

DE ONTWIKKELING VAN EEN NIEUW TYPE AFNEEMBARE REKMETER

U.D.C. 00.111.222

Bij het experimenteel onderzoek van constructies wordt voor het meten van lengteveranderingen dikwijls gebruik gemaakt van afneembare mechanische rekmeters. Het principe van het tot nu toe veel toegepaste type is schematisch in figuur 1 weergegeven.

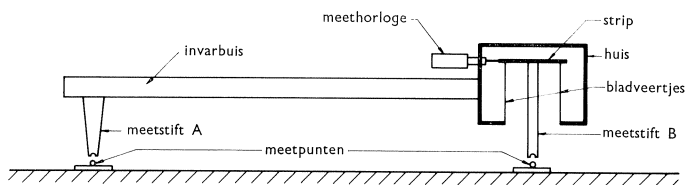


Fig. 1. Schematische weergave van een afneembare mechanische rekmeter.

Aan één uiteinde is een invar buis voorzien van een vaste meetstift (A). Aan het andere uiteinde van de buis is een 'huis' bevestigd, met daarin twee bladveertjes die aan hun bovenzijde zijn verbonden door een stijve strip. Aan deze strip is een tweede meetstift (B) bevestigd. Een tijdens de rekmeting optredende verplaatsing van meetstift B t.o.v. meetstift A heeft tot gevolg, dat de bladveertjes mee verbogen worden. De grootte van die verplaatsing is gelijk aan die van de strip t.o.v. het huis en kan dus worden gemeten met behulp van een meethorloge, dat aan het huis is bevestigd en dat met zijn beweegbare stift tegen de strip rust. Op de te meten constructie worden plaatjes aangebracht, met een erop bevestigd kogeltje. De meetstiften worden met hun conisch uitgeboorde voeteinde op de kogeltjes geplaatst.

Oorspronkelijk werd dit type rekmeter met handkracht op de kogeltjes gedrukt. Tengevolge van de hierbij optredende variabele krachten kunnen vervormingen in het meetinstrument optreden in de orde van grootte van 0,005 à 0,01 mm. In geval van een meetlengte van 30 cm komt dit bij beton met een elasticiteitsmodulus van 300 000 kgf/cm² overeen met spanningen van 5 à 10 kgf/cm².

Aangezien een dergelijke meetfout veelal ontoelaatbaar is, werden aan zo'n instrument zodanige bijkomende voorzieningen getroffen, dat het tijdens het aflezen niet met de hand behoeft te worden vastgehouden en de afmetingen aldus gevrijwaard blijven van de bedoelde vervormings-metfout.

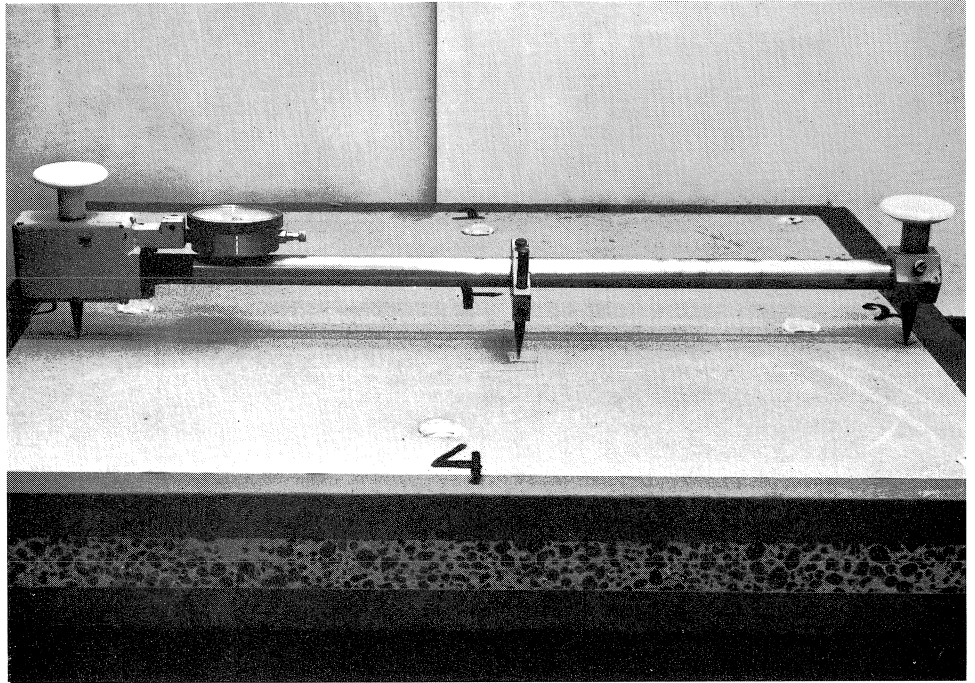


Fig. 2. Oorspronkelijke rekmeter op een horizontaal vlak.

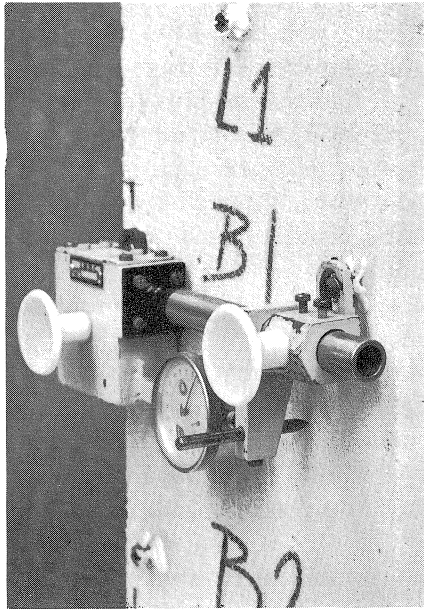


Fig. 3. Oorspronkelijke rekmeter bij meten op een verticaal vlak, in horizontale richting.

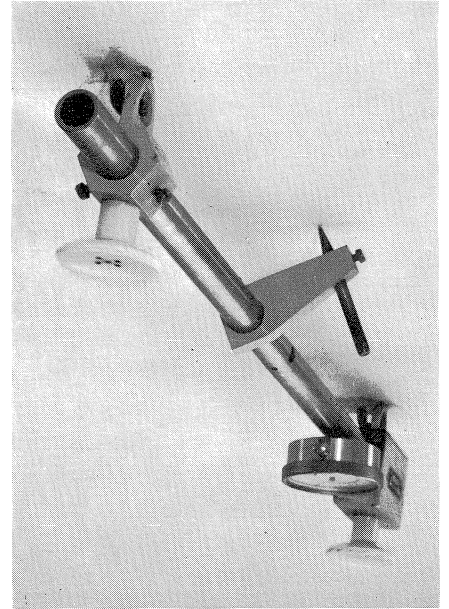


Fig. 4. Oorspronkelijke rekmeter, bij meten aan de onderzijde van een balk.

- Voor meten op een horizontaal vlak werd de beschreven rekmeter voorzien van een derde steunpunt, zie figuur 2.
- Voor meten aan een verticaal vlak, in horizontale richting, werd het uiteinde van de meetstiften voorzien van een oogje, zoals in figuur 3 wordt getoond. In plaats van plaatjes met kogeltjes wordt bij deze meting gebruik gemaakt van tapeinden met kogeltjes, die in de te onderzoeken constructie worden aangebracht. De rekmeter kan aldus aan deze meetpunten worden opgehangen. In figuur 4 is te zien hoe met deze rek-meter aan de onderzijde van een balk kan worden gemeten.
- Voor meten aan een verticaal vlak, in verticale richting, moest gebruik worden gemaakt van haaks omgezette meetstiften (zie figuur 5 bovenaan). Teneinde de rek-meter in dit geval klemmend aan de meetpunten te kunnen bevestigen, dienden de bladveertjes bovendien veel stijver te worden uitgevoerd.

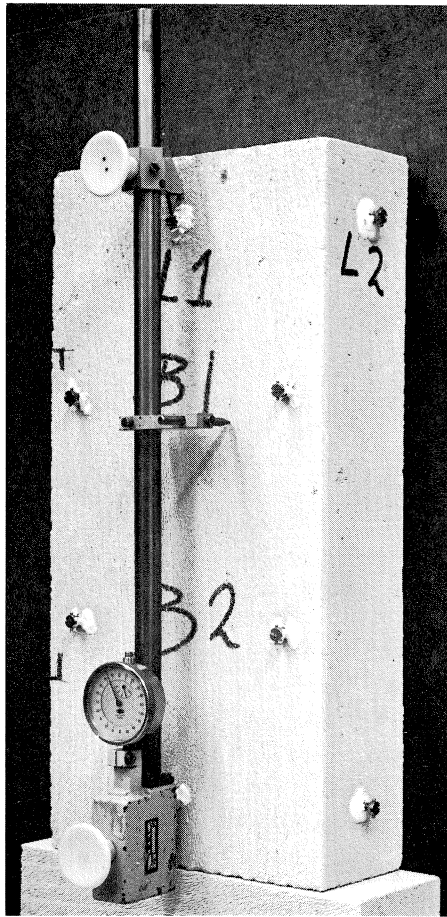


Fig. 5. Oorspronkelijke rek-meter, bij meten aan een verticaal vlak in verticale richting.

De meetnauwkeurigheid kon door de bovenbeschreven werkwijzen worden opgevoerd tot 0,001 à 0,002 mm. Als nadeel geldt echter, dat men over diverse uitvoeringen van de rek-meter dient te beschikken. Onderlinge vergelijking van meetresultaten wordt daardoor bovendien moeilijker, omdat de meetfout voor de verschillende uitvoeringswijzen van de rek-meter kan verschillen.

De nieuwe rek-meter

Een nieuw type rek-meter werd thans ontwikkeld, waarbij het mogelijk is om in elke gewenste richting te meten met één uitvoeringsvorm.

De constructie van het nieuwe type wijkt in sterke mate af van die van het in het voorgaande behandelde apparaat, en berust in principe op het zodanig vergroten van de veerkracht van het meethorloge, dat het instrument klemmend tussen de meetpunten kan worden aangebracht.

In eerste instantie werd gemeend dit doel te bereiken met behulp van een drukveer. Deze bleek echter knikverschijnselen te vertonen, waardoor wrijvingskrachten tegen de wand van de buis werden opgewekt, die de meetnauwkeurigheid verminderen. De constructie werd toen zo gewijzigd, dat de veer op trek belast werd. Figuur 6 laat de nieuwe rekmeter zien. De beweegbare stift van het meethorloge werd verlengd met een stalen staafje. Om dit laatste werd een spiraalvormige trekveer aangebracht, waarvan één uiteinde aan het staafje en het andere uiteinde aan het 'huis' werd vastgemaakt.

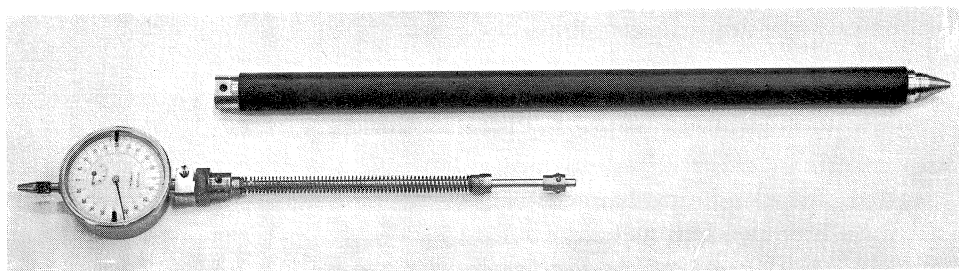


Fig. 6. Nieuwe rekmeter: meethorloge losgemaakt van de invar buis.

De lengte van de veer is zo groot mogelijk gekozen, teneinde te bereiken dat de veerkracht zo weinig mogelijk verandert bij verplaatsing van de beweegbare stift over het volle meettraject. Voor het in figuur 7 afgebeelde instrument, geschikt voor een meetlengte van 50 cm, is de vereiste veerkracht ongeveer 200 gf.

Het grote voordeel van deze nieuwe rekmeter t.o.v. de eerder genoemde typen blijkt onder meer uit het volgende praktijkgeval.

Gevraagd werd de variatie van de normaalkracht te bepalen in een stalen buis met een grote diameter, welke diende om twee damwanden op elkaar af te schoren.

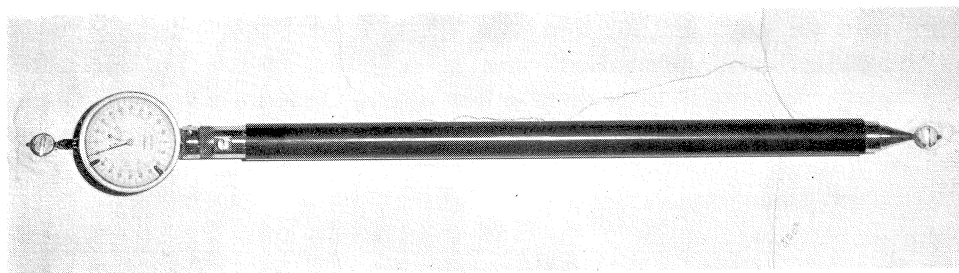


Fig. 7. Nieuwe (universele) rekmeter in gebruik op een willekeurige meetplaats en in een willekeurige meetrichting.

Teneinde buiging en temperatuursinvloeden te kunnen elimineren moesten in één doorsnede op verscheidene plaatsen zowel in axiale als tangenciale richting de lengteveranderingen bekend zijn.

Behalve door normaalkrachten traden in de buis ook lengteveranderingen op door temperatuursvariaties. De metingen werden verricht op tijdstippen dat de buis niet door de zon werd beschenen, zodat aangenomen kon worden dat de gehele buiswand een gelijkmatige temperatuur had.

Een specifieke lengteverandering in axiale richting (ε_a) kan men samengesteld denken uit twee componenten, te weten t.g.v. de aanwezige normaalkracht (ε_{an}) en t.g.v. de vrije uitzetting door temperatuursvariaties (ε_{at}), dus:

$$\varepsilon_a = \varepsilon_{an} + \varepsilon_{at}$$

Een specifieke lengteverandering in tangentiale richting (ε_d) is opgebouwd uit een term veroorzaakt door de dwarscontractie t.g.v. de normaalkracht ($-\nu\varepsilon_{an}$) en een term t.g.v. de vrije uitzetting door temperatuursvariaties (ε_{dt}), dus:

$$\varepsilon_d = -\nu\varepsilon_{an} + \varepsilon_{dt}$$

Aangezien $\varepsilon_{at} = \varepsilon_{dt}$ is, en voorts ν voor staal bekend is ($\approx \frac{1}{3}$), kan uit een meting in beide richtingen, mits op hetzelfde tijdstip gedaan, ε_{an} worden afgeleid. Uit bovenstaande vergelijkingen volgt nl.:

$$\varepsilon_{an} = \frac{\varepsilon_a - \varepsilon_d}{1 + \nu}$$

De normaalkracht (N) in de buis kan worden berekend door de aldus bepaalde waarde van ε_{an} te vermenigvuldigen met de elasticiteitsmodulus (E_a) van staal en met het oppervlak (A) van de ringvormige doorsnede, of in formulevorm

$$N = \varepsilon_{an} E_a A$$

Het voordeel van de hierbij gebruikte rekmeter is dus in de eerste plaats gelegen in de mogelijkheid om met één apparaat alle metingen te verrichten. Door deze omstandigheid werden bij de onderhavige meting, die was bedoeld om de normaalspanning in de buis te bepalen, bovendien de belangrijkste meetfouten van de rekmeter (nl. die door temperatuursverschillen) geëlimineerd.