op asfalt en van metingen op een aluminium kalibratiebalk, beide verricht in de driepuntsbuigopstelling, is een onderzoek uitgevoerd naar de verschillen die optreden bij het gebruik van diverse varianten van de opstelling.

In het onderzoek zijn een drietal opstellingen onder de loep genomen:

- 3-puntsbuigproef met SCB-rollen als oplegging;
- 3-puntsbuigproef met 4-puntsbuigportalen als oplegging;
- 4-puntsbuigproef volgens standaard proefvoorschrift.

Metingen zijn verricht aan verschillende materialen:

- Een massieve stalen balk;
- Een aluminium kalibratiebalk voor de driepuntsbuigproef;
- Een aluminium kalibratiebalk voor de vierpuntsbuigproef;
- Een asfalt balk.

In deze rapportage wordt op bondige wijze verslag gedaan van de meetresultaten en worden de conclusies en aanbevelingen gepresenteerd.

2 Uitgevoerde proeven

De verificatiemetingen zijn uitgevoerd op 3 materialen (staal, aluminium, asfalt) en in drie opstellingen:

- 3-puntsbuigproef met SCB-rollen als oplegging (3pb-SCB);
- 3-puntsbuigproef met 4-puntsbuigportalen als oplegging (3pb-veer);
- 4-puntsbuigproef volgens standaard proefvoorschrift (4pb).

Bij de metingen is gebruik gemaakt van de volgende balken:

- Massieve stalen balk met doorsnede 40 x 50 mm², opleglengte 200 mm;
- Aluminium kalibratiebalk 3pb met doorsnede 7 x 50 mm², opleglengte 200 mm;
- Aluminium kalibratiebalk 4pb met doorsnede 10 x 44 mm², opleglengte 400 mm;
- Asfalt balk met doorsnede 50 x 50 mm², opleglengte 400 resp. 200 mm.

De aluminium kalibratiebalken zijn aan de uiteinden voorzien van hamerstukken in verband met een stabiele oplegging.

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de uitgevoerde proeven.

Tabel 1 Overzicht uitgevoerde proeven

Proef	Opstelling	Sturing	Type balk			
			Staal	Alu 3pb	Alu 4pb	Asfalt
Statische aangroeiende belasting	3pb-SCB	Kracht	x	x		
Cyclische sprongbelasting	3pb-SCB	Kracht	x	x		
Statisch aangroeiende belasting	3pb-veer	Kracht	x	x		
Cyclische wisselbelasting	3pb-veer	Kracht	x	x		x
Cyclische wisselbelasting	3pb-veer	Verpl.				x
Cyclische sprongbelasting	3pb-veer	Kracht	x	x		
Cyclische wisselbelasting	4pb	Kracht			x	
Cyclische wisselbelasting	4pb	Verpl.				x

3 Resultaten driepunts-buigproeven in SCB-portalen

3.1 Resultaten van proeven met een statische aangroeiende belasting

In de 3pb opstelling met SCB-portalen is op de stalen en aluminium balk is een aangroeiende belasting aangebracht, waarbij de optredende verplaatsing is gemeten.

op de balk zelf?

De resultaten van deze proeven zijn gegeven in de tabel 2.

Tabel 2

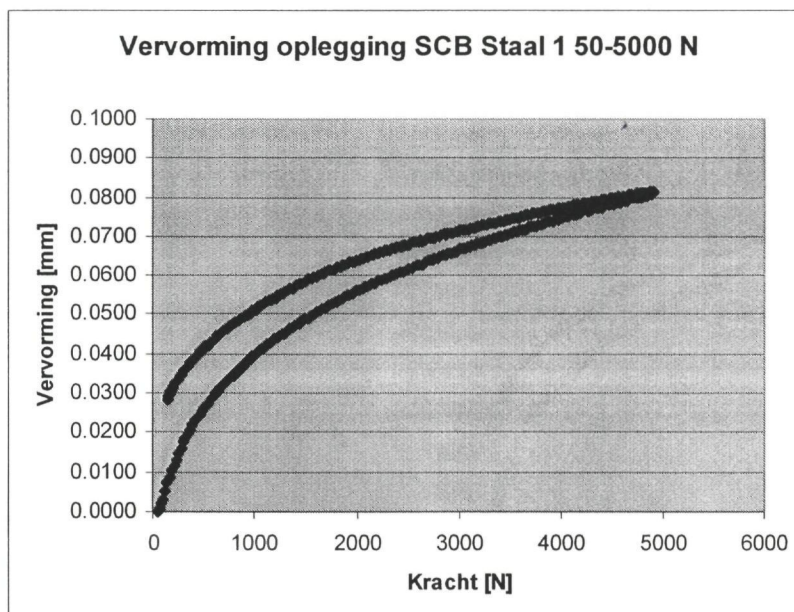
3pb SCB portalen statische groeiende belasting krachtgestuurd							
	Krachtniveau:	Koordmodulus E [N/mm ²]					
		100 [N]	200 [N]	500 [N]	1000 [N]	2000 [N]	5000 [N]
Staal		5140	6350	9100	12300	17400	27500
Aluminium		14000	15600	18000	45000	-	-

elastischiteit opplaten

Uit de tabel 2 blijkt dat:

1. de stijfheid van staal (210000 N/mm²) en die van aluminium (70000 N/mm²) niet met deze proefopstelling worden teruggevonden;
2. de gevonden stijfheid toeneemt met de aangebrachte belasting.

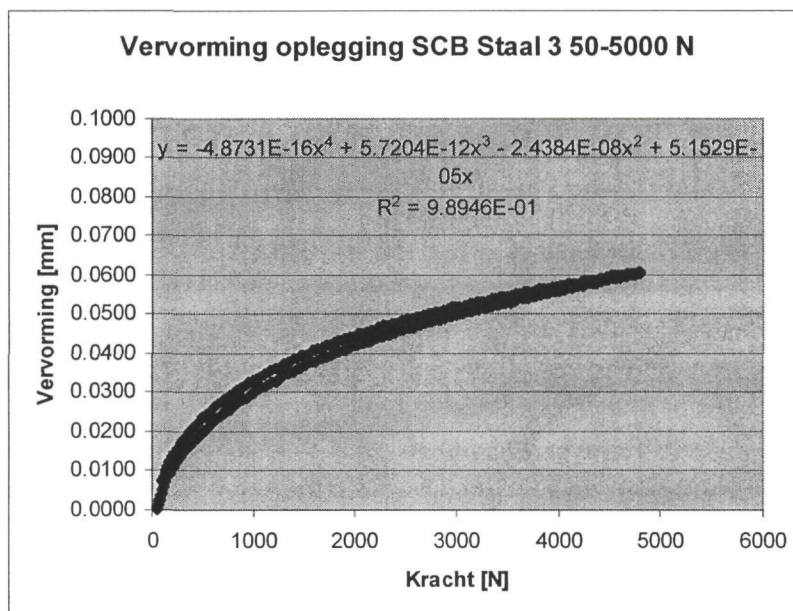
Op basis van deze resultaten is nader onderzoek verricht naar de invloed van dit type oplegging. In figuur 1 is de vervorming weergegeven die optreedt in de rolopleggingen zelf. Hiertoe is de geregistreerde verplaatsing gecorrigeerd voor de (uiterst geringe) vervormingen die in de massieve stalen balk optreden onder belasting. Deze laatste zijn op theoretische wijze bepaald aan de hand van de geometrie en bekende elasticiteitsmodulus van staal.



Figuur 1 Optredende vervorming in de SCB-rolopleggingen.

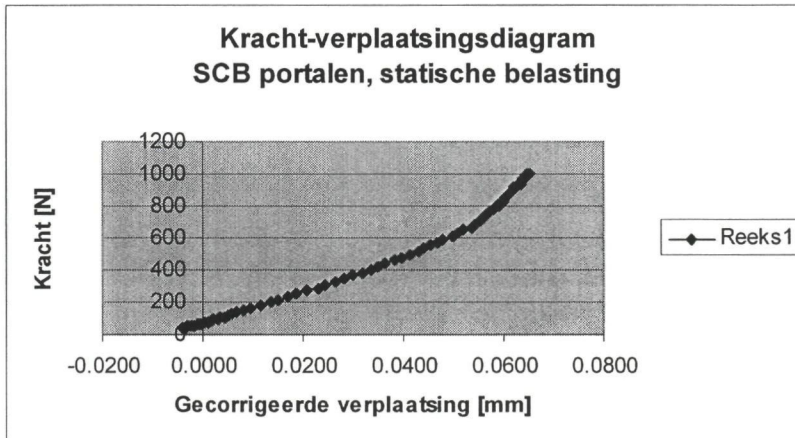
Uit figuur 1 blijkt dat de vervorming die in de rolopleggingen optreedt aanzienlijk is. Bovendien blijkt dat bij belasten een ander gedrag naar voren komt dan bij ontlasten.

De proef is nog twee maal herhaald om te zien of dit beeld zich herhaalt. In figuur 2 is het resultaat van de derde maal belasten grafisch weergegeven. Hieruit blijkt dat de curve voor belasten en ontlasten vrijwel samenvallen, hoewel een verschil blijft bestaan. De tweede maal belasten gaf een identiek beeld.



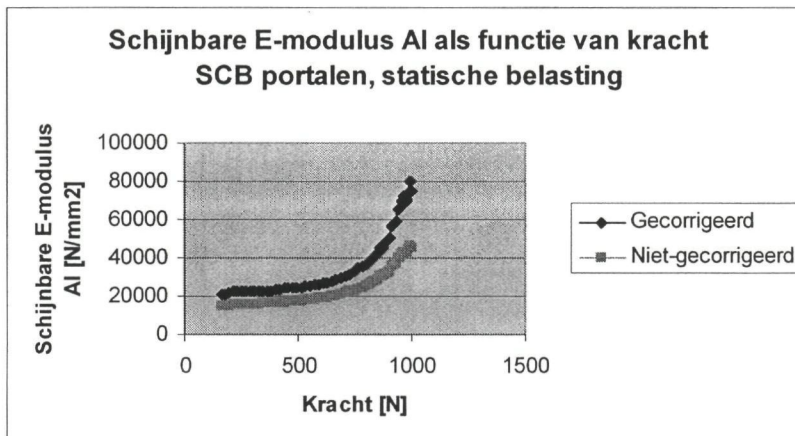
Figuur 2 Vervorming in SCB-rolopleggingen bij de derde maal belasten

Op basis van dit vervormingsgedrag is getracht de vervorming in de oplegging met een relatie te beschrijven. Deze relatie is eveneens in figuur 2 afgebeeld. Met deze is voor ieder krachtniveau een correctie te bepalen voor de geregistreeerde verplaatsingen. Dit is uitgevoerd voor de metingen verricht op de aluminium balk. Het kracht-verplaatsingsdiagram voor de aluminium balk met gecorrigeerde waarden is afgebeeld in figuur 3.



Figuur 3 Gecorrigeerd kracht-verplaatsingsdiagram voor de aluminium 3pb balk

Uit figuur 3 blijkt dat de helling van de lijn een knikpunt vertoont. Dit houdt in dat de schijnbare elasticiteitsmodulus verandert. Deze modulus is grafisch weergegeven in figuur 4 voor de niet-gecorrigeerde meetwaarden en na correctie.



Figuur 4 Schijnbare elasticiteitsmodulus van aluminium

Uit figuur 4 valt af te leiden dat de elasticiteitsmodulus slechts dan realistisch weergegeven wordt wanneer:

- de geregistreeerde verplaatsingen worden gecorrigeerd voor de vervorming in de rolopleggingen;
- en alleen bij een hoog krachtniveau

Aangezien de proeven normaalgesproken worden uitgevoerd met een belasting die varieert van b.v. 100 N tot aan een piekwaarde, zal de berekende stijfheid, ook na correctie voor vervorming in de oplegging, onjuist zijn.

3.2 Resultaten van proeven met een cyclische sprongbelasting

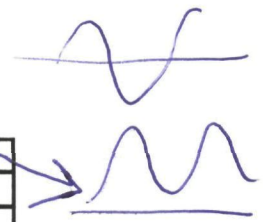
In de 3pb opstelling met SCB-portalen is op de stalen en aluminium balk ~~is~~ een cyclische sinusvormige sprongbelasting aangebracht, waarbij de optredende verplaatsing is gemeten.

hoe?

De resultaten van deze proeven zijn gegeven in de tabel 3.

Tabel 3

3pb SCB portalen cyclische sprongbelasting krachtgestuurd						
	Kracht	Keordmodulus E [N/mm ²]				
	[N]	1 [Hz]	2 [Hz]	5 [Hz]	10 [Hz]	1 [Hz]
Staal	100-2400	55898	58226	62611	63452	61963
	300-2400	68721	71772	76865	78625	69272
Aluminium	100-800	49644	50026	50308	49783	49149
	100-1600	54639	55620	55650	55835	54459



Uit de tabel 3 blijkt dat de gevonden elasticiteitsmoduli te laag zijn.

Wat is een keordmodulus?

4 Resultaten driepunts-buigproeven in portalen met veren

In de 3pb opstelling met veren zijn verschillende proeven uitgevoerd op zowel staal, aluminium en asfalt. De resultaten zijn gegeven in de tabellen 4 t/m 7.

Tabel 4

3pb Portalen met veren statische groeiende belasting krachtgestuurd							
	Krachtniveau:	Koordmodulus E [N/mm ²]					
		100 [N]	200 [N]	500 [N]	1000 [N]	2000 [N]	5000 [N]
Staal		100000	100000	110000	110000	110000	-
Aluminium		64000	66000	64000	64000	64500	-

Tabel 5

3pb Portalen met veren cyclische wisselbelasting krachtgestuurd						
	Kracht	Koordmodulus E [N/mm ²]				
	[N]	1 [Hz]	2 [Hz]	5 [Hz]	10 [Hz]	1 [Hz]
Staal	500-500	129902	134529	149489	180409	128237
Aluminium	500-500	66396	69400	75414	69078	66497
Asfalt	500-500	1409	1764	2734	3803	1150

Tabel 6

3pb Portalen met veren cyclische wisselbelasting verplaatsinggestuurd						
	Verplaatsing	Koordmodulus E [N/mm ²]				
	[µm]	1 [Hz]	2 [Hz]	5 [Hz]	10 [Hz]	1 [Hz]
Asfalt	50-50	1471	1946	2766	3583	1417

Waarom deze (T/H)?

Tabel 7

3pb Portalen met veren cyclische sprongbelasting krachtgestuurd							
	Kracht	Koordmodulus E [N/mm ²]					
	[N]	1 [Hz]	2 [Hz]	5 [Hz]	10 [Hz]	1 [Hz]	
Staal	100-1600	100128	94464	104393	109448	92610	
	100-2400	99409	104942	113979	123693	97918	
Aluminium	100-800	67912	68630	69179	69642	67321	
	100-1600	67357	67655	67542	66803	65820	

Uit de tabellen 4 t/m 7 kan worden opgemaakt dat:

- De elasticiteitsmodulus van aluminium redelijk wordt teruggevonden in de 3pb opstelling met veren bij een cyclische belasting;
- de schijnbare elasticiteitsmodulus van aluminium beter de werkelijkheid benadert dan de schijnbare elasticiteitsmodulus van staal;
- de proeven op asfalt ongeveer de zelfde waarden geven bij een krachtgestuurde meting als bij een verplaatsinggestuurde meting

5 Resultaten vierpunts-buigproeven in portalen met veren

In de 4pb opstelling met veren zijn proeven uitgevoerd op aluminium en asfalt. De resultaten zijn gegeven in de tabellen 8 en 9.

Tabel 8

4pb Portalen met veren cyclische wisselbelasting krachtgestuurd						
	Kracht	Koordmodulus E [N/mm ²]				
	[N]	1 [Hz]	2 [Hz]	5 [Hz]	10 [Hz]	1 [Hz]
Aluminium	300-300	74031	73966	73252	73132	73260

Tabel 9

4pb Portalen met veren cyclische wisselbelasting verplaatsinggestuurd						
	Verplaatsing	Koordmodulus E [N/mm ²]				
	[µm]	1 [Hz]	2 [Hz]	5 [Hz]	10 [Hz]	1 [Hz]
Asfalt	50-50	2500	3246	4456	5510	2516

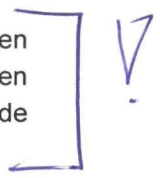
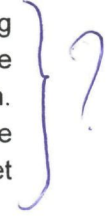
Uit tabel 8 blijkt dat de schijnbare elasticiteitsmodulus van aluminium iets aan de hoge kant is, maar de werkelijkheid dicht benadert

De stijfheidswaarden van asfalt zijn hoger dan die bepaald zijn in de driepuntsbuig-opstelling, alhoewel het zelfde gedeelte van het balkje beproefd is (t.b.v de 3pb proef is het middengedeelte uit de 4pb balk gezaagd). Een verklaring hiervoor moet wellicht gezocht worden in verschillende reksnelheden of in de grootte van de absolute rek. Nader onderzoek is hier gewenst.

Nagegaan is wat het aandeel is van de vervorming ten gevolge van dwarskracht. In de 3pb proef blijkt dit ongeveer 17% te zijn van de totale vervorming, terwijl dit in de 4pb proef ongeveer 4% is. Deze aandelen zijn dus niet verklarend voor de gevonden stijfheidsmoduli van asfalt bij beide proeven.

+ verschil 3PB → 4PB (z.o. AL)
+ invloed dwarskracht?

6 Conclusies en aanbevelingen op basis van verificatiemetingen

- 1 De 3pb opstelling met SCB rolopleggingen is niet geschikt voor het bepalen van de elasticiteitsmodulus. De oorzaak ligt in de optredende vervorming in de rollen die een groot deel uitmaakt van de geregistreeerde vervorming. Ook het corrigeren van meetwaarden voor de optredende vervorming is niet succesvol gebleken.
- 2 De 3pb opstelling met veren laat in hoge mate de werkelijke stijfheid van aluminium naar voren komen. Verwacht wordt dat dit bij asfalt ook het geval zal zijn gezien de vergelijkbare buigstijfheid van de beproefde balken.
- 3 Een rechtstreekse vergelijking van de stijfheidsmodulus van asfalt zoals bepaald in de 3pb opstelling en in de 4pb opstelling zal slechts mogelijk zijn bij een gelijk rekniveau en bij gelijke reksnelheid (in verband met het tijdsafhankelijke gedrag van asfalt).
- 4 Het aandeel dwarskrachtvervorming in de 3pb proef bedraagt ongeveer 17%. Bij de berekening van de stijfheidsmodulus is dit aandeel niet in rekening gebracht. De optredende verschillen in stijfheid volgend uit de 3pb proef en de 4pb proef kunnen er echter niet mee worden verklaard.
- 5 Aanbevolen wordt na te gaan of een eenvoudige oplegmethode van een halve beugel op een asje met een diameter van 10 mm (alleen sprongbelasting) voldoet. Het voordeel is dat alle onzekerheid m.b.t. de voorspanning met veren wordt omzeild. 
- 6 Tevens wordt aanbevolen om de beproeving op asfalt in de 4pb opstelling en de 3pb opstelling op een zodanige wijze uit te voeren dat het opgelegde rekniveau en de reksnelheid zo goed als mogelijk aan elkaar gelijk zijn. Bedacht moet worden dat compleet vergelijkbare situaties moeilijk te realiseren zijn vanwege de verschillende geometrie van beide proeven: het rekniveau als functie van de afstand tot de opleggingen verschilt immers. 

7 Probleemstelling dynamische proeven

7.1 Inleiding

Om de vermoeiingssterkte van waterbouwasfalt te bepalen wordt momenteel gebruik gemaakt van 2 proeven: de driepuntsbuigproef voor waterbouwasfaltbeton en de schuifproef voor open steenasfalt. Beide proeven leveren bij de uitvoering de nodige problemen op. In dit hoofdstuk zijn de problemen beschreven..

7.2 Driepuntsbuigproef

De volgende problemen treden op bij het uitvoeren van driepuntsbuigproeven

- a) Kruip tijdens de proef ten gevolge van voorspanning en dwarskrachten
- b) Speling in de SCB-opleggingen
- c) Gebrek aan speling in de 4-puntsbuigportalen
- d) Ongewenste vervormingen in het proefstuk en in het bitumen en de beugels tijdens bepaling Edyn

Ad a)

Doordat de balkjes kort zijn is een niet te verwaarlozen deel van de vervormingen toe te schrijven aan dwarskrachten. Op basis van de in 2003 uitgevoerde verificatiemetingen worden deze geschat op circa 17%. Daarnaast treden er permanente vervormingen in het proefstuk op ten gevolge van de voorspanning op het proefstuk en het feit dat de balk in 1 richting wordt belast. De indruk bestaat dat er regelmatig proefstukken bezwijken ten gevolge van kruip en niet zozeer ten gevolge van vermoeiing.

Ad b)

Naar aanleiding van in 2003 uitgevoerde verificatiemetingen is vastgesteld dat er speling zit in de SCB-portalen. Dit maakt deze opstelling ongeschikt om op simpele wijze de elasticiteitsmodulus van de proefstukken te bepalen. Omdat de proeven krachtgestuurd worden uitgevoerd levert deze speling geen problemen op voor het correcte verloop van de vermoeiingsproeven.

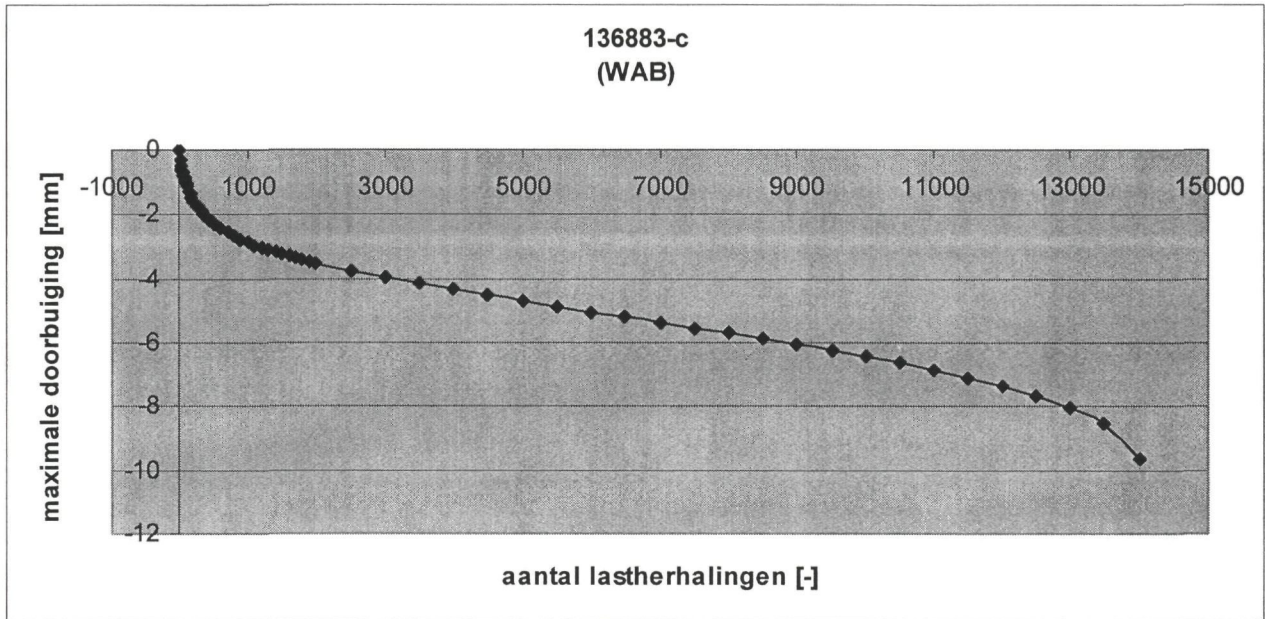
Ad c)

Indien gebruik wordt gemaakt van de portalen van de 4-puntsbuigopstelling moeten de veren uit het portaal worden verwijderd of de veren zodanig worden aangedraaid dat de speling eruit is. Hierdoor wordt een zodanige inklemming van het proefstuk gerealiseerd dat bij grote verplaatsingen van het proefstuk deze wordt verhinderd te bezwijken. Een beschrijving van de waarnemingen tijdens een proef is gegeven in bijlage 1.

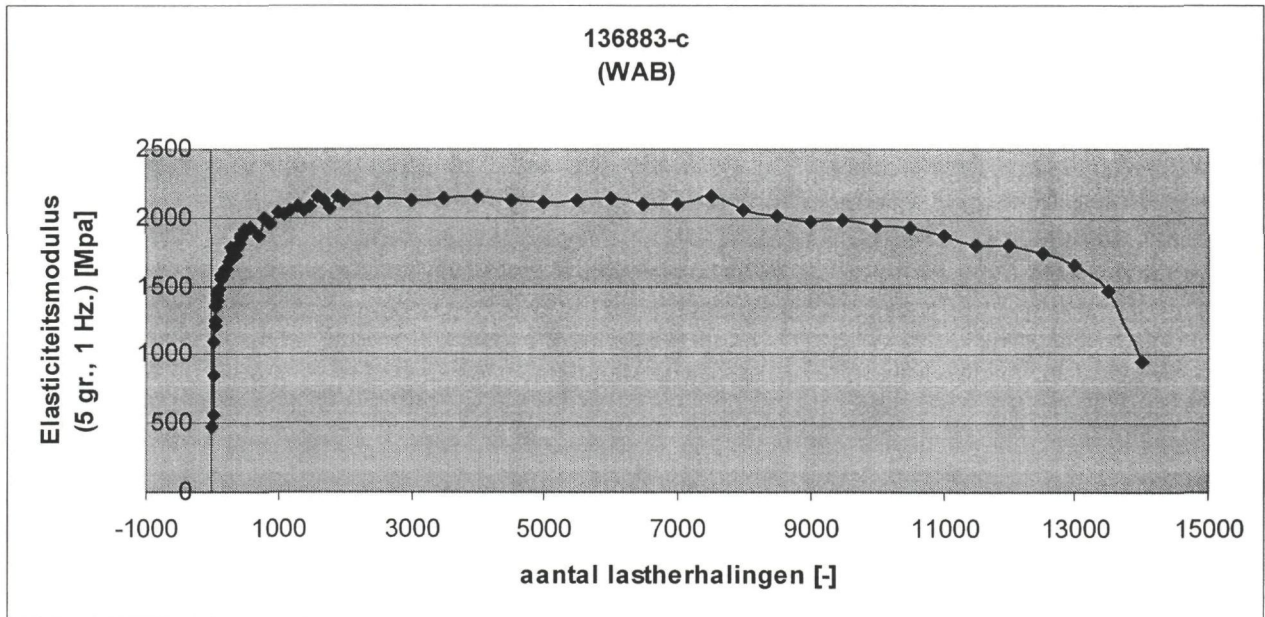
Ad.d)

De dynamische elasticiteitsmodulus (bij 5 graden en 10 Hz.) wordt normaliter aan het begin van de vermoeiingsproef bepaald omdat er dan nog geen vermoeiingsschade aan het proefstuk is ontstaan. Een probleem is echter dat het proefstuk bij lage krachtniveaus vaak meer dan 50

lastherhalingen nodig heeft om zich te zetten. Een en ander is zichtbaar in de figuren 1 en 2 waar de verplaatsingen en de elasticiteitsmodulus zijn uitgezet tegen het aantal lastherhalingen.



Figuur 1



Figuur 2

Opm. De grafieken zijn gebaseerd op metingen van de opnemer in het vizel en daarom minder nauwkeurig.

De toename van de elasticiteitsmodulus wordt veroorzaakt doordat het bitumen tussen de beugels en het proefstuk vandaan wordt gedrukt en doordat er kleine scheluwtes en

↑ *waapen?*

spec. bitumen!

onregelmatigheden uit het proefstuk worden gedrukt. Als de elasticiteitsmodulus vooraf wordt bepaald zal dus een te lage waarde worden gevonden.

7.3 Schuifproef

De proefopstelling van de huidige schuifproef bevindt zich nog steeds in een experimenteel stadium. Er zijn weinig proeven mee uitgevoerd. Het grootste probleem van de opstelling dat er onvoldoende vrijheid voor de proefstukken is om tussen de contactvlakken te bezwijken. In het algemeen worden er bezwijkvlakken gevonden waarbij tevens een groot aantal stenen is bezweken. De gevonden sterkte met de schuifproef is hierdoor beduidend groter dan de werkelijke vermoeiingssterkte bij buiging. Pogingen om de proef zodanig te modificeren dat er wel voldoende ruimte voor het bezwijken van het proefstuk langs de contactvlakken ontstaat zijn mislukt. Het verdient op dit moment de voorkeur om na te denken over een geschikte alternatieve proef.

8 Voorgestelde oplossingsrichting

8.1 Inleiding

In de zomer van 2004 zijn de problemen met betrekking tot de dynamische proeven op waterbouwasfalt besproken. Aan dit overleg hebben de heren Montauban (DWW), Van de Ven (TU-Delft), Tolman en De Loeff (beide KOAC-NPC) deelgenomen. Tijdens het overleg zijn vooral de problemen met de driepuntsbuigproef besproken. De problematiek van de schuifproef is hier niet verder behandeld. De problematiek is samengevat in in het vorige hoofdstuk en in bijlage 1. Geconcludeerd wordt dat de huidige driepuntsbuigproef een combinatie is van een kruipproef en vermoeiingsproef (duurproef). Daarnaast is het belangrijk de treksterkte te bepalen. Dit resultaat kan tevens worden gebruikt om het krachtniveau voor de vermoeiingsproef te schatten.

8.2 Oplossingsrichtingen

- Verbeteren van de huidige proefopstelling en/of proefuitvoering
- Keuze voor een betere vermoeiingsproef

8.2.1 Verbeteren van de proef

Bij het uitvoeren van driepuntsbuigproeven zijn zowel de portalen van de vierpuntsbuigopstelling als de SCB-portalen gebruikt. Beide opstellingen geven problemen. De SCB-portalen hebben veel speling in de opleggingen, de vierpuntsbuigportalen klemmen de proefstukken bij grote verplaatsingen te veel in waardoor er momenten worden opgenomen door de opleggingen. Daarnaast bestaat de indruk dat het aandeel van kruip in de proef in sommige gevallen groter is dan gewenst. Door het opleggen van een wisselbelasting in plaats van een sprongbelasting kan het probleem van de optredende kruip worden opgelost. Destijds is echter gekozen voor een sprongbelasting omdat de angst bestond dat een frame dat noodzakelijk is voor de krachtoverbrenging zou leiden tot een inklemming van het proefstuk die de resultaten ongewenst beïnvloedt.

Om het aandeel van de kruip in de proef te bepalen kan de analytische oplossing van Tolman uit 1992 worden toegepast. Daarnaast kan de invloed van de opleggingen en het aandeel van kruip in de proef worden geanalyseerd met behulp van eindige elementen berekeningen. Een eenvoudig materiaalmodel waarbij het gedrag bijvoorbeeld wordt gekarakteriseerd door één veer en één smoorpot heeft hierbij de voorkeur omdat dit de interpretatie van de resultaten ten goede komt. Daarnaast is er voor complexere modellen geen invoerdata beschikbaar.

8.2.2 Andere vermoeiingsproef

De optie van een andere vermoeiingsproef is niet uitgebreid besproken. Het verdient de voorkeur eerst na te gaan hoe groot de problemen zijn met de huidige proefopstelling. Een keuze voor een andere proef is alleen gerechtvaardigd als hiermee de problemen zijn opgelost en het is de vraag of er een proef bestaat die geen anderssoortige problemen van vergelijkbare omvang heeft.

8.3 Analyse proefresultaten

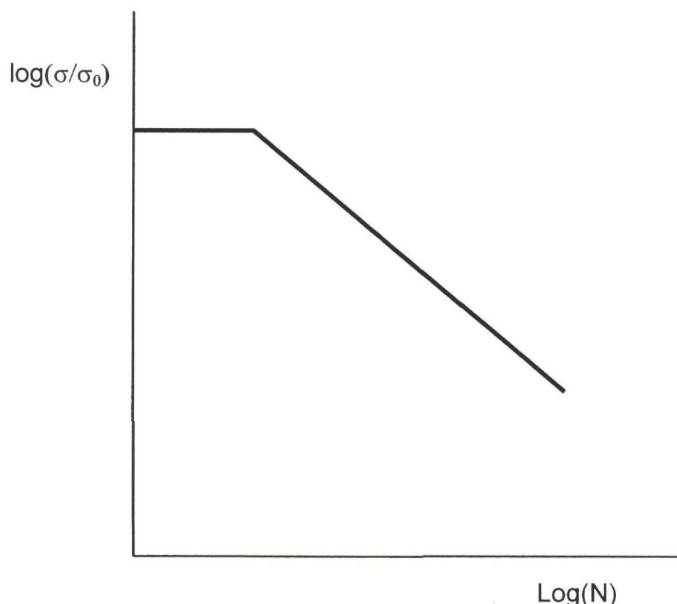
In de afgelopen jaren is een groot aantal vermoeiingsproeven in de driepuntsbuigopstelling uitgevoerd. Voorgesteld wordt van alle proeven de relevante gegevens te verzamelen en te analyseren. Mogelijk kan op basis van een data-analyse per proef worden ontrafeld wat het aandeel van treksterkte, vermoeiing en kruip is in de uitgevoerde proeven. Met behulp van de diagrammen van Heukelom kan op basis van de vermoeiingssterkte een inschatting worden gemaakt van de treksterkte van het asfalt. Daarnaast moet per proef worden nagegaan of de massatraagheidseffecten in de proef op de juiste wijze zijn verdisconteerd en of en zo ja hoe er wordt gecorrigeerd voor dwarskrachtvervorming.

8.4 Spreiding in proefresultaten

Er wordt een grote spreiding gevonden in de proefresultaten, met name bij proefstukken uit oudere bekledingen. Voorgesteld wordt na te gaan welke spreiding er mag worden verwacht op basis van de variatie in materiaalkwaliteit in het proefstuk. Deze vraag kan worden beantwoord met een probabilistische analyse waarin de ruimtelijke variatie van sterke en zwakke plekken in het proefstuk wordt verdisconteerd.

8.5 Aanpassing in huidige systematiek

In de huidige beoordelingsmethode is alleen een beoordeling op vermoeiing van het asfalt ten gevolge van golfklappen opgenomen. Een analyse van de optredende spanningen in het asfalt en de opgelegde spanningen om tot het gewenste aantal lastherhalingen te komen tijdens de proeven maakt duidelijk dat het asfalt naast vermoeiing ook op treksterkte moet worden beoordeeld. Voorgesteld wordt de beoordeling aan te passen en naast elke vermoeiingsproef van het tweelingbalkje de treksterkte in de driepuntsbuigopstelling te bepalen. Vervolgens kan een model worden gehanteerd zoals geschetst in de onderstaande figuur.

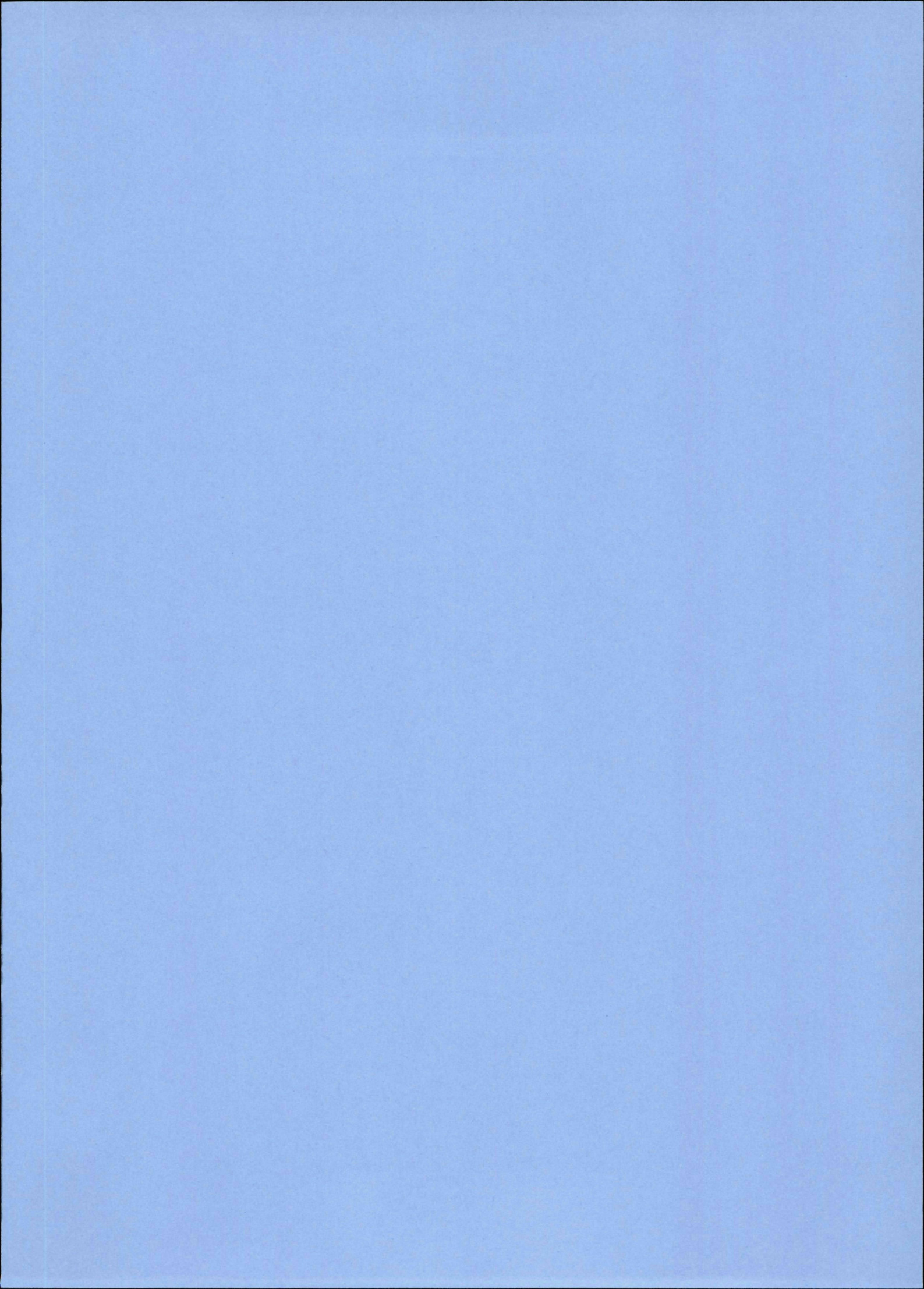


In de figuur is σ de opgelegde spanning tijdens de vermoeiingsproef en σ_0 de treksterkte. Het voordeel het delen van de opgelegde spanning door de treksterkte is dat de spreiding in de resultaten zal afnemen.

8.6 Voorgestelde werkwijze

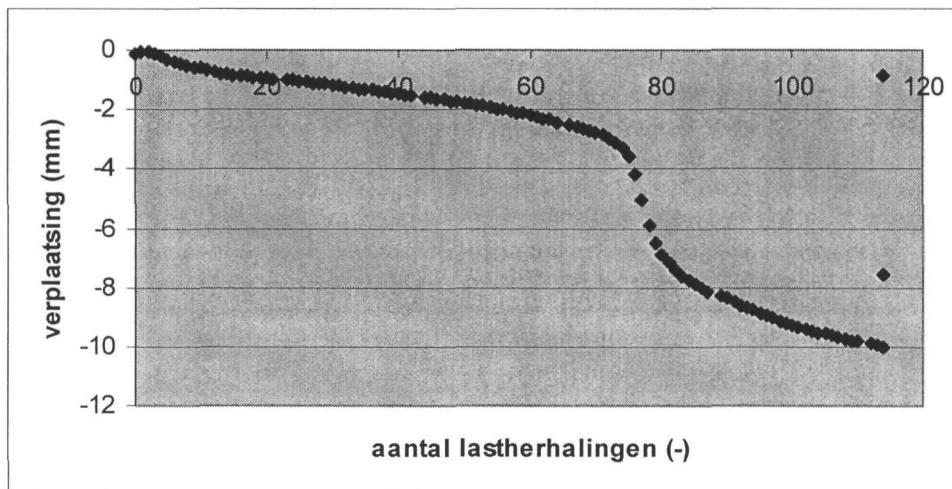
Samengevat is de volgende werkwijze voorgesteld om de problemen met de driepuntsbuigproef te analyseren en de beoordelingsmethode te verbeteren:

- Analyse van de beschikbare data om het probleem in de drie afzonderlijke fenomenen te kunnen ontrafelen.
- Probabilistische analyse van de spreiding die in de proefresultaten mogen worden verwacht op basis van de ruimtelijke variatie van de kwaliteit in het proefstuk.
- Analytische beschouwing van de invloed van kruip in de vermoeiingsproeven met de driepuntsbuigopstelling zoals beschreven in de rapportage van Tolman uit 1992.
- Analyse van de invloed van kruip en de opleggingen op de proefresultaten met behulp van eindige elementen berekeningen.
- Invoeren van het meten van de treksterkte naast de vermoeiingssterkte op balkjes in de driepuntsbuigopstelling.



Bijlage 1: Beschrijving problemen 3-puntsbuigproeven (Nijs- Hooglandpolder)

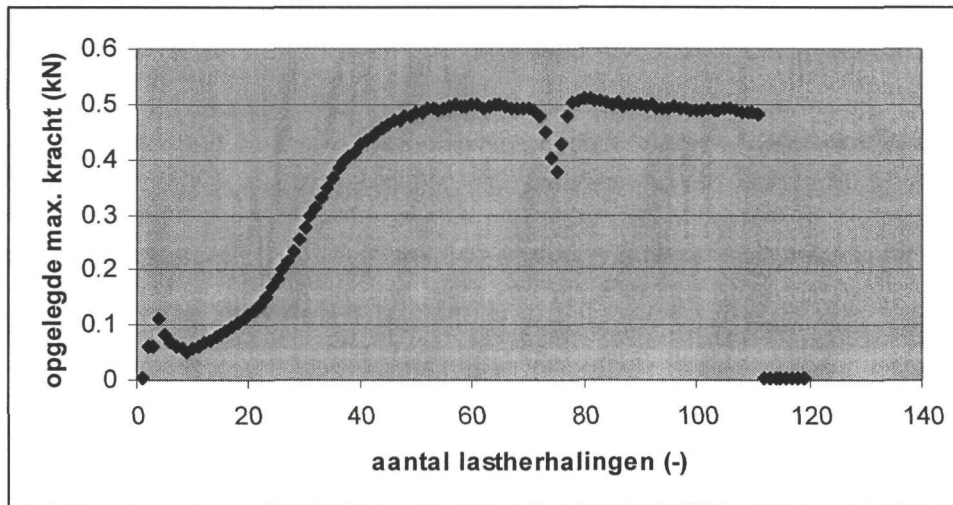
Geconstateerd is dat balken in het bezwijken worden belemmerd door de inklemming bij de opleggingen. De rotatiemogelijkheden zijn beperkt. Tot een doorbuiging in het midden van circa 5 tot 7 mm in het midden van de balk schat ik dat de balk bij de opleggingen voldoende kan roteren, hierna wordt de balk tegengehouden. Hierdoor kan het gebeuren dat een proefstuk vrijwel volledig gescheurd is, maar dat de proef toch nog doorloopt. Dit is zichtbaar in de onderstaande grafiek waarbij de verplaatsing is uitgezet tegen het aantal lastherhalingen.



Figuur 1

In de grafiek is te zien dat een proefstuk bezwijkt bij circa 80 lastherhalingen. Bij een doorbuiging van 7 tot 8 mm kan het balkje bij de opleggingen onvoldoende roteren waardoor de proef wordt doorgezet tot circa 115 lastherhalingen. Dan wordt de 10 mm bereikt en slaat het apparaat af.

Eenzelfde beeld is te zien als de opgelegde kracht wordt uitgezet tegen het aantal lastherhalingen (figuur 2).



Figuur 2

Als een doorbuiging van 7 mm wordt bereikt ondervindt het systeem weer voldoende weerstand om de kracht weer volledig op te bouwen. De proef wordt gecontinueerd totdat de 10 mm wordt bereikt. (Los van het hier geschetste probleem vraag ik mij af of we bij een dergelijke korte proef geen correctie moeten uitvoeren op het aantal lastherhalingen omdat het (in dit geval) circa 50 lastherhalingen heeft geduurd voordat het proefstuk volledig werd belast).

Hieronder nog enkele foto's van het balkje tijdens het bezwijkproces.

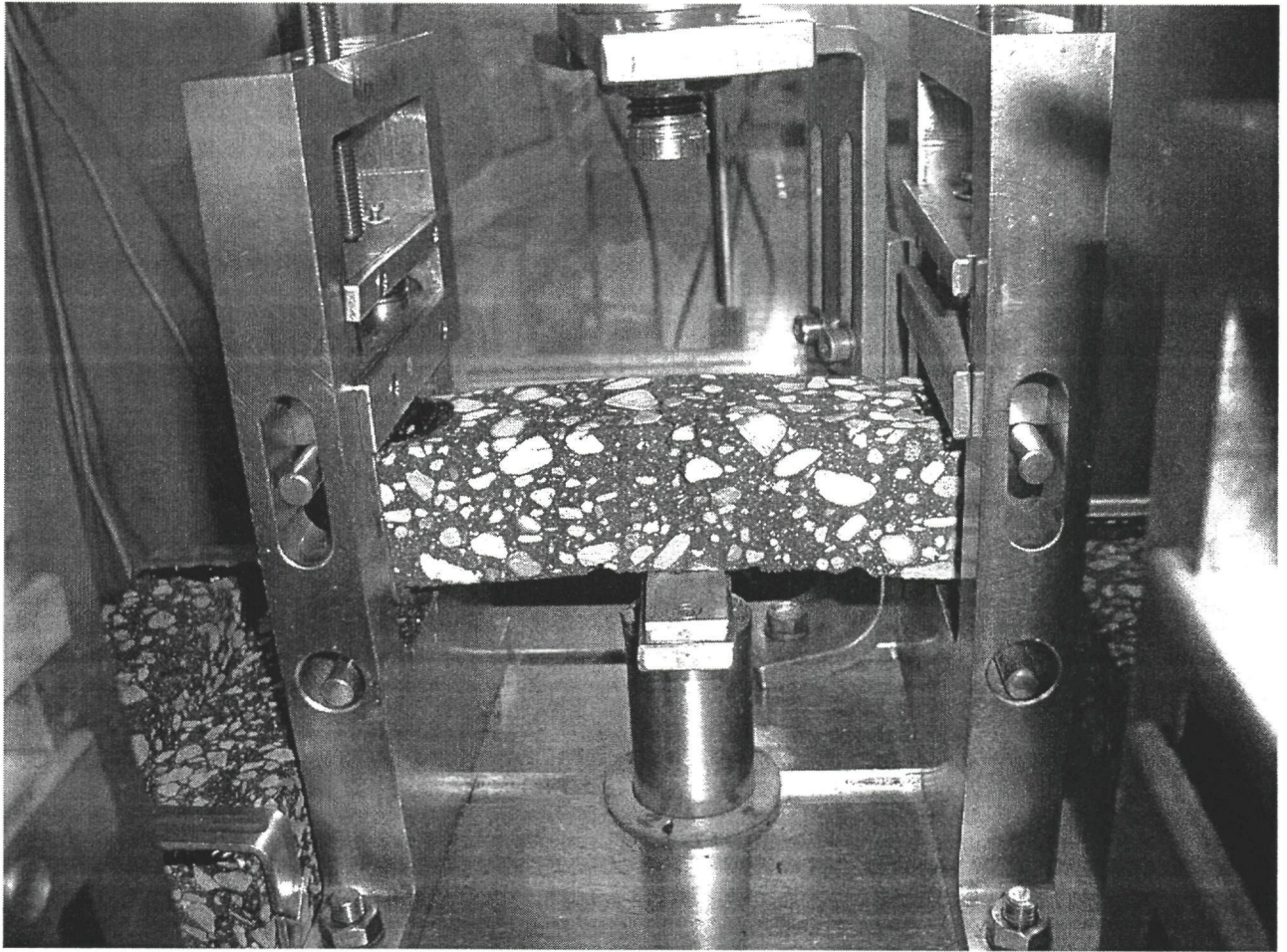


Foto 1



Foto 2

Ik vraag me af welke portalen we het best toe kunnen passen voor het uitvoeren van de vermoeiingsproeven. Met de SCB-portalen hebben we de hierboven beschreven problemen niet. Nadelen van de SCB-portalen zijn echter dat de elasticiteitsmodulus tijdens de proef niet goed kan worden bepaald door de speling in de opleggingen en dat er een grotere voorspankracht (100 N ipv 50 N) moet worden toegepast om klapperen van het balkje te voorkomen. Daarnaast kan het toepassen van andere portalen bij de vermoeiingsproef dan bij het bepalen van de elasticiteitsmodulus verwarring scheppen.

