EINDHOVEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Des duivels prentenboek (DDP). Deel 11

Citation for published version (APA):
Dijk, van, D. M., & Groot, de, J. (1979). Des duivels prentenboek (DDP). Deel 11. *Constructeur*, *18*(7), 30-34.

Document status and date:
Gepubliceerd: 01/01/1979

Document Version:
Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

• A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
• The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
• The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

Link to publication

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
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the “Taverne” license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Download date: 06. Nov. 2024

DES DUIVELS PRENTENBOEK (DDP)

(11)

Samengesteld door de Sectie WP,
afd. der Werktuigbouwkunde
van de Technische Hogeschool Eindhoven

D.D.P. 64▼

Bij het ontwerpen van veerconstructies is het veelal nuttig eerst het benodigd volume aan veermateriaal te bepalen voor men in detail alle afmetingen vast gaat stellen. Voor alle belastingsgevallen is er een vaste relatie tussen de opgehoopte arbeid per volume-eenheid en de optredende spanning. Zo geldt voor een dunwandige ronde en holle torsiestaaf (alle vezels maximaal belast):

$$\frac{A}{V} = \frac{\tau^2}{2G}$$

en voor een massieve ronde staaf (of schroefveer)

$$\frac{A}{V} = \frac{\tau^2}{4G}.$$

Voor trekstaven geldt:

$$\frac{A}{V} = \frac{\sigma^2}{2E}.$$

Voor rechthoekige staven, door een constant moment gebogen volgens een hoofdtraagheidsas geldt:

$$\frac{A}{V} = \frac{\sigma^2}{6E}$$

(hetzelfde geldt uiteraard voor een balk met constante hoogte en met een met het moment evenredige breedte). Voor een rechthoekige staaf, belast door een t.g.v. een dwarskracht van nul tot maximum oplopend moment, geldt:

$$\frac{A}{V} = \frac{\sigma^2}{18E}.$$

Voor ronde staven veranderen de bovengenoemde coëfficiënten $\frac{1}{6}$ en $\frac{1}{18}$ in respectievelijk $\frac{1}{8}$ en $\frac{1}{24}$.

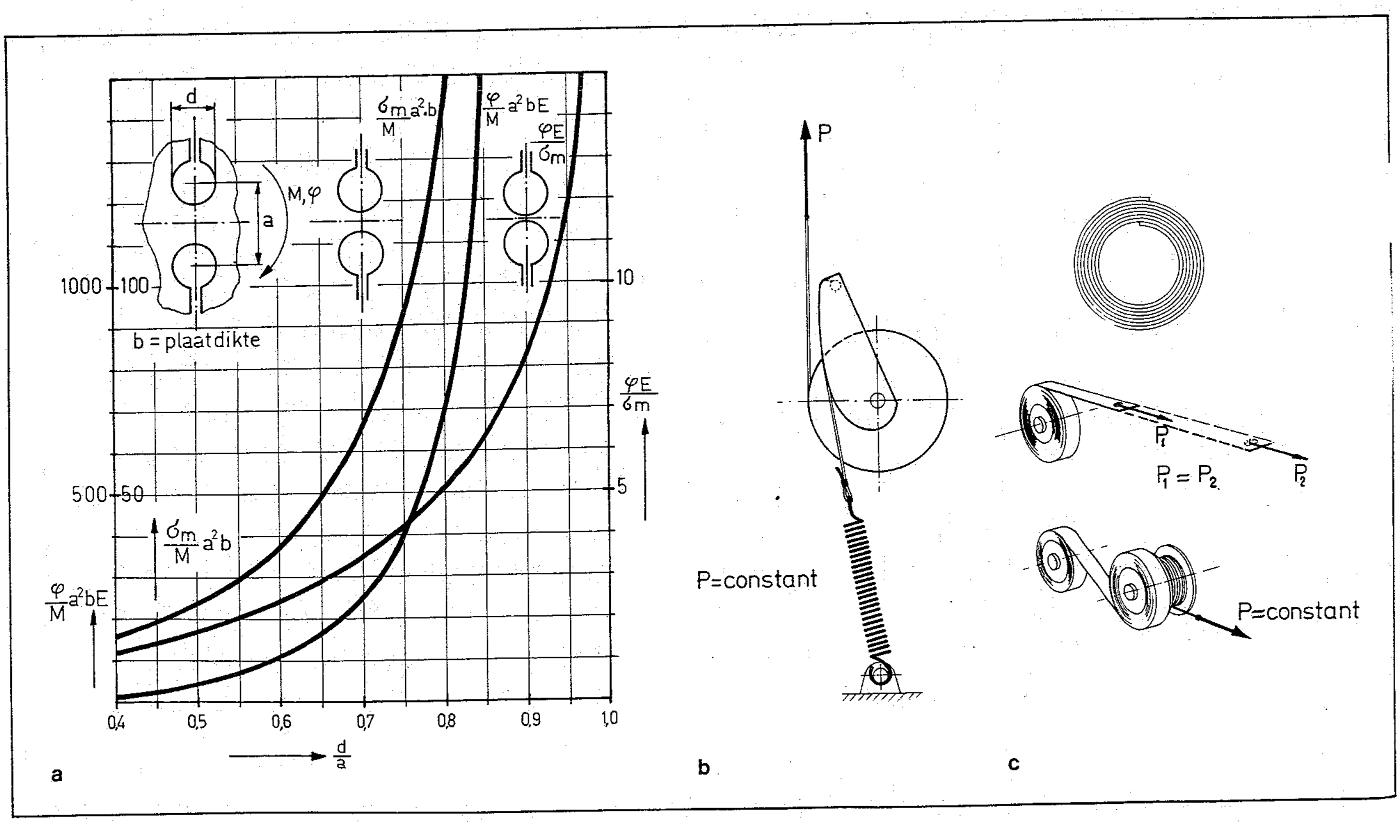
Met geboorde gaten en zaagsneden kunnen uit staalplaat goedkoop veerconstructies worden gemaakt. D.D.P. 64a (van Cupido) geeft enige informatie omtrent stijfheid en elastisch werkgebied van dergelijke scharnieren. Voor instellen, nastellen en uitrichten mag men eventueel tot het plastische gebied gaan, waardoor het bereik sterk wordt vergroot. De op te nemen arbeid neemt dan enorm toe. Men realisere zich dat b.v. voor de trekstaaf de plastisch op te nemen specifieke arbeid

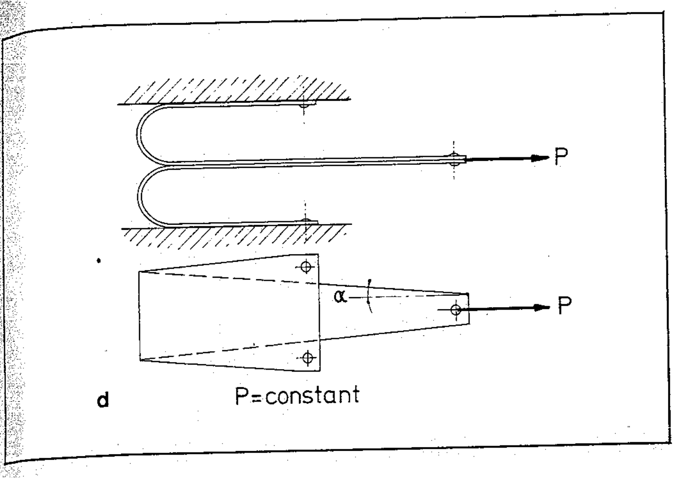
$$\frac{A}{V} = \frac{dl}{\sigma_{v1}},$$

wel honderd maal zo groot kan zijn als de elastisch op te nemen

$$\frac{A}{V} = \frac{\sigma^2}{2E}.$$

D.D.P. 65 en 66 geven voorbeelden van dergelijke constructies.





De bovenstaande formules zijn algemeen geldig voor lineaire veren want ze zijn gebaseerd op de stelling

$$A = \tfrac{1}{2}\,c \cdot x^2 = \frac{p^2_{max}}{2c}.$$

Dit indiceert dat men dus met een simpele lineaire veer geen verplaatsingen kan realiseren onder een constante kracht want dan zou C=0 dus A en V oneindig moeten zijn.
Wél constante krachten kan men bereiken met gewichten, met cilinders of balgen met olie of lucht, met magneetvelden enz., maar toch ook wel met veren: door ze te belasten in een instabiel gebied (bijv. knikstaaf of schotelveer in bepaald gebied), door een veer te koppelen met een geschikte 'variabele overbrenging', afbeelding 64b, door meer veren in een mechanisme te laten samenwerken (zie D.D.P. 67), of door een constructie die onder volle belasting bij verplaatsing evenredig méér materiaal aanbiedt, waarbij dus deeltje na deeltje belast wordt. Dit gaat lastig met torsiestaven (hoewel textieldraden zo gesponnen worden!) en met trekstaven (hoewel lasten en liften zo dalen via een geremde kabeltrommel of snaarschijf), maar goed met buiging: staalband, voorgevormd op kromtestraal r_1 (van een rol) 'achterover' (met een straal $-r_2$) oprollen op een rol 2, bijv. de tensatorveer, afbeelding 64c. Wil men méér staalbanden tegelijk (gebundeld) gebruiken dan moet men i.v.m. optredende lengteverschillen slechts één band vastzetten op de rollen en de andere er bijv. via een beugeltje langs laten slippen. Het *werkzame* volume is evenredig met de opgehoopte arbeid: dus is

$$\frac{A}{V} = \frac{\sigma^2}{6E} = \text{constant}$$

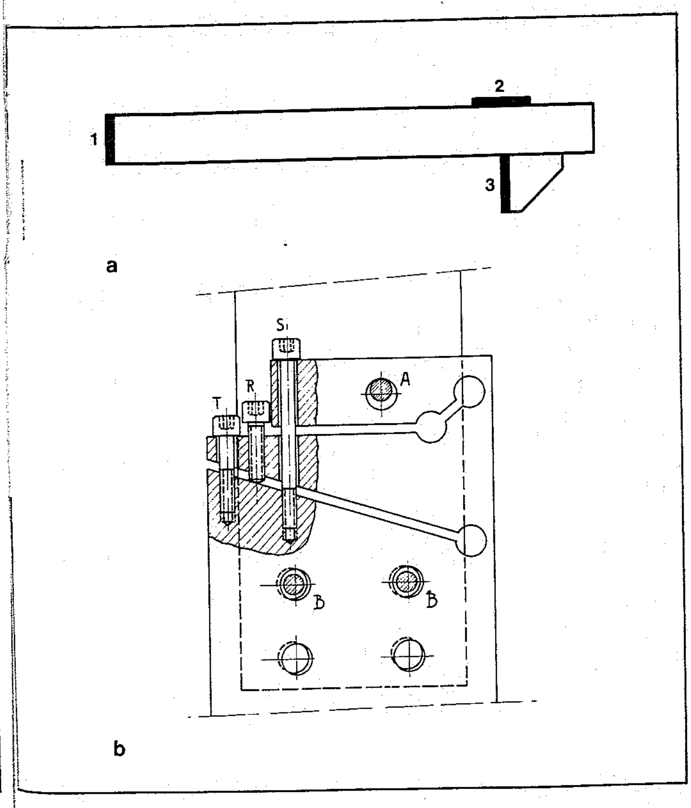
en heeft σ voor elk *belast* deeltje een zelfde vaste waarde. De hele constructie reageert met 'P=constant, c=0'.

Op dit principe ontwikkelde D. M. van Dijk (THE, WP) een veer volgens afbeelding 64d, uitgaande van twee vlakke stroken veermateriaal, waarbij dus bij voortschrijdende uitrekking x steeds meer veermateriaal (n.l. een steeds grotere breedte) onder spanning komt; er is dus een volume toename bij zelfde spanningsverdeling en dus een veerkracht die evenredig is met de tapsheid (hoek α).

Door α geschikt te kiezen of te variëren over de lengte van de strook kan men elk gewenst krachtsverloop P=f (x) realiseren!

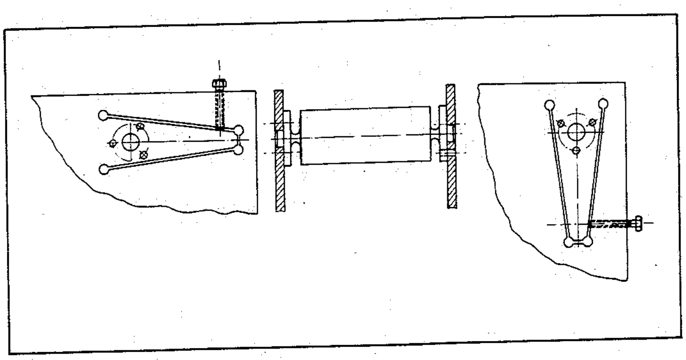
D.D.P. 65

Bij een zeer groot optisch apparaat is door W. Gijzen, THE groep WP, een als kokerbalk uitgevoerd deel opgehangen en uitgericht t.o.v. de rest d.m.v. drie verenstalen strippen. In bovenaanzicht is de stand van de strippen als volgt (afb. a):
Het vooraanzicht van het ondereind van zo een strip is in afb. b met onderbroken lijnen aangegeven. Het 'oor' waarmee de koker aan de strip is opgehangen, is van staalplaat, voorzien van geboorde gaten en ingezaagde sleuven. Tijdens het instellen hangt het oor alleen aan een pen in gat A. Met bout S is nu de verticale en met bout T de horizontale coördinaat nauwkeurig in te stellen. Bout R voorkomt dat S iets van de taak van T zou overnemen. Aanhalen van de bouten B (met onderlegringen en in ruime gaten) geeft de fixatie van de verkregen instelling.



D.D.P. 66▼

Bij het doorvoeren van foliebanen door bewerkingsmachines worden hoge eisen aan de evenwijdigheid van de geleiderollen gesteld. Nog beter is: een nauwkeurige instelmogelijkheid om ook bij niet ideaal rechte foliebaan – bijv. eenzijdig gerekt of verwarmd – de folieloop te sturen. D.D.P. 66 geeft een voorbeeld van een goedkope constructie met twee op elkaar geboorde en geruimde frameplaten, waarbij de rollen bij montage reeds zeer goed evenwijdig staan. Bijstellen met de getekende bouten geeft een ongeveer 100-maal verkleinde verplaatsing (door buiging en afschuiving, bij grotere verplaatsingen ook door vloei) van de rolhartlijn in horizontale resp. verticale richting.



D.D.P. 67▼

Veerconstructies hebben het voordeel dat reële speling en wrijving vervallen; het nadeel dat de beweging niet zuiver rechtlijnig (of roterend) is, dat de slag bovendien beperkt is door de vloeigrens van het materiaal, en dat de veerstijfheid maakt dat verplaatsing een kracht oproept. Dit laatste effect zou men kunnen opheffen door een tweede veer, met 'negatieve veerstijfheid'.

Ir. J. van Eijk (TH-Delft groep Fijnmechanische Techniek) bereikt dit door een tweezijdig ingeklemde bladveer ter lengte L, (fig. a) die door toenadering van de inklemmingen met een weg ΔL tot knikken is gebracht, (zie stippellijnen in fig. b) een tweede orde knikvorm op te dringen volgens de getrokken lijn in fig. b). Dan wil het midden van de veer M naar links of naar rechts uitwijken met een kracht die over een lang traject (ca. 90% van het gehele gebied) evenredig is met de uitwijking (x) van M uit de middenstand, dus met een negatieve veerconstante (groot $c = -20\,\pi^2 \mathrm{EI}/_{\mathrm{L}}3$).

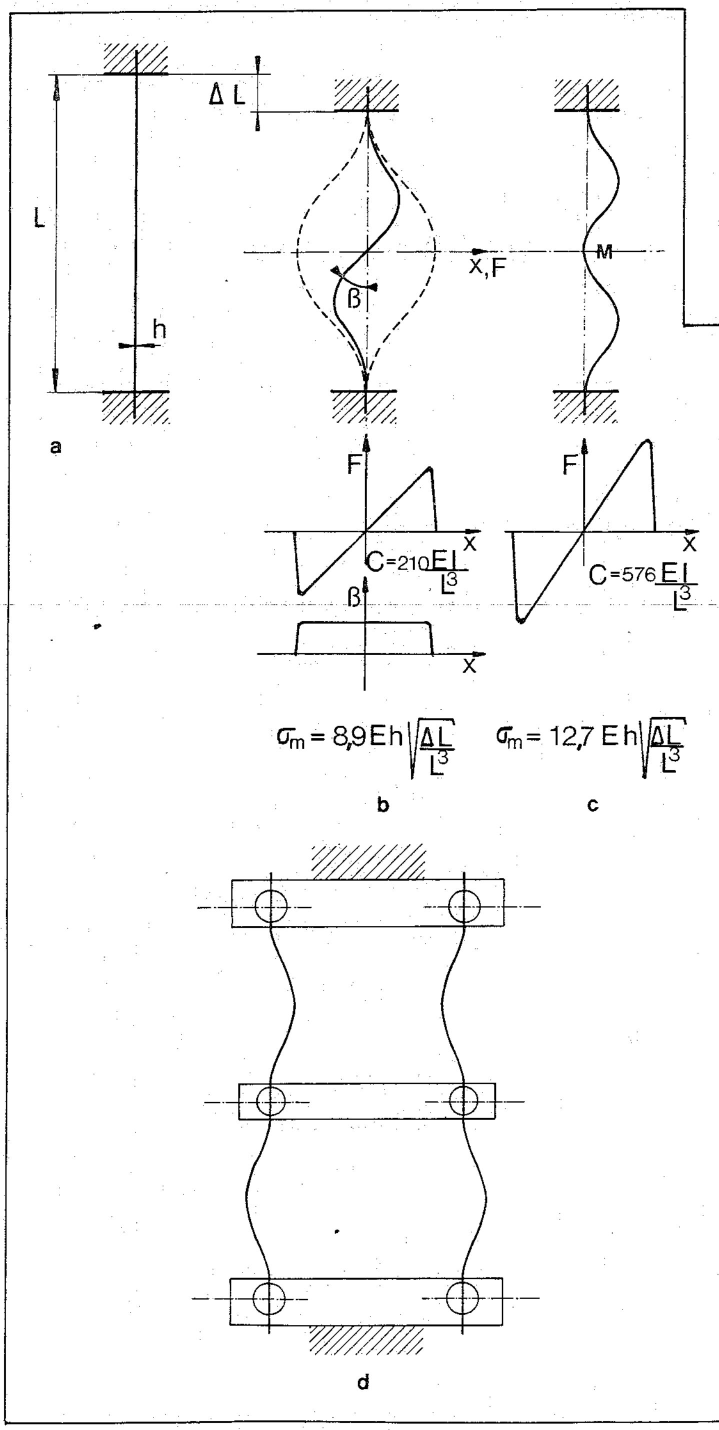
Een klein nadeel van deze constructie is dat de hoek β van de veer ter plaatse M varieert, zodat de veer moeilijk spelingvrij is beet te pakken. Overigens blijft β over een vrij groot gebied toch wel praktisch constant zodat men over dat gebied de veer wel vast kan inklemmen onder de hoek β die de veer in de minddenstand aanneemt (afhankelijk van ΔL).

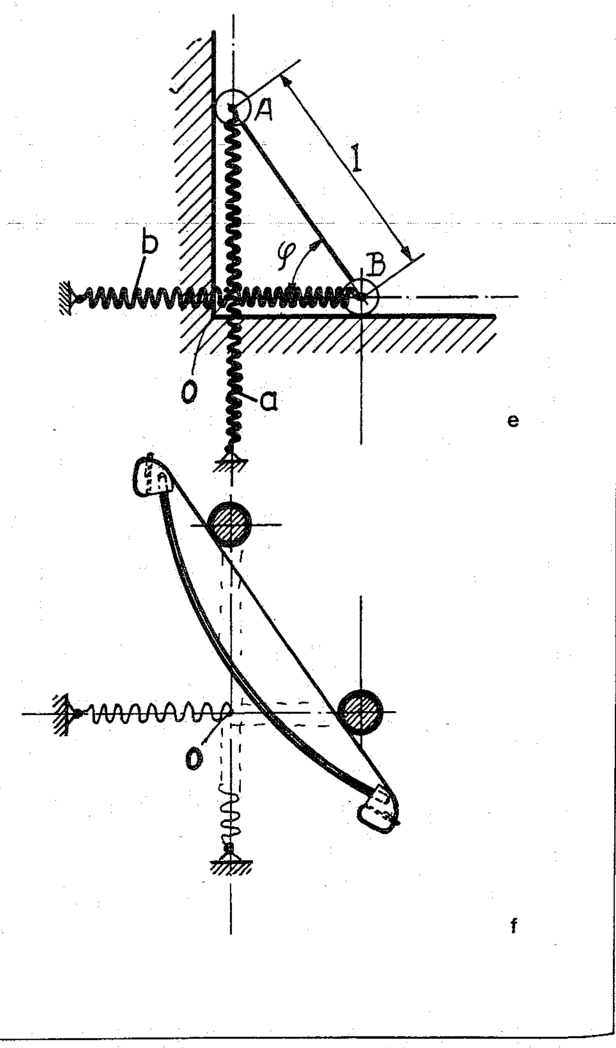
Een verbetering kan zijn de uitvoering volgens afb. c) waarbij de veer in M is ingeklemd onder een hoek β van 0°. Deze veer is in 2 vormen denkbaar: volgens c) met een (labiel) koppel nul op zijn midden inklemming of volgens d) met een koppel dat dan bij parallelgeleiding met twee veren, in de tweede veer wel tegengesteld moet zijn.

Een andere en zeer elegante constructie van een veer met negatieve veerstijfheid bestaat in principe uit een tweede veer, rechtgeleid onder 90° t.a.v. de eerste, met dezelfde veerstijfheid c en met zijn evenwichtsstand in hetzelfde punt 0. (W. L. H. Schmid, TH-Eindhoven zie fig. 67e).

Verbindt men de vrije uiteinden A en B van de beide veren met een staaf lang 1 dan is de arbeid in veer a groot $A_a = \frac{1}{2}\,c1^2 \sin^2\phi$ en in veer b groot $A_b = \frac{1}{2}\,c1^2 \cos^2\phi$. De totale arbeid $A_a + A_b = \frac{1}{2}\,c1^2$. Deze is constant, dus geen functie van ϕ; de constructie is in elke stand in evenwicht.

De koppeling van de drukstaaf 1 met de veereinden A en B zal niet gemakkelijk wrijvings- en hysteresisvrij te krijgen zijn. Veel beter gaat dit met afrolling van een trekdraad ('pees') op een als een boog voorgespannen staaf met een knikkracht die de grootste drukkracht in 1 voldoende overschrijdt: zie D.D.P. 67f.





Algemeen geldt: De kracht

$$P = \frac{dA}{dx}$$

en de veerstijfheid

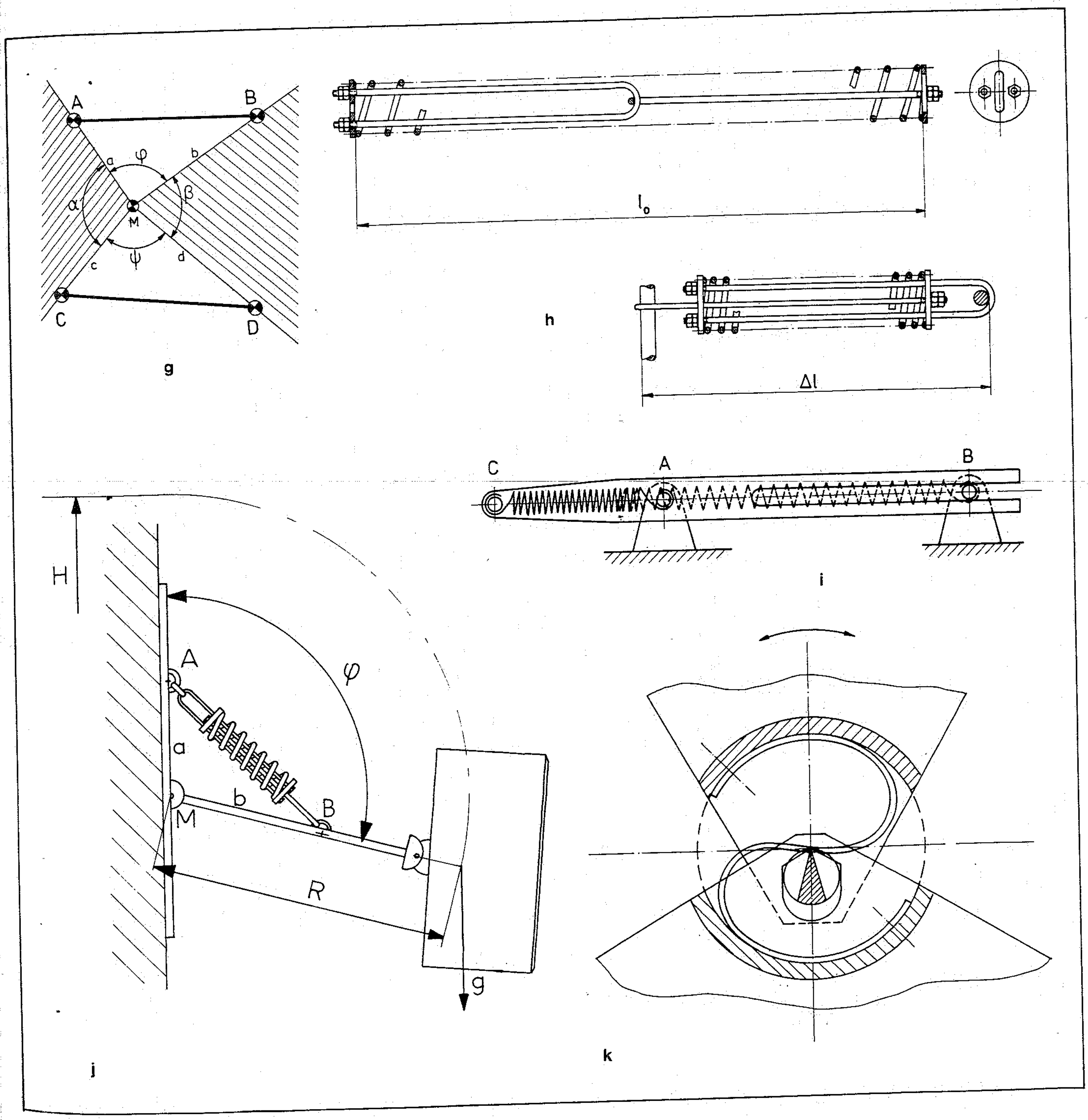
$$c = \frac{dP}{dx} = \frac{d^2A}{dx^2}.$$

Als de arbeid A constant is is de kracht P nul.

Dit is ook te bereiken met een in eerste orde benaderde rechtgeleiding voor de punten A en B, bijv. via een boog of een kromme, waarbij over het te benutten traject de raaklijn praktisch samenvalt met de theoretische rechte. Om ook de stijfheid c gelijk aan nul te maken moet de rechtgeleiding ook in tweede orde goed benaderd zijn, dus met een buigpunt in de baan. In feite heeft de voorgestelde oplossing een veel algemener geldigheidsgebied: bij elke willekeurige baan voor punt A is een aangepaste baan voor punt B te construeren die de gewenste eerste en zelfs tweede orde benadering geeft, waardoor én P én c over het hele beschouwde traject gelijk zijn aan nul. Dit is door D. M. van Dijk (THE-groep WP) toegepast in een slijtage beproevingsapparaat voor de groep WM en door Wittgen, Smolders en Van der Hoek in 'krachtloos' te spannen en te ontspannen aandrukveren voor arrêts volgens D.D.P. 43 voor produktdragers in montage-lijnen volgens de principes van D.D.P. 38.

D.D.P. 67g geeft een door J. Oostvogels (T.H.E. groep WP) ontwikkeld meer algemeen geldend model van verenstelsels met constante energie inhoud. De in het scharnierpunt M aan elkaar verbonden lichamen AMC en BMD worden op elkaar getrokken door de veren AB en CD.

Het in D.D.P. 67e geschetste principe is hiervan een bijzonder geval (gestelverwisseling: 1 uit fig. e = BMD uit fig. g; $\alpha = 0°$ en $AC = 0$).



AB en CD zijn 'uittrekkingen' van de veren; als de veer AB (met stijfheid k_{AB}) wordt losgekoppeld van DMB veert zijn uiteinde dat nu in B ligt juist terug naar A. Evenzo zou het uiteinde van D van de veer CD (stijfheid (k_{CD}) terug willen veren naar C. Willen we nu het lichaam BMD in zijn vlak vrij van M kunnen draaien zonder dat de veren bijv. een terugstelkoppel leveren, dus zodanig dat de resultante van beide veerkrachten altijd door het draaipunt M loopt, dan moet de totale veerenergie $E=\frac{1}{2}k_{AB}\cdot AB^2+\frac{1}{2}k_{CD}\cdot CD^2$ constant zijn. Dat wil zeggen dat bij een kleine hoekverdraaiing δ de veerenergie niet verandert dus $d\cdot E/d\cdot\delta=0$.
Men kan daartoe de lengtes AB en CD met behulp van de cosinusregel uitschrijven als functies van de lengtes a en b resp. c en d en de hoeken ϕ en $\psi+\delta$ resp. ψ en $\psi-\delta$. Dit leidt dan tot twee voorwaarden:
1) $\alpha+\beta=180°$
2) $k_{AB}\cdot a\cdot b=k_{CD}\cdot c\cdot d$
Men kan dus bijv. α ($=\angle$AMC) vrij kiezen; dan ligt hoek β ($=\angle$BMD) vast. Kiest men bijv. $\alpha=180°$ (AMC recht), dan wordt $\beta=0$ (MBD recht): een 'mast op een schip' die in alle standen in evenwicht is. In dit geval geldt dat ook nog voor hoekverdraaiing uit het vlak van tekening! Van de 4 lengtes a, b, c en d en de 2 stijfheden k_{AB} en k_{CD} kan men 5 stuks vrij kiezen; de zesde volgt dan uit voorwaarde 2).
De veren met 'ontspannen-lengte-nul' zijn als volgt gerealiseerd: zie D.D.P. 67h.
Om een samengestelde beugel wordt een drukveer met grote spoed geschoven en de moeren worden zo aangedraaid dat de ontspannen lengte l_0 van de veer juist correspondeert met de lengte van de uitgeschoven samengestelde beugel. Nu wordt de beugel in elkaar geschoven tot de ogen van de beugel door de sleuven in de eindplaten naar buiten komen. De afstand tussen de beugelogen is nu precies gelijk aan de Δl (indrukking) van de veer.
Anders moet men met 'overhangende nullengtes' werken.

$$\left.\begin{array}{l} CA - l_0 \\ AB = rek \end{array}\right\} \text{Zie D.D.P. 67i.}$$

Een andere toepassing van deze veren met 'ontspannen-lengte-nul' is compensatie van zwaartekracht (lampen, garagedeuren enz.) In D.D.P. 67j geeft Jan Oostvogels een in alle richtingen instelbare arm met luidsprekerbox. Voorwaarde is dat $mgh=k_{AB}\cdot a\cdot b$ en AM verticaal, dus evenwijdig aan g is. Geschikte keuze van de veerconstante k_{AB} of van de montagepunten van de veer maken dan dat deze opstelling exact uitgebalanceerd wordt. Een contragewicht, dat vaak veel ruimte vraagt en het totale gewicht van de constructie nadelig beïnvloedt, is dan overbodig geworden.

Een ander (zeer fraai) voorbeeld van een veer met constante energie-inhoud is de S-veer die J. M. Wolf (Wolf Techniek Valkenswaard) toepaste om stroomdoorgang te realiseren over een zeer lichtlopend lager heen. Zie D.D.P. 67k. De oorspronkelijke rechte veer wikkelt zich op de ene ronde wand elastisch evenveel op als hij zich op de andere wand afwikkelt. De hartlijn van de S roteert daarbij met de halve hoeksnelheid van het lager.
Er wordt geen koppel uitgeoefend, wel een voorspankracht die zowel bij elastische bladveer- (of kruisveer-) scharnieren als taats of kogellagertjes alsook bij meskanten gewenst kan zijn: reden om deze veer ook toe te passen waar geen stroomdoorgang gevraagd wordt.

(wordt vervolgd)

BOEKBESPREKING

Technische Schwingungslehre

Erster Band: einfache Schwinger
Teil A: lineaire Schwingungen
Karl Klotter, Günter Benz
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1978
425 blz., 175 fig., 20 tab.
Prijs: DM 64,–

Het boek is een nieuwe bewerking van een eerdere uitgave, welke deel uitmaakte van een door Klotter geschreven serie, bestaande uit een band 1: deel A, betreffende trillingen van systemen met één vrijheids graad; deel B, betreffende niet lineaire systemen en een band 2: betreffende veel vrijheidsgraden. De volledige titel van dit laatste boek was: Technische Schwingungslehre, zweiter Band: Schwinger von mehreren Freiheitsgraden.
De nieuwe uitgave begint met een vrij uitvoerige behandeling van een aantal wiskundige hulpmiddelen, zoals Fourier-analyse, Fourier- en Laplace-transformaties.
Vervolgens treffen we aan verschillende manieren van opstellen van de bewegingsvergelijking: de wet van Newton, het beginsel van d'Alembert (traagheidskrachten), virtuele arbeid en de vergelijking van Lagrange. Aansluitend wordt het lineairiseren behandeld.
Het oplossen van de bewegingsvergelijking, voor zover dit het homogene deel betreft, resulteert in de vrije trillingen.
Aan de hand van gevallen van elastische balken met constante doorsnede wordt ook de vrije trilling van continue systemen behandeld en wordt, naar de praktische bruikbaarheid gemeten echter te summier, de benaderende oplossing via het Rayleigh-quotiënt behandeld.
Daarna is aan de orde de gedwongen trilling als gevolg van krachten op de massa of door beweging van het steunpunt. Het betreft nu de oplossing van de niet homogene bewegingsvergelijking. Hieraan gekoppeld worden behandeld de harmonische trillingen, polaire diagrammen en actieve en passieve isolatie.
Een trilling kan ook opgewekt worden door het periodiek variëren van een parameter (massa en/of stijfheid). We spreken dan van parametrische excitatie, beschreven door de Hill'se differentiaalvergelijking.
Varieert de bewuste paramter harmonisch, dan hebben we een vergelijking van het Mathieu'se type welke leidt tot het opstellen van zg. stabiliteitskaarten.
Ook wordt behandeld het doorlopen van resonantiepunten. Ten slotte wordt ingegaan op de responsie van het systeem op éénmalige verstoringen, de zg. inschakelverschijnselen. Een vergelijking wordt gemaakt tussen oplosmethoden in het tijdsdomein (integraal van Duchamel) en het frequentiedomein (Laplace). Meer aandacht had mogen worden besteed aan het numeriek oplossen van dit type probleem, bijv. met Runge-Kutta-procedures.
Samengevat kunnen we stellen dat we hier te doen hebben met een boek dat voor specialisten in het gebied der mechanische trillingen zeer bruikbaar is wegens zijn systematische wijze van behandelen van de stof, de wiskundige hulpmiddelen en de duidelijke diagrammen en tabellen.
Het verdient aanbeveling dat ook de beide andere delen in deze trant opnieuw worden bewerkt, zodat een op elkaar afgestemd geheel ontstaat.

Dr. ir. M.P. Koster