

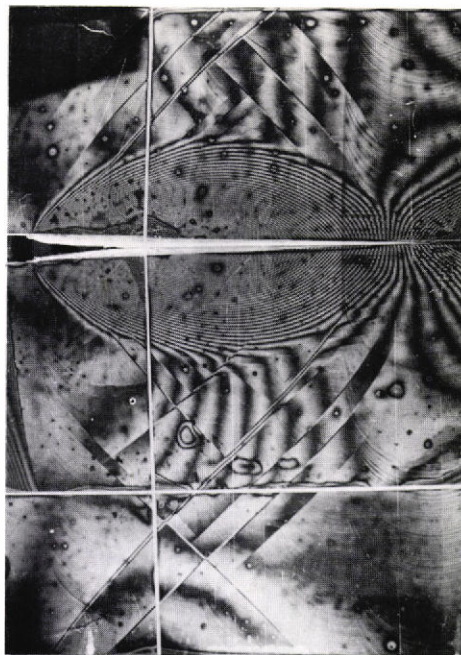
Continue registratie van vervormingen

Bij het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies te Rijswijk worden vele proeven uitgevoerd om beter inzicht te verkrijgen in het gedrag van constructie-onderdelen of -materialen. Dit gedrag kan meestal alleen maar worden bepaald door het vervormingsbeeld te registreren.

Volstaat men met de controle in een aantal punten dan biedt toepassing van rekstrookjes uitstekende mogelijkheden. Bij betonnen proefstukken wordt dikwijls een stramien van meetpuntjes aangebracht. Met een (elektronische) afneembare rekmetrator kan het rekverloop tussen deze puntjes worden geregistreerd.

Soms wordt de breedte van ontstane scheuren zo goed mogelijk bepaald door observatie met scheurenloupes. Toch blijkt in vele gevallen de informatie achteraf minder volledig te zijn dan men had gedacht. Er bestaat dan geen enkele mogelijkheid de gewenste informatie alsnog te achterhalen.

Een voor de hand liggende gedachte is dan het nemen van foto's. Het proefstuk kan worden voorzien van een ruitennet



Afb. 1. Bezwijkproef van het Metaalinstituut TNO. De horizontale lijnenrasters (8 lijnen per mm) op het proefstuk geven een moiré-patroon voor de verticale verplaatsingen van het proefstuk ten opzichte van het 'drijvende' vergelijkingsraster.

dat tijdens de verschillende fasen van de proef wordt gefotografeerd. Bij projectie van de foto's ontstaat de mogelijkheid metingen te verrichten aan – eventueel sterk vergrote – beelden. In het algemeen is deze methode weinig nauwkeurig. Veel effectiever zijn echter twee andere continue registratietechnieken: de bekende moiré-methode en de sinds kort toegepaste spikkel-correlatie-methode.

Moiré methode

Indien het proefstuk redelijk vlak is, biedt de moiré methode goede mogelijkheden. Op het proefstuk wordt een lijnenraster aangebracht met een dichtheid van 6 tot 40 lijnen per mm, afhankelijk van de grootte van de verwachte vervormingen. Plaatst men nu op het proefstuk een vergelijkingsraster dat er als het ware op

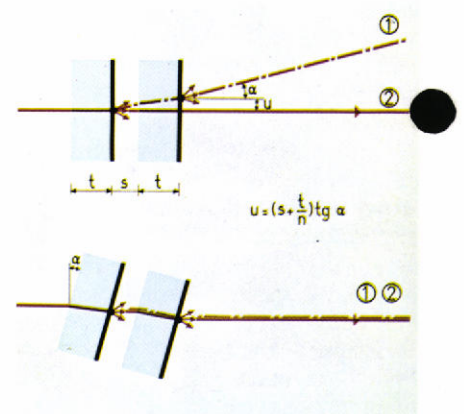
Afb. 2. Spikkelpatroon op een voorwerp door verlichting met laserlicht.

drijft (bijv. met een dun laagje olie) dan ziet men rechtstreeks de zgn. moiré-lijnen, die te beschouwen zijn als contourlijnen waaruit de verplaatsing loodrecht op het lijnenraster blijkt. De dichtheid van het ontstane moiré-patroon is een maat voor de rek in de richting loodrecht op het beschouwde lijnenraster.

Een voorbeeld is gegeven in afbeelding 1. Opvallend zijn de vloeilijnen op enige afstand van de kerf, de zgn. Lüderse lijnen.

Spikkel-correlatie methode

Het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies heeft een variant ontwikkeld van de spikkel-correlatie methode, waardoor veelzijdig, routinematig gebruik mogelijk is geworden. De verplaatsingen van het proefstuk kunnen puntsgewijs in richting en grootte worden bepaald met een

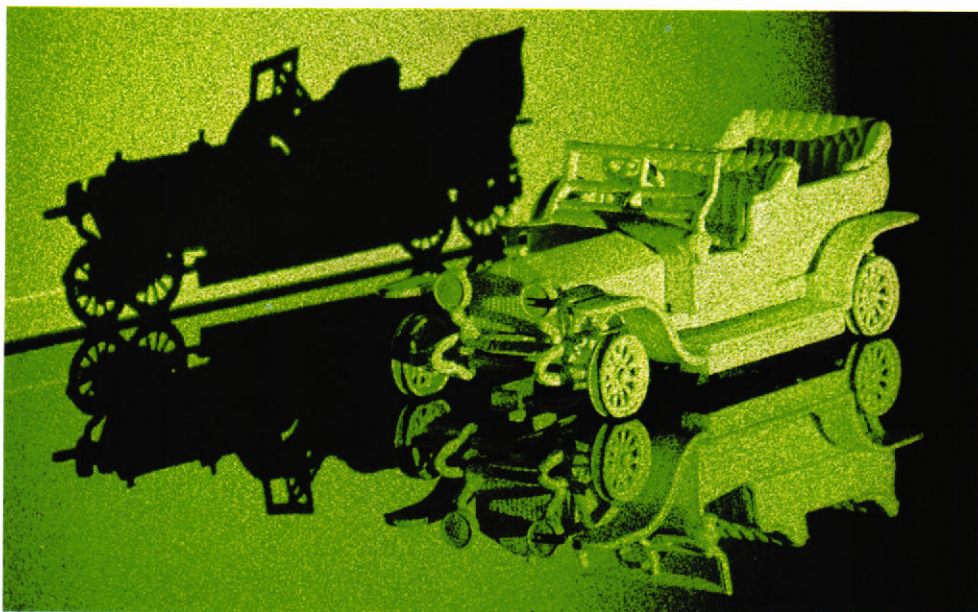


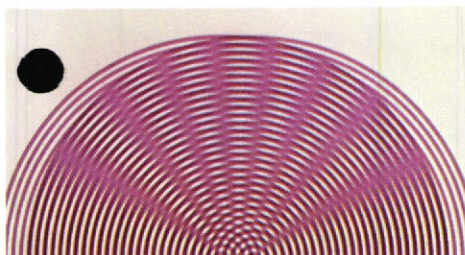
Afb. 3. 'Sandwich'-opstelling voor de uitwerking van de spikkel-correlatie methode. 3a: Bepaling van de verplaatsing u; 3b: rotatie van de 'sandwich'.

relatief hoge gevoeligheid. Deze methode levert niet zulke contrastrijke overall-beelden als de moiré methode. Een groot voordeel is echter dat geen raster op het proefstuk behoeft te worden aangebracht.

Verlicht men een voorwerp met laserlicht dan is daarop duidelijk een spikkelpatroon zichtbaar. Dit ontstaat door de interferentie van het gereflecteerde licht van dicht bij elkaar liggende punten (zie afb. 2). Het patroon is als het ware met het voorwerp vast verbonden. Van dit voorwerp wordt nu een foto gemaakt op een film met een hoog oplossend vermogen, die het spikkelpatroon tot in de fijnste details vastlegt. Een tweede foto, van het voorwerp in iets vervormde toestand, levert een spikkelpatroon dat iets is verplaatst.

Voor de interpretatie worden beide negatieven in een opstelling geplaatst (zie afb. 3a). Voor één negatief geldt dat het spikkelpatroon een verstrooiing van het licht veroorzaakt als men een smalle laserstraal door een punt van het negatief zendt; het vormt als het ware een nieuwe puntvormige lichtbron. Bij beide negatieven samen vormen de overeenkomstige punten van beide



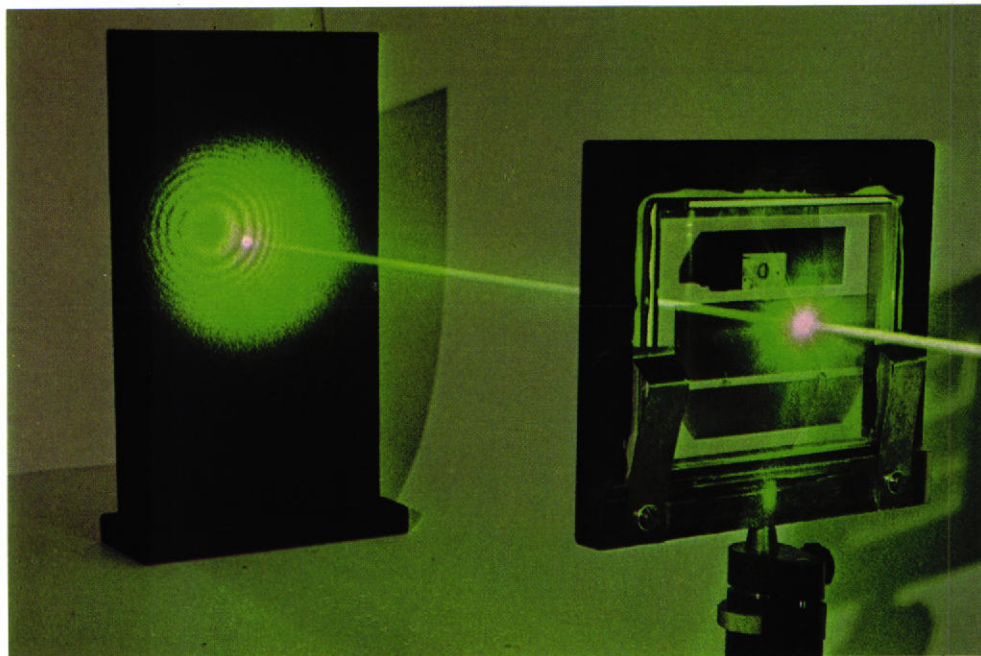
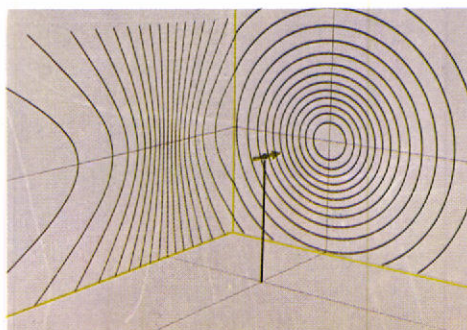


Afb. 4. Interferentiepatroon van twee coherente lichtbronnen in het platte vlak.

patronen coherente lichtbronnen die tot interferentie zullen komen. In afbeelding 4 is het interferentiepatroon van twee puntlichtbronnen in het platte vlak weergegeven.

In afbeelding 5 is het interferentiepatroon weergegeven op een vlak dat evenwijdig is aan de verplaatsing van de puntlichtbronnen en op een vlak loodrecht op deze richting. Deze laatste afbeelding vertoont een grote overeenkomst met de afbeelding uit afbeelding 3a. De overeenkomstige punten van de twee negatieven zijn over een grote afstand verplaatst in de richting van de laserbundel; de dikte van de glasplaat zit er immers tussen. De verplaatsing loodrecht daarop – die we juist wensen te kennen – is aanmerkelijk kleiner en veroorzaakt een verschuiving van het

Afb. 5. Interferentiepatroon in de ruimte ten gevolge van twee puntvormige lichtbronnen. Het patroon van afbeelding 4 wordt als het ware geroteerd om de verplaatsingsas van de overeenkomstige lichtbronnen; aangegeven door de pijl.



Afb. 6. 'Sandwich'-opstelling met de doorgaande laserbundel en het lichtelijk verschoven cirkelvormige patroon.

cirkelvormige patroon ten opzichte van de doorgaande laserstraal (zie afb. 6). De verbindinglijn tussen het centrum van het cirkelpatroon en de doorgang van de laserstraal geeft de gezochte verplaatsing in grootte en richting aan (zie afb. 3a). Deze lijn kan worden opgemeten; de verplaatsing kan nog eenvoudiger worden bepaald door een rotatie van de gehele 'sandwich' waardoor beide middelpunten weer samenvallen (zie afb. 3b).

Met deze methode kunnen tijdens de proef snel en volkomen routinematig foto's worden gemaakt die achteraf naar believen kunnen worden uitgewerkt en eveneens naar willekeur onderling kunnen worden vergeleken. Uiteraard worden alleen die fases van de proef uitgewerkt die na beëindiging van de proef belangrijk worden geacht. Het belangrijkste is wel dat alle informatie van de proef volledig aanwezig is. Indien achteraf andere zaken belangrijk blijken is ook de informatie daarover eenvoudig te achterhalen. Dit in tegenstelling tot allerlei andere meetmethoden.

Enkele voorbeelden

In afbeelding 7 is een opstelling weergegeven van een samenstel van stalen buizen onder wisselbelasting. De scheur die ontstaat in de aansluiting wordt geregistreerd.

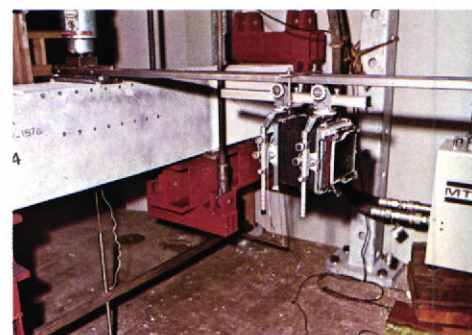
In afbeelding 8 is te zien dat de methode eveneens zeer geschikt is voor het bepalen van het vervormingsgedrag en de scheurvorming van gewapend-betonbalken. Vanwege het grote te bestrijken oppervlak van de balken is in het middengedeelte een kunstmatig patroon van zwarte spikkels aangebracht. Zonder bezwaar kan hierbij tegelijkertijd ook van traditionele meettechnieken worden gebruik gemaakt.

Met de nieuwe techniek is het echter



Afb. 7. Samenstel van twee stalen buizen onder wisselbelasting. De camera is in de directe omgeving van de te verwachten scheur aangebracht, waarop ook de (rode) laserbundel is gericht.

mogelijk de plaats en de ontwikkeling van alle scheuren te volgen waarbij het ook mogelijk is een eventuele dwarsverschuiving in de scheur te constateren.



Afb. 8. Spikkel-correlatie toegepast bij een gewapend-betonbalk. De camera wordt op constante afstand van de balk gehouden door de stangen, waarbij het eigen gewicht van camera en stangen wordt uitgebalanceerd. Overigens zijn hier duidelijk twee horizontale rijen van meetpuntjes zichtbaar voor een controle meting met een afneembare rekometer.

Voor nadere informatie:
Instituut TNO voor Bouwmaterialen en
Bouwconstructies, ir. W. J. Beranek,
Postbus 49, 2600 AA Delft, tel.:
(015) 1382 22.