

MASTER

Experimentele bepaling van materiaaleigenschappen met een hybride techniek

van Ratingen, M.R.

Award date:
1991

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

Experimentele bepaling van materiaal-
eigenschappen met een hybride techniek.
Praktische aspecten van het experiment
(DEEL 2)
Afstudeerverslag van
Michiel van Ratingen WFW 89.073

Afstudeerhoogleraar : Prof.dr.ir. J.D. Janssen
Afstudeercoach : Dr.ir. C.W.J. Oomens
Ir. M.A.N. Hendriks

Vakgroep Fundamentele Werktuigkunde
Faculteit Werktuigbouwkunde
Technische Universiteit Eindhoven

december 1989

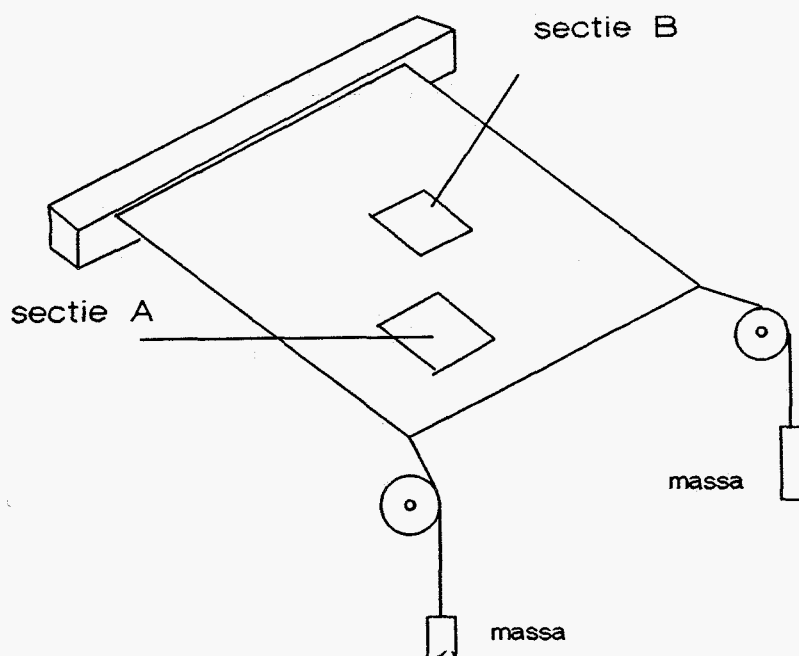
Inhoudsopgave

1. Inleiding	1
2. Uitvoeren van het experiment	1
2.1 Inleiding	1
2.2 De meetopstelling	2
2.3 Het meetsysteem	5
3. De dataverwerking	8
3.1 Inleiding	8
3.2 Dataverwerking met ASYST	9
3.3 Dataverwerking met turbopascal	13
4. De modelvorming	15
5. Samenvatting van het meetproces & suggesties voor de voortgang	15

paragraaf daarna.

2.2 De meetopstelling

De trekbank bestaat uit een vierkant frame met aan een zijde een dubbele strip, waartussen het proefstuk wordt ingeklemd. Aan de overstaande zijde zijn op 3 plaatsen katrolletjes aangebracht, die lijnen geleiden waaraan gewichten zijn bevestigd. Door variatie in gewicht(-enverdeling) kan het proefstuk op verschillende manieren worden belast (zie schematische weergave figuur 2.1).



Figuur 2.1 Schematische weergave van de proefopstelling

In praktijk hebben we hier te maken met de volgende problemen:

- Door de horizontale opstelling van het frame kan de referentietoestand van het proefstuk niet onbelast zijn (proefstuk staat dan niet "strak"). In principe kan worden gekozen voor een verticale opstelling, waarmee weer andere problemen ontstaan (door de kleine buigstijfheid van het proefstuk gaat dit al "krullen" bij zeer kleine spanningen in het materiaal) of kan voor een horizontale

ondersteuning van het proefstuk worden gezorgd (wrijving). Het gebruik van elastisch proefmateriaal geeft echter de vrijheid om een belaste referentietoestand te kiezen (1 gewicht aan elk van de 3 trekpunten).

- Het aantal mogelijke variaties in opgelegde belasting wordt aanzienlijk beperkt door het "plooi"gedrag van het proefstuk. Plooiën kunnen alleen voorkomen door voortdurende aanwezigheid van een redelijke belasting op beide hoekpunten.
- Belasten en ontlasten van het proefstuk door "aanhangen" of "verwijderen" van gewichten moet zeer voorzichtig gebeuren. Deze manier van belasten heeft als nadeel dat de gewichten gemakkelijk gaan slingeren (frequentie $f \approx 1/2\pi\sqrt{g/l} \approx 0.035$ Hz). Hierdoor ontstaat een variatie in de trekkracht, die bij statisch meten niet wenselijk is. Er is om deze reden steeds enkele minuten gewacht met meten na belasten. In deze tijd zijn ook andere tijdseffecten als relaxatie van het proefstuk klein geworden.

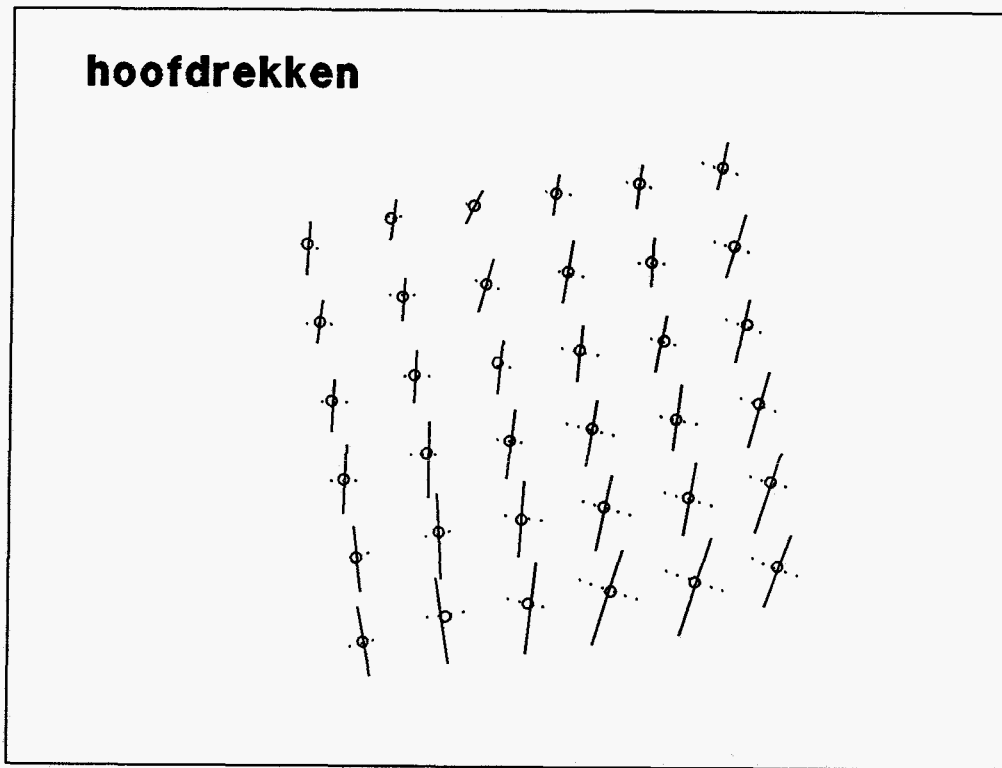
Boven de opstelling is onafhankelijk van de trekbank de "random access" camera geplaatst. De lens van deze camera is omgeven door een lichtkring van halogeen lampen (5 stuks). Om te voorkomen dat de camera te warm wordt door de hitteproductie van deze lampen, is gebruik gemaakt van een ventilator.

Het laatste aspect van de meetopstelling dat wordt beschouwd, is het proefstuk. Hierover kan het volgende worden opgemerkt:

- Het maken van een proefstuk is een moeilijk te beheersen proces; het vlies ontstaat door een mengsel van vuljex (25 ml) en water (3 ml) uit te gieten over een glasplaatje met opstaande randen (mal). Wanneer deze mal tevoren waterpas is gesteld, zal het proefstuk uiteindelijk overal even dik worden.

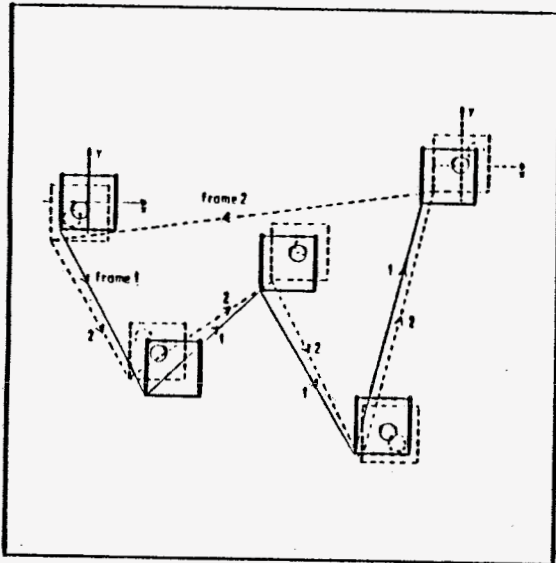
In praktijk is dit echter moeilijk te realiseren en treedt vaak wel dikteverloop op in het proefstuk. Dit kan resulteren in vreemde rekvelden, wanneer zo'n vlies wordt belast.

Figuur 2.2 is een weergave van een dergelijk rekveld, waarin voor elke marker de hoofdreken ter plaatse in grootte en richting zijn uitgezet (getrokken lijn: positieve hoofdreken, stippellijn: negatieve hoofdreken). De positieve hoofdreken in lengte richting nemen toe naarmate deze zich dichterbij de onderrand van het proefstuk bevinden (= de zijde waaraan wordt getrokken). Dit blijkt te kunnen worden verklaard uit het feit dat het proefstuk naar beneden toe steeds dunner wordt.



Figuur 2.2 Rekveld van een in dikte varierend proefstuk

- Latex degenereert onder invloed van licht. Langdurig blootstellen van het proefstuk aan de halogeen lampen zal daarom veranderende materiaaleigenschappen tot gevolg hebben.
- Op het proefstuk wordt een sectie van 64 markers aangebracht. De markerdiameter en de onderlinge afstand tussen de markers staan in verband met de keuze van de "window size" van het Hentschel systeem (paragraaf 2.3). Een sectie is normaalgesproken vierkant ($8 * 8$ markers) en moet onder een kleine hoek staan met het assenstelsel van de camera, zodat slechts 1 marker op elke (verticale) scanlijn wordt tegengekomen (figuur 2.3). Liggen twee markers op een lijn, dan ziet het Hentschel systeem alleen de eerste.



Figuur 2.3 Beeld afschannen naar markers tijdens search-scan

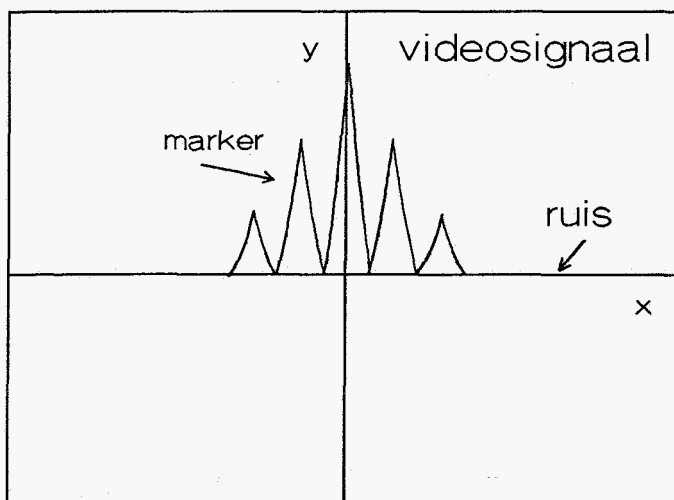
2.3 Het meetsysteem

Markerposities worden gemeten met het Hentschel systeem. Voor 2-D metingen bestaat het totale meetsysteem uit een PC-AT, een camera (random access) met besturingssysteem en 2 oscilloscopen. Het hart van het meetsysteem wordt gevormd door het eigenlijke Hentschel systeem.

Voordat kan worden gemeten, moet het Hentschel systeem worden ingesteld. Daarbij is het noodzakelijk dat alle overige factoren optimaal zijn. Deze factoren zijn:

- De belichting; voor retroreflecterende markers is de hoek, waaronder het licht wordt teruggekaatst gelijk aan de hoek, waaronder het licht invalt. Theoretisch is voor elke marker de juiste belichting dus vanuit het camera-oog. Een optimale instelling van de lampen uit de kring benaderen deze situatie het dichtst.
- De signaal/ruis verhouding van het videosignaal; een goede signaal/ruis verhouding kan worden bewerkstelligd door het scherp stellen van de cameraleens en het instellen van de juiste cameraversterking (geen oversturing, wel goede karakteristiek, zie

figuur 2.4). Dit proces kan op een oscilloscoop worden gevolgd.



Figuur 2.4 Karakteristiek van videosaal op oscilloscoop

- De aanwezigheid van passend calibratieframe met 12 markers.

Het Hentschel systeem wordt vervolgens ingesteld, waarbij wordt gelet op stabiliteit van de windows. De instelling bestaat uit:

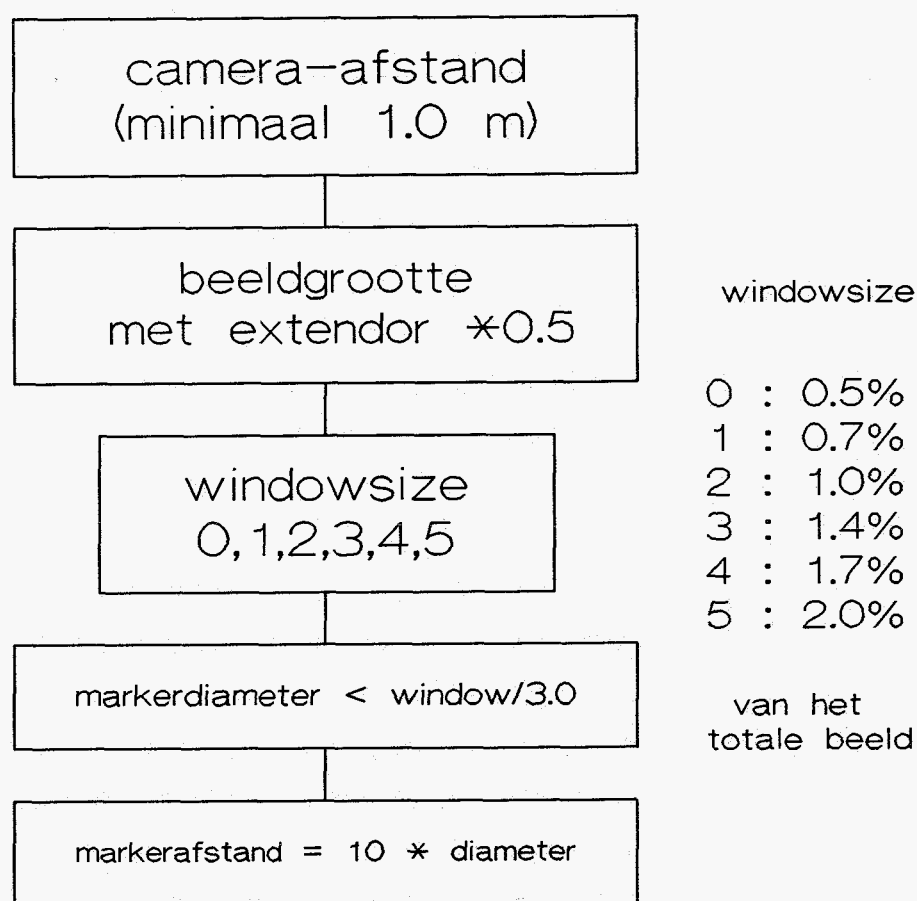
- Het kiezen van een minimale "windowsize" bij een bepaalde beeldgrootte. Hieruit volgen ook de (maximale) markerdiameter en de (minimale) markerafstand. Deze keuze vindt in principe al plaats bij het aanbrengen van een markersectie op het proefstuk.

Het bepalen van markerdiameter en -afstand verloopt als volgt (zie figuur 2.5):

- kiezen van een camera-afstand (minimaal 1.0 m),
- hieruit volgt een bepaalde grootte van het beeld (kan 2 keer zo klein worden gemaakt wanneer een zgn. "extendor" wordt gebruikt),
- kiezen van de kleinst mogelijke windowsize waarbij de meting nog stabiel is (hierop wordt in het volgende nog teruggekomen); de windowsize wordt uitgedrukt in een aantal procenten van het totale beeld,
- bepalen van de markerdiameter, die in de praktijk 2 tot 3 maal kleiner is dan de windowsize,

- bepalen van de markerafstand, die in praktijk 10 maal groter wordt gekozen dan de markerdiameter.

Een kleine windowgrootte levert de nauwkeurigste positiemeting, maar is tegelijkertijd het gevoeligst voor bewegingen c.q. verstoringen. Het window kan immers gemakkelijk zijn marker verliezen d.w.z. de marker verplaatst zich binnen de tijd van 1 cyclus uit het window en kan op deze wijze niet worden teruggevonden! Daarnaast leidt een klein window tot kleine markerdiameters (moet kunnen worden gemaakt) en dus ook tot verminderde lichtopbrengst per marker. Dit geeft aanleiding tot instabiliteit van het window.



Figuur 2.5 Overzicht van markerdiameter- en afstandbepaling

- Het kiezen van het gezochte "objectnummer" (= aantal objecten met verhoogde lichtintensiteit in het videobeeld) en de windowscan frequentie (w.s.f.). Bij constante systeemfrequentie geldt: hoe lager de w.s.f., des te meer doorsnijdingen vinden plaats

per window en des te nauwkeuriger is ook de zwaartepuntsbepaling. Aan de andere kant kan het window bij lage w.s.f. onrustig worden, als de rand van een marker niet "mooi" glad of de belichting slecht is.

De instelling van het Hentschel systeem en het optimaliseren van de factoren is een proces van "trial and error", waarbij aan de hand van search- en windowscans (markers op scoop) wordt geprobeerd een stabiele toestand te verwezelijken voor een zo nauwkeurig mogelijke meting.

Wanneer een optimale instelling van het meetsysteem is bereikt kan worden gemeten. Hierbij worden blokken van 128 kB weggeschreven naar een binaire file. De software, die door Hentschel is geleverd, schrijft standaard 4 coördinaten (x en y van camera 1 en 2) per marker in Extended Memory. Wordt slechts een camera gebruikt dan is de helft van de data (64 kB) geschikt voor verdere verwerking (middellen, calibreren, etc.).

Na elke meting moet opnieuw een "stop", "windowscan" worden uitgevoerd om de datageheugen buffer (fifo) te resetten (de posities van de windows, die door de search-scan zijn bepaald blijven bewaard).

Met de gegevens uit de metingen in bovenstaande vorm kan vooralsnog weinig worden ondernomen. Er is geen mogelijkheid om te controleren of de metingen zijn geslaagd. Daarnaast moeten de data geschikt worden gemaakt voor de modelvorming met de E.E.M.. De stappen die voor dit alles nodig zijn, worden besproken in het volgende hoofdstuk.

3. De dataverwerking

3.1 Inleiding

Tijdens een meting kunnen de volgende onvoorziene effecten optreden:

- een marker wordt verloren,
- de buffer is niet leeg gemaakt na de vorige meting,
- er treden tijdseffecten op (relaxatie van proefstuk),
- er zijn overspraakverschijnselen met een meetfrequentie,

- er zijn andere, niet te voorspellen, verstoringen aanwezig (bv. lokaal plooiën van proefstuk).

Deze effecten moeten bij de dataverwerking worden gesignaleerd.

Gegevens van een groot samples worden door middellen teruggebracht tot twee getallen (x en y) per marker. Het is wenselijk, naast markerpositiegemiddelden, ook statistische eigenschappen zoals spreiding van het gemiddelde e.d. te berekenen (meetfout). Daarna kan calibratie plaatsvinden van alle meetfiles ten opzichte van eenzelfde file (vaak: referentietoestand).

Nadat posities zijn gemiddeld, gecontroleerd en gecalibreerd kunnen voor combinaties van belastingstoestanden, verplaatsingsvelden en rekdistibuties worden berekend en bekeken. Hiermee kan de data nogmaals worden beoordeeld. Om uiteindelijk materiaal parameters te kunnen schatten met een gemeten verplaatsingsveld moet een elementenmesh worden gegenereerd en materiaaleigenschappen worden toegekend (modelvorming, hoofdstuk 4).

Het is de bedoeling dat in de nabije toekomst de gehele dataverwerking plaats zal vinden op de PC-AT van de meetopstelling. Hiervoor worden procedures ontwikkeld binnen het softwarepakket ASYST, dat veel gebruik kan maken van standaard data-acquisitie en grafische routines. Totdat deze procedures kunnen worden gebruikt, is een deel van de dataverwerking tot stand gekomen met "ad hoc" programma's, die vanwege de gebruikersvriendelijkheid zijn geprogrammeerd in turbo-pascal.

In het volgende wordt aandacht besteed aan de verschillende stappen in de dataverwerking en de gereedschappen waarmee deze worden uitgevoerd. Hierbij komen ook de beoordelingsmogelijkheden van de meetdata aan de orde.

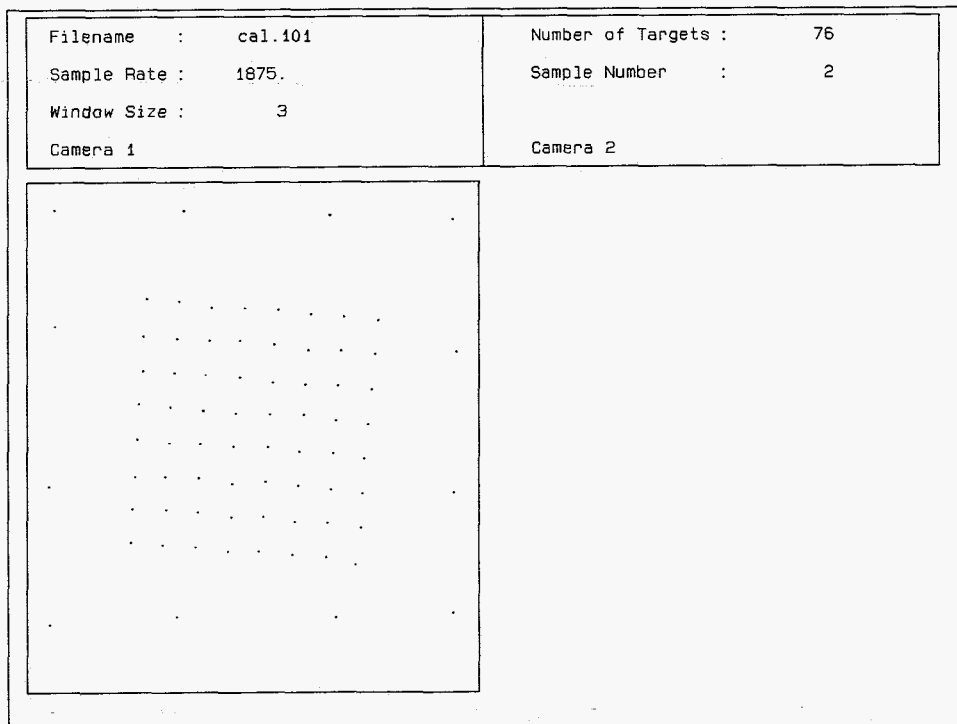
3.2 Dataverwerking met ASYST

Binnen het softwarepakket ASYST (versie 2.0) zijn al een aantal modulen geprogrammeerd, die werkzaam zijn op de PC-AT van de meetopstelling. Deze modulen maken het mogelijk:

- gemiddelde posities te berekenen en te bekijken (figuur 3.1),
- (gemiddelde) posities van specifieke markers te volgen tijdens de meting (positie als functie van meettijd, figuur 3.2),
- varianties van posities te berekenen (figuur 3.3),
- calibratiemarkers uit de meetdata te elimineren en te gebruiken voor calibratie.

Wanneer, als in figuur 3.2, een duidelijk tijdsignaal op de positie van een marker aanwezig is, dan is sprake van een tijds- of overspraakeffect bij de meting. In dit geval blijkt de meting te zijn verstoord door het gebruik van de ventilator. Uit experimenten, waarbij de ventilator anders is gericht en is uitgezet, kan worden geconcludeerd, dat de luchtstroom hiervoor niet verantwoordelijk is. Waarschijnlijk wordt de random access camera beïnvloed door een wisselend electro-magnetisch veld, dat wordt opgewekt door de ventilator. Deze meting is hierdoor ongeschikt voor verdere verwerking.

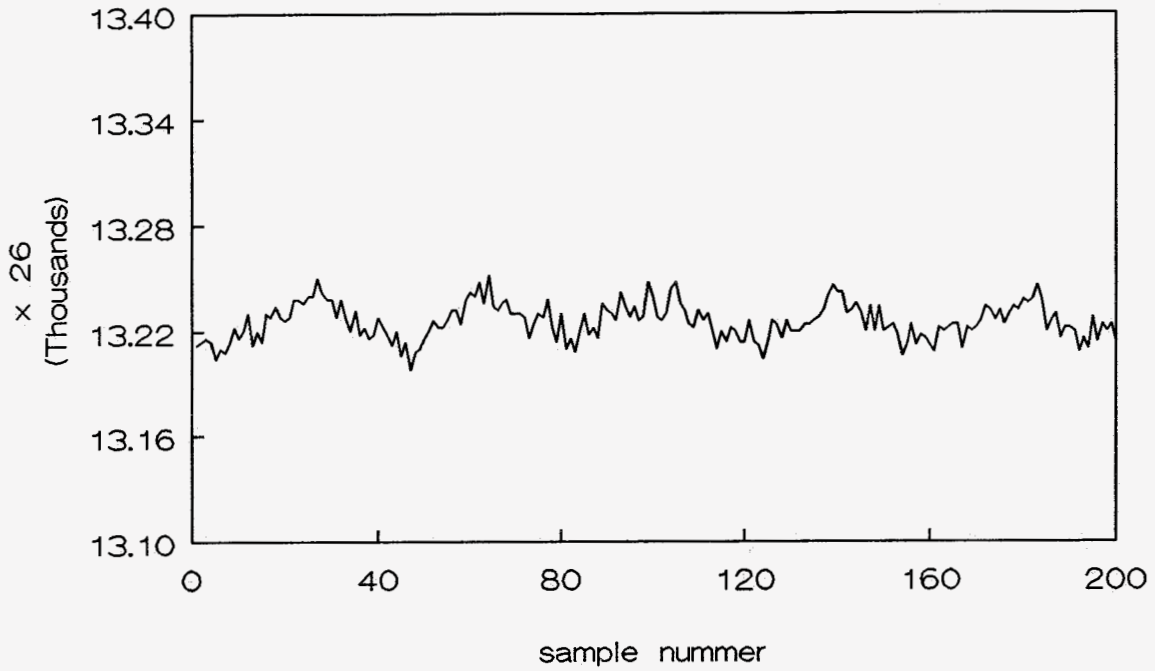
Een ander signaal bv. een in de tijd toenemende positie, duidt op relaxatie van het proefstuk.



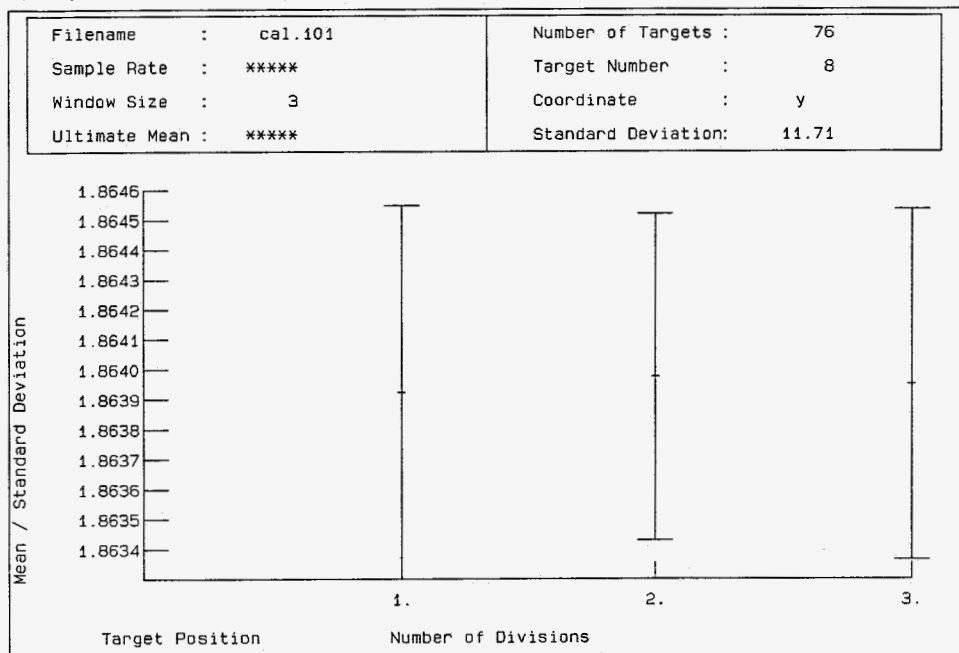
Figuur 3.1 Gemiddelde posities van alle markers

Wanneer de buffer (fifo) niet leeg was bij aanvang van de meting kan niet meer exact het begin van de meetdata worden onderscheiden. Hierdoor wordt de oriëntatie in de meetdata verloren en zijn gemiddelden geen realistische getallen. Dit betekent meestal

dat figuren als 3.1 en 3.2 niet kunnen worden gemaakt.



Figuur 3.2 Markerpositie tegen de tijd (samplenummer)

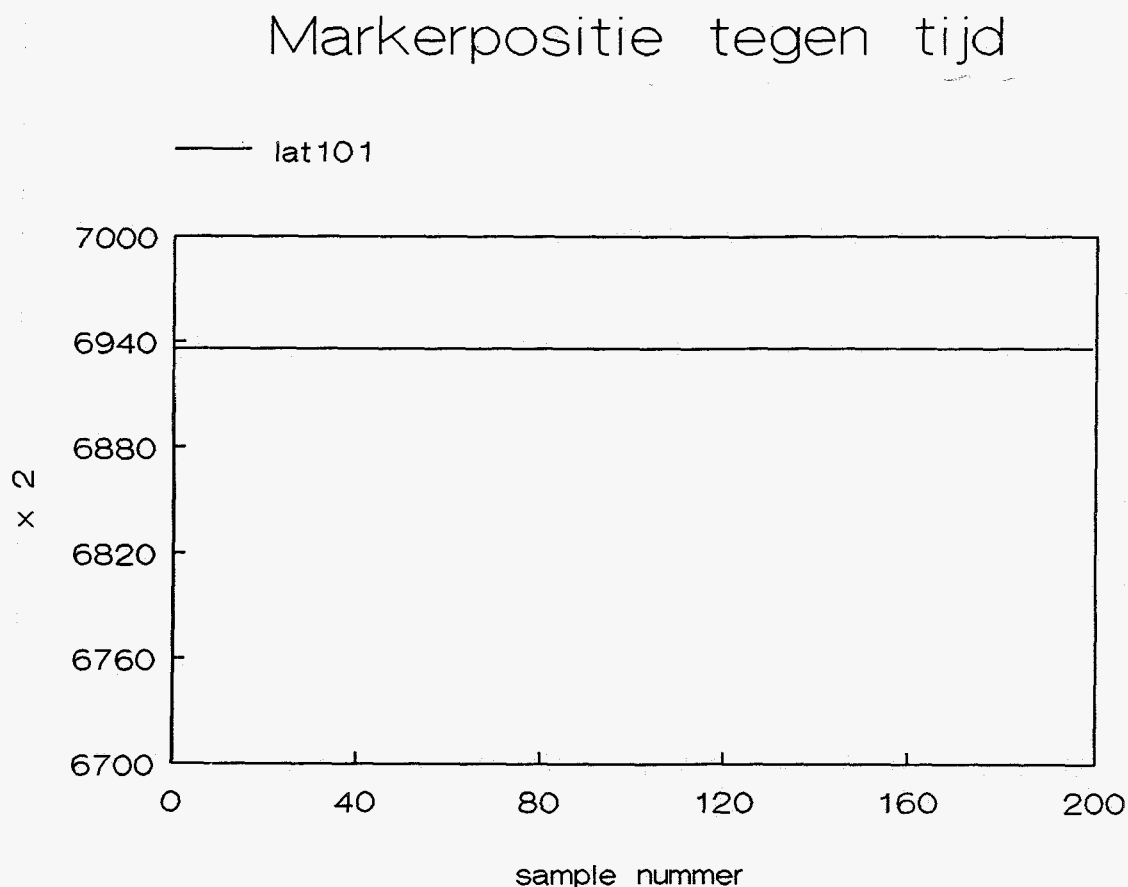


Figuur 3.3 Gemiddelde en variatie/variantie van markercoördinaat

Bij een verloop als in figuur 3.4, waarbij geen variatie wordt gevonden in de positie van een marker, is sprake van markerverlies. De windowpositie wordt dan niet meer gecorrigeerd, zodat bij elk sample exact hetzelfde getal wordt weggeschreven.

Een mogelijkheid om dit verschijnsel sneller te detecteren, is het weergeven van "markerwolken" (= verzameling van posities voor elk sample en elke marker) in plaats van gemiddelde posities in figuur 3.1. Voor een zoekgeraakte marker blijkt zo'n wolk dan een punt op te leveren. Ook is het mogelijk de variantie te berekenen en een foutmelding te geven, wanneer deze gelijk aan nul is.

Als zich geen van bovenstaande gevallen heeft voorgedaan, kunnen de metingen worden gecalibreerd. Hierna worden voor elke belastingstoestand de x en y van elke marker (geen calibratiemarkers) opgeslagen in een ASCII file.



Figuur 3.4 Markerpositie tegen de tijd voor "verloren" marker

3.3 Dataverwerking met turbopascal

Het tweede deel van de dataverwerking gebeurt met turbo-pascal programmatuur. Deze ad-hoc programma's moeten uiteindelijk worden vertaald naar ASYST om te komen tot geconcentreerde (en versnelde) data-acquisitie.

Na middellen, de eerste beoordeling van de files en calibratie worden alle markers per file opnieuw genummerd in een turbopascal programma "relate". Hierdoor wordt de marker linksboven in de sectie nummer 1 en de marker rechtsonder nummer 64. Dit gebeurt voor elke meetfile en is nodig voor de meshgenerator.

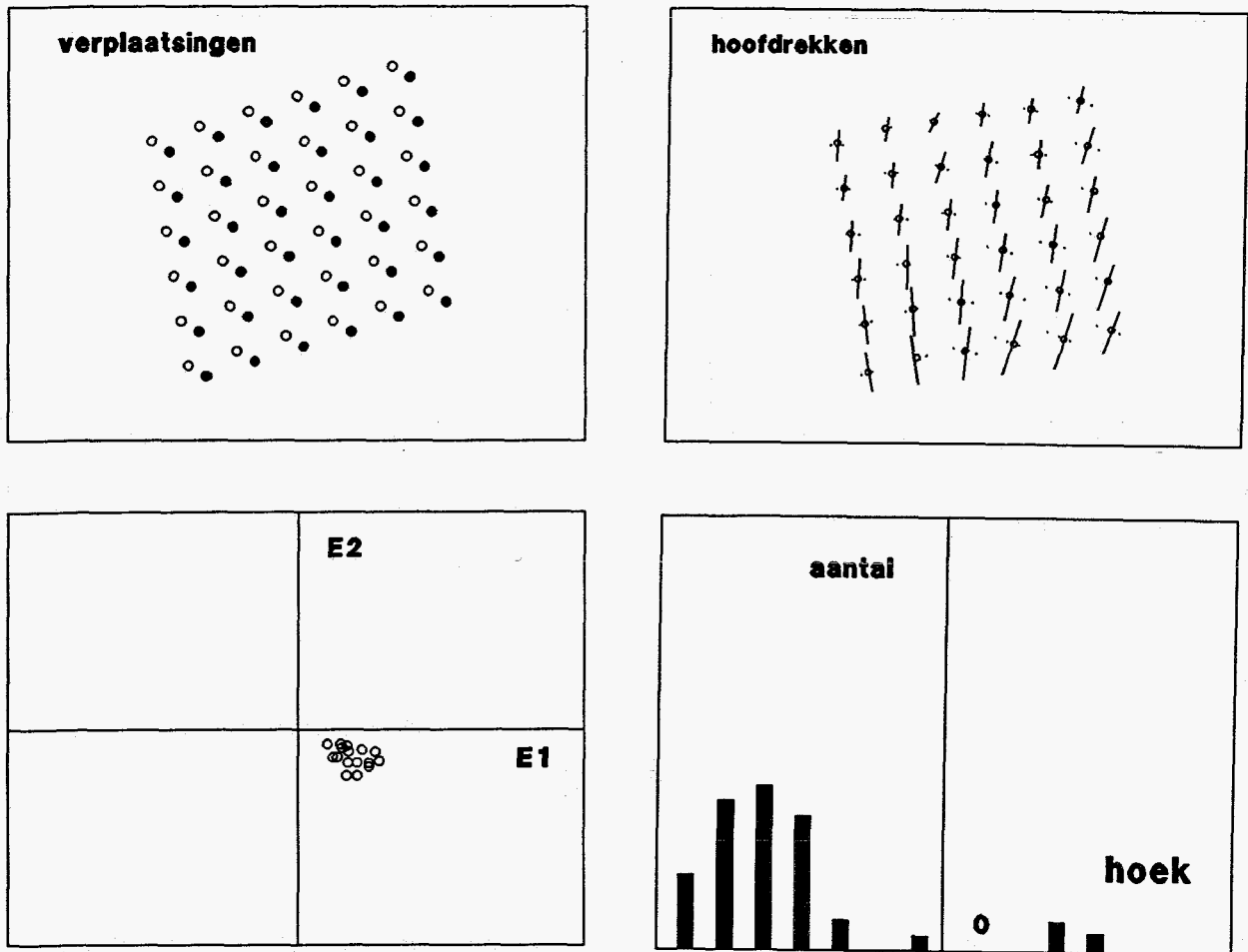
In hetzelfde programma "relate" worden vervolgens paren van files, die twee verschillende belastingstoestanden representeren, samengevoegd tot enkelvoudige files met referentieposities en verplaatsingen die daaraan zijn gerelateerd (aangeduid met de extensie "*.rel").

Het is wenselijk in dit programma de meetdata tevens te coderen om in het schattingsproces steeds met dezelfde orde van grootte van getallen te rekenen.

Met een ander programma "hendat1" kunnen met deze samengevoegde files verplaatsingsvelden en rekdistributies worden bekeken en vergeleken (figuur 3.5). Aanvullend kunnen ook hoofdrekken en hoofdrekrichtingen worden beschouwd.

De rekken van het programma "hendat1" kunnen fouten aantonen, die tijdens het meten zijn opgetreden, alsook indicaties geven omtrent de bruikbaarheid bij parameterschatten. Aandachtspunten zijn hierbij:

- Homogeniteit van het rekkenveld als dit homogeen moet zijn (in het geval van overspraak tussen ventilator en meetfrequentie kon een kolomsgewijze afwijkingen in het rekkenpatroon worden ontdekt),
- Negatieve dwarsrekken; grote negatieve dwarsrekken kunnen duiden op plooi gedrag,
- Grootte van dwarsrekken ; weinig dwarsrek zal in het schattingsproces resulteren in een slecht te schatten dwarscontractiecoëfficiënt,
- de vorm van de markerwolk in de hoofdrekken domein en de verdeling in de hoofdrekrichtingenfiguur.



Figuur 3.5 Hoofdrekken, verplaatsingen, hoofdrekdomein en hoofdrekrichingen

Het belang van bovenstaande "beoordelingscriteria" voor de materiaalbepalingsmethode in zijn geheel is gelegen in het feit, dat op dit moment veel te weinig bekend is over rekdistibuties in het algemeen en hun eigenschappen in relatie tot de schattingsmethode; het is zeer belangrijk deze aspecten te onderzoeken om naast de numerieke uitvoer van de schattingsberekening (residu, convergentie van parameters, covariantiematrix P, etc.) de mogelijkheid te hebben het totale proces te beoordelen op basis van experimentele gegevens.

Na beschouwing van de "beoordelingscriteria" kan een keuze worden gemaakt voor files, waarmee geschat gaat worden. Deze samengevoegde files worden gebruikt voor de vorming van modellen met de E.E.M. in hoofdstuk 4.

4. De modelvorming

Bij de modelvorming wordt een model opgesteld waarmee de uitkomsten van een experiment kunnen worden voorspeld. In praktijk betekent dit, dat met de gemeten buitenrand van een sectie een elementenmesh wordt gegenereerd. De verplaatsingen van de buitenrand zijn de randvoorwaarden in de Eindige Elementen berekening.

Het programma "draw" (FORTRAN), dat draait op Apollo werkstations, elimineert starre verplaatsingen en roteert de sectie totdat deze weer recht staat (zie laatste opmerking uit paragraaf 2.2). Verder stelt "draw" een uitvoerfile samen, die als invoer dient voor het schattingsprogramma. Dit is de file, die in paragraaf 1.3 van deel 1 wordt aangeduid met "invoer voor de moduul PAREST" (figuur 1.1 uit deel 1). Hierin hoeven alleen nog beginwaarden voor parameters en matrices P, Q en R worden ingevuld.

Met "draw" kunnen ook figuren van het soort figuur 3.2 uit deel 1 worden gemaakt (te vergelijken met het verplaatsingsveld uit figuur 3.5).

Het E.E.M. pakket DIANA levert, als laatste contrôle van het meetproces, de mogelijkheid rekdistibuties, hoofdrekken en verplaatsingen te berekenen, dit maal niet gebaseerd op gemeten markerposities, maar op een materiaalmodel met voorgeschreven randvoorwaarden (diana solve.com, vpr.com en hre.com). Hierna kan met "draw"'s uitvoerfile een schattingsberekening worden gestart (diana in.com en lin.com).

5. Samenvatting van het meetproces & suggesties voor de voortgang

Samengevat verloopt het meetproces als volgt (tussen vierkante haken is de lokatie vermeld):

1. Opbouwen van een meetopstelling (dimensies) en een keuze maken van voor de camera-afstand [MO].
2. Maken van een proefstuk en een keuze maken voor markerdiameter en -afstand in relatie tot de beeldgrootte en windowsize [MO].
3. Aanbrengen van een markersectie, inspannen van proefstuk, beginlast aanbrengen en een calibratieframe plaatsen [MO].
4. Optimaliseren van meetfactoren en Hentschel instellen [MO].
5. Meten van verschillende belastingtoestanden [MO].

6. Middellen, calibreren en data visueel controleren [PC1].
7. Markers hernummeren, verplaatsingen berekenen, coderen [PC2].
8. Verplaatsings- en rekvelden analyseren, hoofdrekken en hoofdrekingen [PC3].
9. Maken van invoer voor de moduul PAREST en controleren van mesh, rekken met E.E.M. berekening [AP].

Hierin is [MO] = meetopstelling, [PC...] = PC's en [AP] = apollo werkstation.

Suggesties voor de voortgang met betrekking tot bovenstaand meetproces zijn:

- Het is wenselijk de mogelijkheid te bezitten rekverdelingen al in een eerder stadium, liefst bij de meetopstelling, te bezichtigen. Hierdoor kan tijdens het experiment de belasting ten gunste van de schattingseigenschappen worden aangepast. Dit is al mogelijk met een turbo-pascal programma, maar gaat aanmerkelijk sneller wanneer dit is geïmplementeerd in ASYST.
- Door de grote diversiteit van benodigde dataverwerkingssoftware en van de plaatsen waar deze werkzaam is, verloopt het proces veel trager dan nodig is; concentratie op twee essentiële plaatsen (meetopstelling en apollo) wordt aanbevolen.
- Het instellen van het Hentschel systeem en het optimaliseren van de factoren kost erg veel tijd. Waarschijnlijk kan alleen ervaring dit proces versnellen. Bijhouden van het soort experimenten, de meetomstandigheden en de benodigde instelwaarden van het Hentschelsysteem in een "logboek" kan hierbij zeer nuttig zijn.
- Het maken van proefmateriaal en markers met kleine diameter moet in de toekomst sneller, beter en gecontroleerder kunnen plaatsvinden.
- Er moet een andere koelmethode worden gevonden voor de camera, wanneer deze verticaal is opgesteld. Gedacht kan worden aan perslucht.