

Een verstelbaar ziekenhuisbed

Citation for published version (APA):

Braak, L. H., & IJzermans, J. M. M. (1980). *Een verstelbaar ziekenhuisbed*. (DCT rapporten; Vol. 1980.006). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1980

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.

Een verstelbaar ziekenhuisbed

Dr.ir. L.H. Braak

J.M.M. IJzermans

WE 80-06 april 1980

Opdrachtgever: FAVRO B.V. te Uden.

via : Bestuurscommissie
Contacten
Bedrijfsleven

<u>Inhoudsopgave</u>	<u>pag.nr.</u>
1. Inleiding	3
2. De constructie	4
3. Plaatsing van de rekstrookjes	9
4. De metingen	13
4.1. De oriënterende meting	14
4.2. Centrale belasting	16
4.2.1. De krachtsinleiding	18
4.2.2. De voor- en achteras	20
4.3. De Trendelenburgverstelling	23
4.4. Wijzigingen in het aangrijpingspunt van de kracht	27
4.5. Dynamische metingen	28
5. Voorstellen voor constructiewijzigingen	30
6. Verantwoording	32

Een verstelbaar ziekenhuisbed

Opdrachtgever: FAVRO B.V. te Uden

Uitgevoerd door: Dr.ir. L.H. Braak en J.M.M. IJzermans.

1. Inleiding

FAVRO B.V. te Uden ontwerpt en maakt allerlei meubilair voor ziekenhuizen. Een van de artikelen is een ziekenhuisbed dat hetzij hydraulisch, hetzij electrisch in hoogte verstelbaar is. In de constructiedelen van een dergelijk bed treden er zulke hoge spanningen op dat sommige verbindingen losscheuren onder, wellicht extreme, belastingen.

In het kader van werk dat door de Technische Hogeschool te Eindhoven verricht kan worden voor kleinere bedrijven uit de regio, is de aanvraag die FAVRO B.V. deed uitgaan voor metingen aan een verstelbaar bed, doorgestuurd naar de vakgroep Technische Mechanica van de afdeling Werktuigbouwkunde. Na enige oriënterende gesprekken tussen die vakgroep en FAVRO werd besloten tot een serie metingen met behulp van rekstrookjes, om de grootte en de plaats van de kritieke spanningen te bepalen. In dit rapport wordt verslag uitgebracht van deze metingen.

2. De constructie

Het bed rust door middel van een viertal steunen (A) op een in hoogte verstelbaar mechanisme. Dit mechanisme heeft zijn vaste draaipunten (B) in een verrijdbaar onderstel (zie fig. 1).

Het mechanisme wordt door middel van de pompstang (C) van een hydraulische cilinder in beweging gebracht. De pomp wordt door een groot voetpedaal (D), aan de achterzijde van het bed, bediend. Behalve een verticale verstelling, mogelijk gemaakt door het hefmechanisme, kan het bed in een Trendelenburg- of anti-Trendelenburgstand worden gebracht. Daarbij roteert het bed om een fictieve dwarsas.

Het hefmechanisme bestaat in principe uit twee stangenvierzijdes, die aan weerskanten van het onderstel zijn aangebracht. De hefarm aan de voorzijde (E) en achterzijde (F) is uit rechthoekige buis vervaardigd; koppelstang (G) bestaat uit een platte strip. De voorste resp. achterste hefarmen, aan weerszijden van het bed, zijn onderling star gekoppeld door een pijp: de vooras (H) resp. de achteras (K). Deze "assen" vormen niet de eigenlijke rotatieassen van de hefarmen, maar dienen als koppelstuk en zijn bovendien voorzien van relatief korte strippen, die de scharnierpunten bevatten (zie ook fig. 3 en 4).

Om doorslag van het mechanisme te voorkomen als de hefarmen evenwijdig lopen aan de verbindingsstangen is een extra verbindingsstang (L) aangebracht aan de onderzijde van de constructie. Deze stang is uitgevoerd als gelijkbenig hoekprofiel, daar eerder gebleken was dat er bij een strip gevaar voor uitknikken bestond. Aangezien deze stang niet in het middenvlak van de totale constructie is gemonteerd, is daardoor de symmetrie in het geheel verdwenen. Bovendien zorgt deze stang er voor dat de krachten in het mechanisme nu niet meer op grond van evenwichtsbeschouwingen alleen, kunnen worden berekend. Vandaar dat in eerste instantie ook is afgezien van een berekening en gepoogd wordt om aan de hand van metingen inzicht te verkrijgen in het gedrag van de constructie.

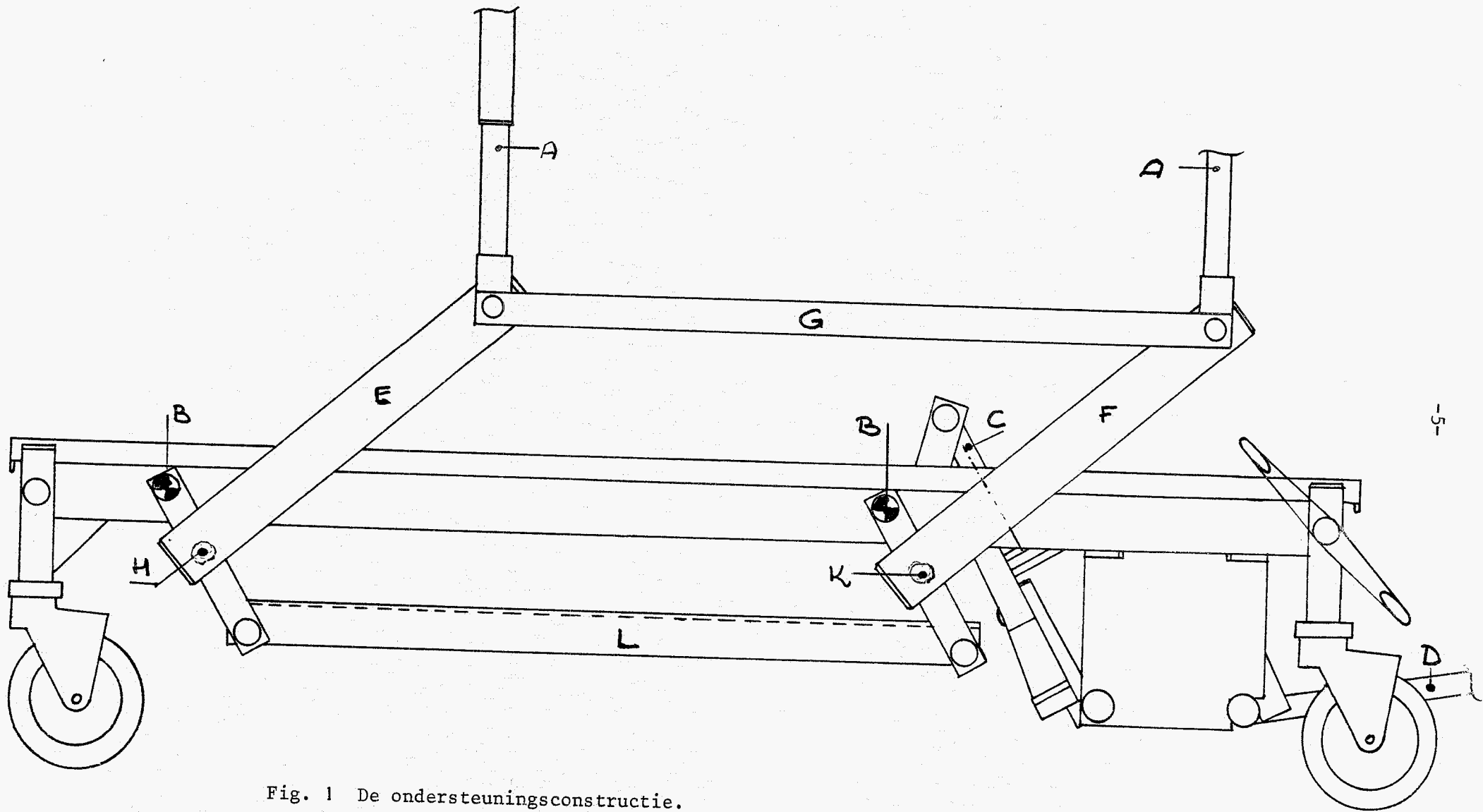


Fig. 1 De ondersteuningsconstructie.

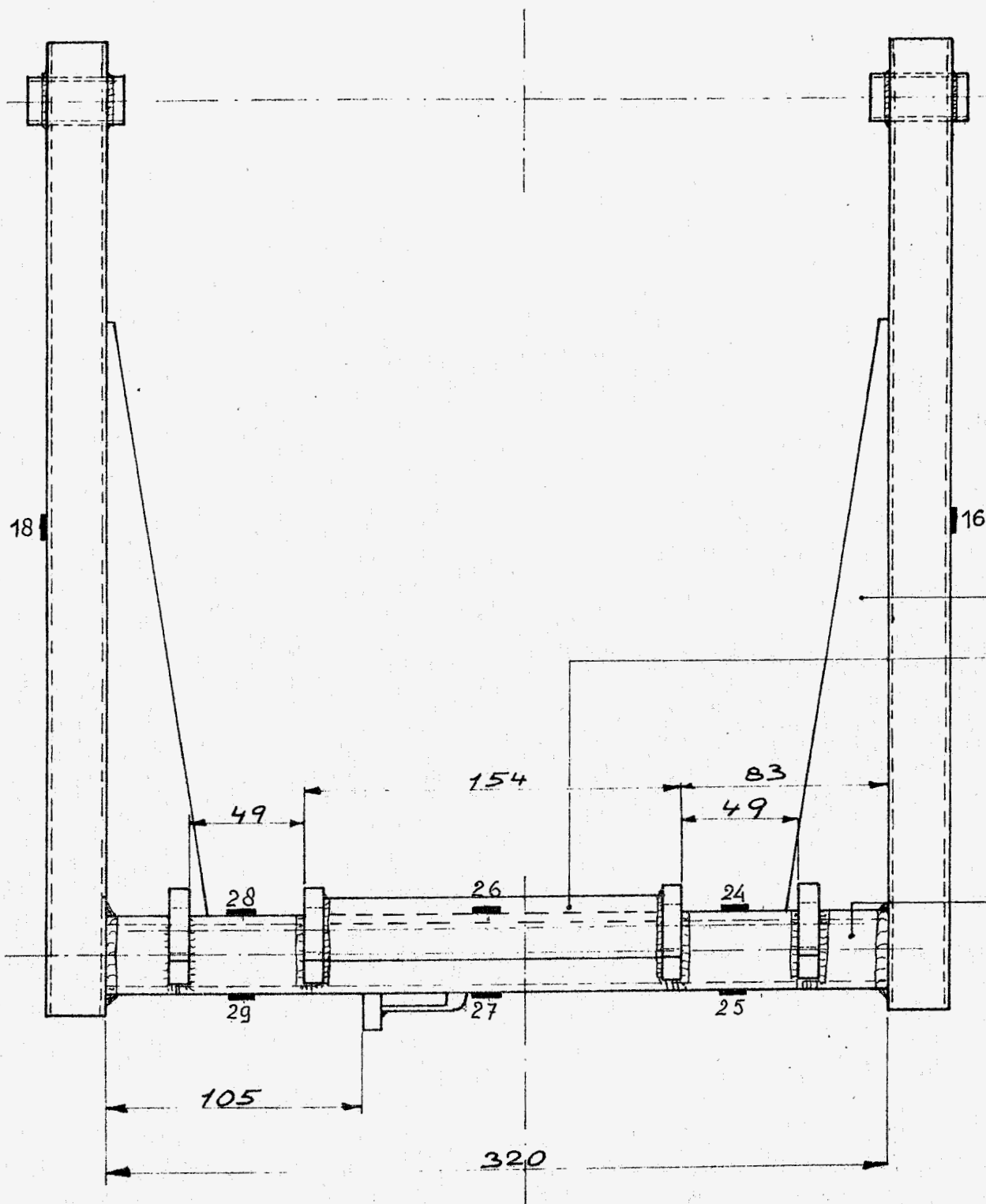


Fig. 2: De vooras met nummers van rekstrookjes.

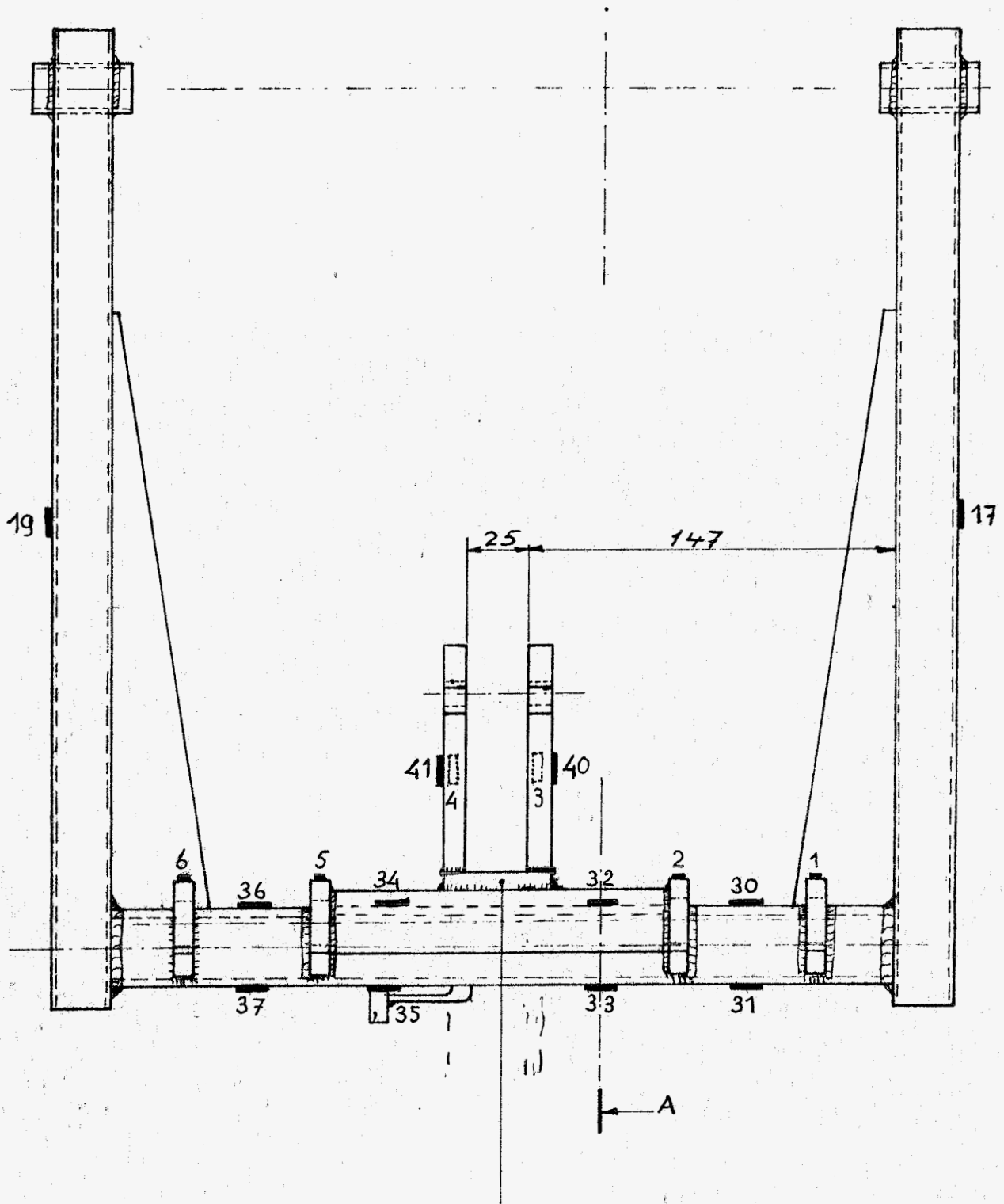


Fig. 3: De achteras met nummers van rekstrookjes.

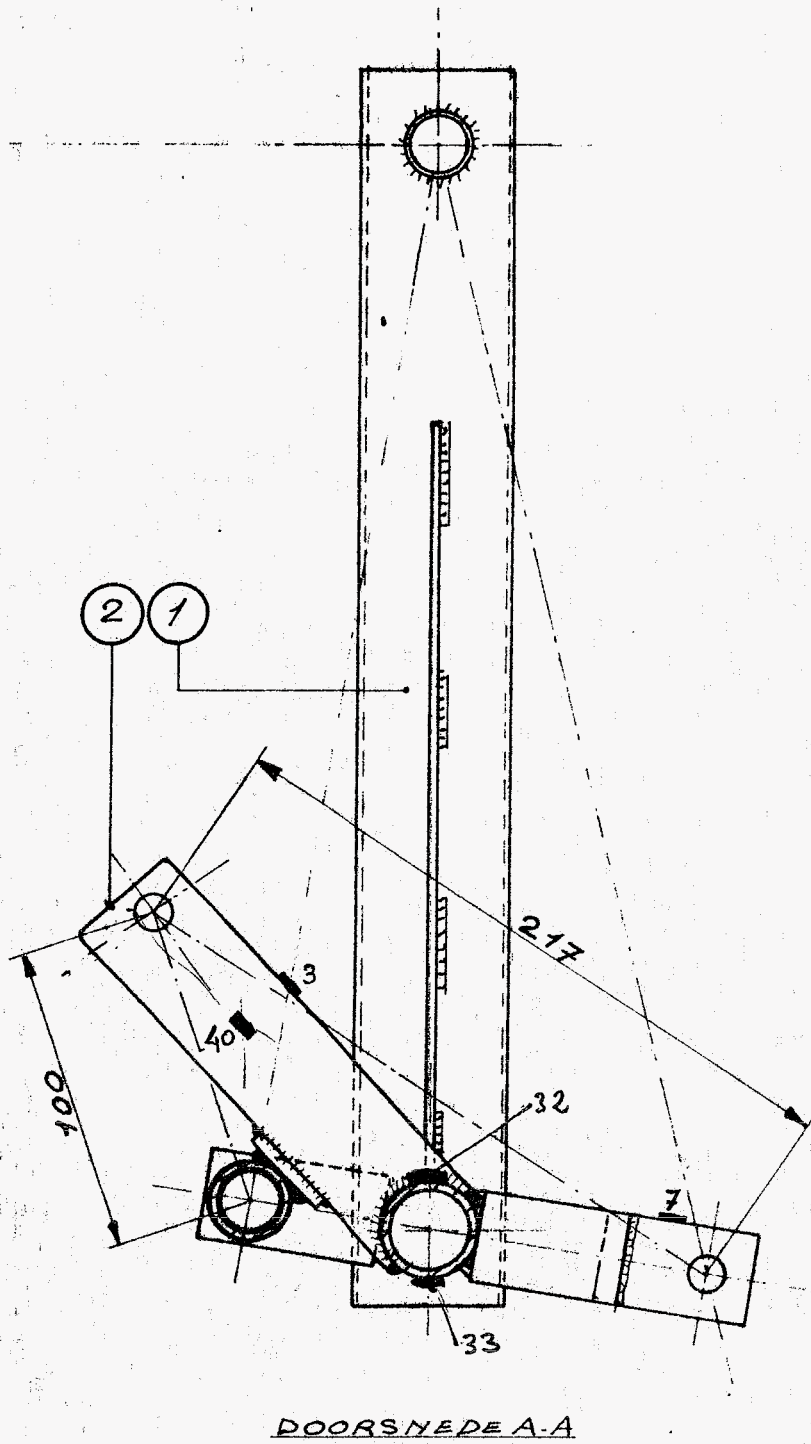


Fig. 4: Doorsnede A-A van de achteras.

3. Plaatsing van de rekstrookjes

Op grond van ervaringen die FAVRO B.V. had opgedaan, moesten voor- en achteras de constructiedelen zijn waar voor de hoogste spanningen gevreesd moest worden. De complexiteit van deze verbindingsstukken met de vele strippen waardoor krachten worden in- of doorgeleid, liet echter niet al te veel ruimte voor veel meetplaatsen. Toch konden op de achteras acht en op de vooras zes rekstrookjes worden geplakt. De strookjes liggen telkens diametraal tegenover elkaar in eenzelfde dwarsdoorsnede. (zie fig. 2, 3 en 4).

Aangezien wij er niet zeker van konden zijn dat de constructie zich symmetrisch zou gedragen en berekening van krachten in het mechanisme moeilijk te realiseren bleek, zijn er ook rekstrookjes geplakt op plaatsen waar de spanningen weliswaar laag zouden moeten zijn, maar waaruit het gedrag van de constructie duidelijk zou moeten worden. Vandaar de rekstrookjes op de hefarmen en verbindingsstangen en op de steunen A (in fig. 1).

Voor al deze meetpunten wordt gebruik gemaakt van zg. rosette-strookjes, daarbij worden in één punt de rekken in drie verschillende richtingen gemeten zodat de spanningstoestand in dat punt volledig bekend is.

Die spanningstoestand kan op twee manieren worden weergegeven:

- in een coördinatensysteem, waarbij één van de assen samenvalt met de as van rekstrookje nr. 1. In de uitvoer van het rekenprogramma vinden we dan waarden voor σ_x , σ_y en τ_{xy} (fig. 5b).
- in de zg. hoofdspanningsrichtingen (fig. 5c) waarbij σ_1 , σ_2 en ϕ karakteristieke waarden zijn; ϕ is de hoek tussen de as van rekstrookje nr. 1 en de hoofdspanning σ_1 .

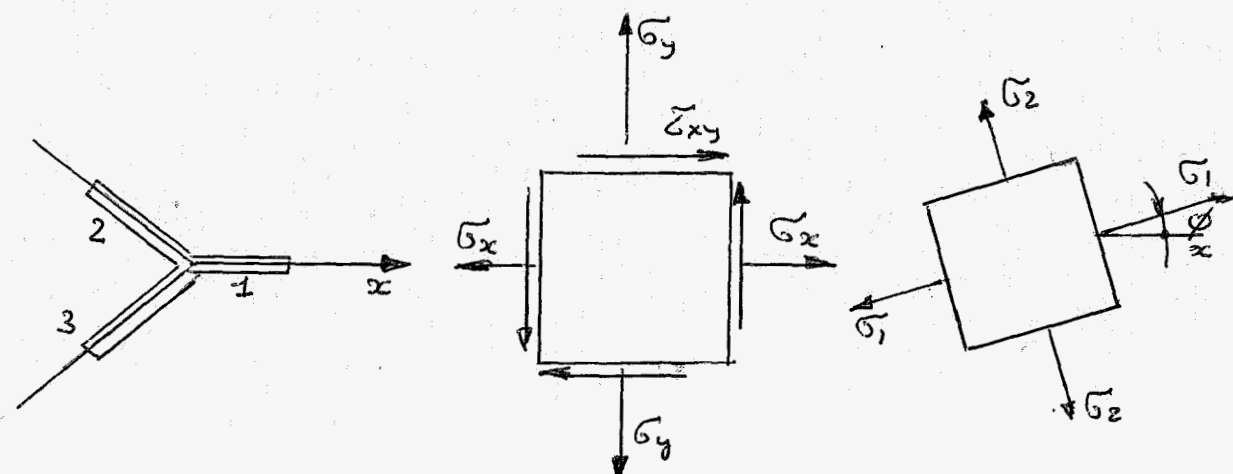


Fig. 5a. Rekstrookje

b. Spanningen

c. Hoofdspanningen

Op een aantal plaatsen waar geen ruimte was om een rosette-strookje te plakken en waar verwacht werd dat met één filament voldoende informatie kon worden verkregen zijn gewone strookjes geplakt. Deze strookjes zijn meestal op de smalle kanten van strippen bevestigd. In totaal zijn er 35 rosettes en 7 één-filament strookjes op de constructie aangebracht. In fig. 6 is een overzicht gegeven van de meetopstelling zonder belastingsapparatuur. De volgende foto's tonen enige details van het hefmechanisme (fig. 7, 8 en 9).

Foto A 5499

Fig 6 Overzicht meetopstelling

Foto A 5500

Fig 7. Achteraanricht

Foto A 5501

Fig 8. Detail hefmechanisme met hoekmeter

Foto A 5502

Fig 9. hefplunjer met omgering.

4. De metingen

Bij het uitvoeren van de metingen wordt het bed belast door een bak met geijkte gewichten op een frame te plaatsen. Voor de oriënterende meting wordt deze belasting slechts één keer aangebracht, in alle andere proeven wordt een belastingschema gevolgd als in fig. 10b.

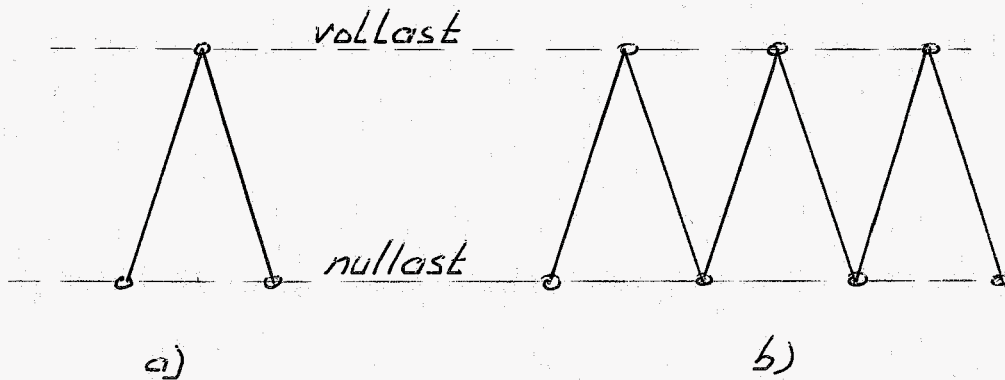


Fig. 10. Oriëntatie

Definitieve metingen.

In de gevallen dat de belasting meer dan eens werd aangebracht werd er zorg voor gedragen dat de gewichtenbak zo goed mogelijk in dezelfde stand terecht kwam en dat ondertussen het bed niet van stand of positie verschoof. Daardoor hoopten we de meetnauwkeurigheid te vergroten.

Tijdens een meting (nullast of vollast) worden alle meetpunten electro-nisch afgetast en de gemeten rekwaarden worden in een ponsband opgeslagen. Deze ponsbanden worden in het rekencentrum van de T.H.E. verwerkt en het bijbehorende rekenprogramma levert per meetpunt de interessante spanningstoestand.

In de grafieken, die worden gemaakt, wordt de zg. vergelijkspanning uitgezet. Uit de drie berekende spanningsgrootheden (σ_x , σ_y en τ_{xy} of σ_1 , σ_2 en ϕ) wordt één spanning berekend die, in het geval van trek of druk, even gevaarlijk is als de gemeten spanningstoestand.

In overleg met de opdrachtgever werd het volgende meetprogramma opgesteld:

a). Een oriënterende meting.

Onder een centrale belasting wordt de meest ongunstige stand van het mechanisme bepaald.

b). Het effect van de Trendelenburgverstelling nagaan.

In de eerder bepaalde ongunstigste stand wordt het bed gekanteld.

c). Het effect van plaatsvariatiës van het aangrijpingspunt van de belasting nagaan.

d). Inzicht krijgen in het dynamisch gedrag van de constructie onder een aantal omstandigheden.

4.1. De oriënterende meting

Om een indruk te krijgen van de spanningsniveau's is een oriënterende meting uitgevoerd waarbij:

- het bed in de normale stand staat (horizontaal).
- de belasting van 100 kgf in het midden van het bed aangrijpt.
- de stand (hoogte) van het bed gevarieërd wordt.

De stand van het bed wordt bepaald door een hoekmeter die op een van de hefarmen is bevestigd (zie fig. 8 en 11). De relatie tussen de hoek van de hefarm en de hoogte van het bed is in onderstaande figuur weergegeven.

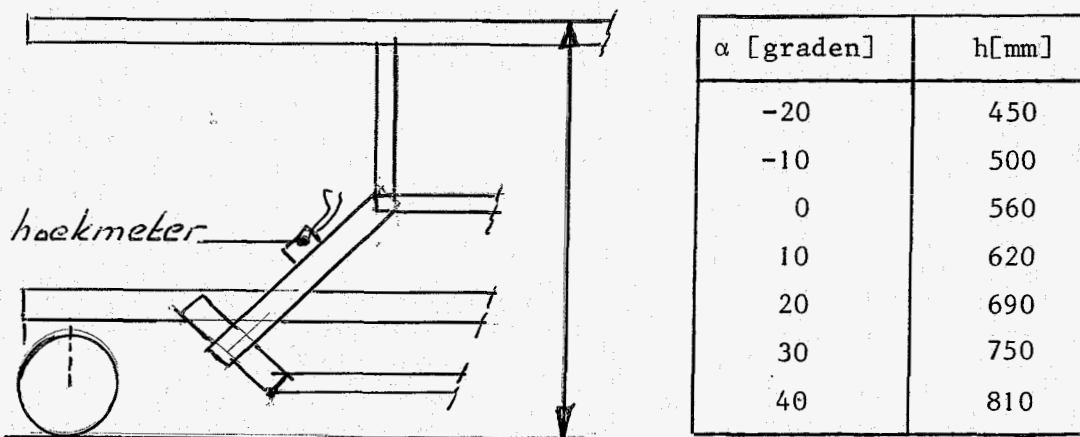
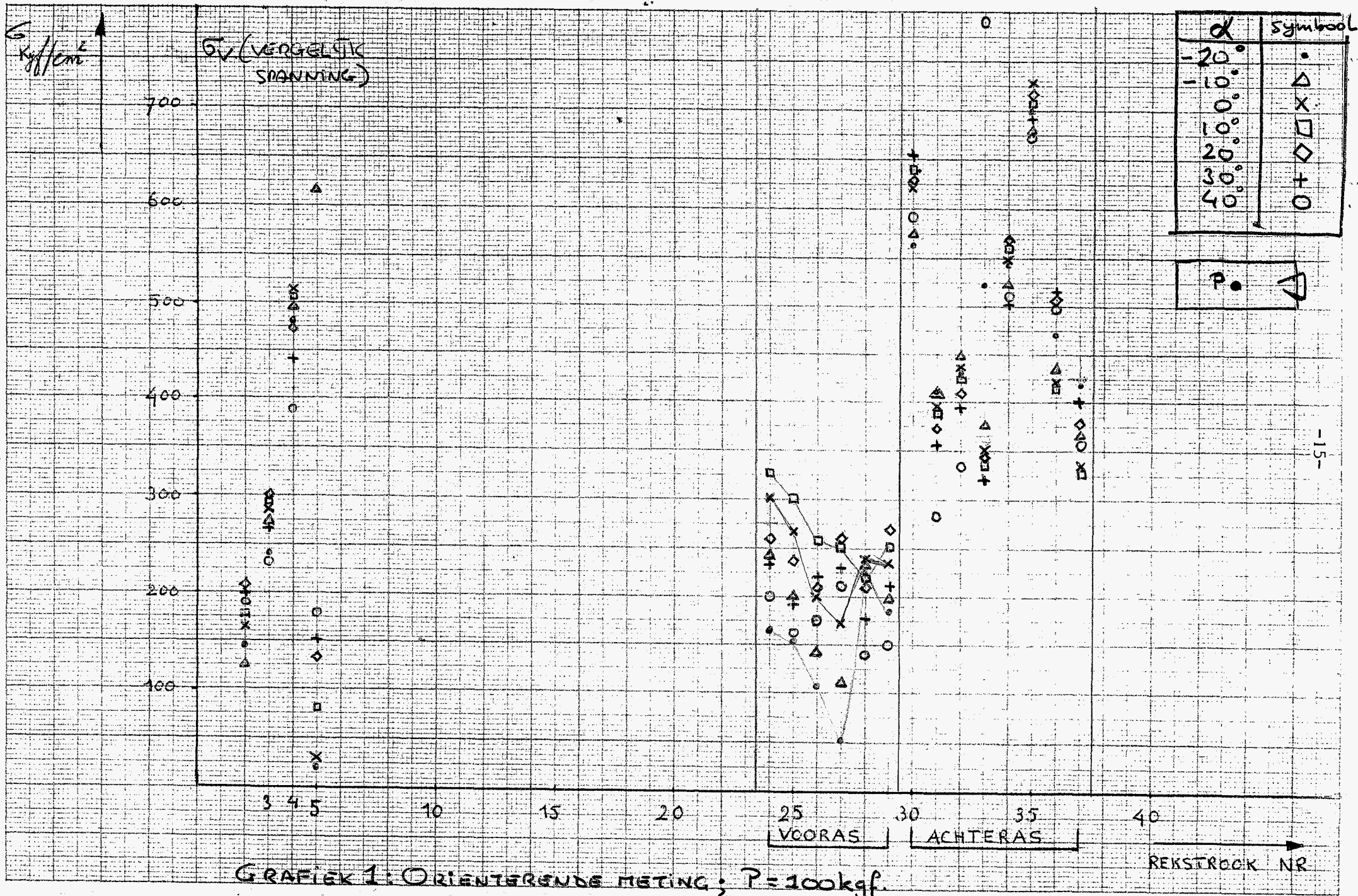


Fig. 11. Relatie tussen hoek en hoogte.



GRAFIEK 1: ORIENTERENDE METING; P = 100 kgf.

De resultaten van deze meting zijn in grafiek 1 weergegeven. Daarbij zijn vergelijkspanningen lager dan 100 kgf/cm^2 niet in beeld gebracht.

Conclusies

- Hoewel de rekstrookjes op voor- en achteras symmetrisch geplakt zijn t.o.v. het middenvlak is onder de symmetrische belasting het verloop van de spanningen in het geheel niet symmetrisch te noemen.
- Hoewel rekening gehouden moet worden met toevallige afwijkingen in de meetwaarden mag toch geconcludeerd worden dat de stand 0° resp. 10° leidt tot de hoogste spanningsnivo's.
- De spanningsnivo's in de achteras zijn het hoogst en liggen in totaal altijd boven die van de vooras.
- Ook op de plaats waar de hydraulische cilinder de kracht inleidt (de strookjes 3 en 4, zie fig. 3) is er in alle standen van het bed geen sprake van symmetrie.
- De hoge spanning die voor rekstrookje 33 wordt bepaald in de stand 40° wordt voorlopig nog beschouwd als een uitschieter. Nadere analyses zullen duidelijk moeten maken of deze veronderstelling juist is.

Aangezien de resultaten van de oriënterende meting toch redelijk verschilden van de verwachting, vooral op het punt van symmetrie werd besloten tot een extra meetserie onder centrale belasting waarbij zowel gegevens over de reproduceerbaarheid als meer gedetailleerde gegevens over de zwaarst belaste onderdelen moesten worden verkregen.

4.2. Centrale belasting

Zowel met een belasting van 100 kgf als van 200 kgf is een volledige meetcyclus doorlopen. Tussen de twee metingen is het bed verplaatst, bij elke meetcyclus zelf is er weer voor gezorgd dat de belasting zo goed mogelijk op dezelfde plaats werd aangebracht.

In onderstaande tabel zijn voor een aantal meetpunten de resultaten en hun afwijkingen vermeld. Daarbij is gekozen voor een stand van 10° van de hefarm. De afwijking in de vergelijkspanning wordt op de volgende manier bepaald:

$$\text{afwijking} = \frac{\sigma_{200}/2 - \sigma_{100}}{\sigma_{100}} \times 100\%$$

De waarden bij een belasting van 100 kgf worden dus maatgevend genomen.

Tabel 1. Reproduceerbaarheid; bij $\alpha = 10^\circ$.

Rek- strookje	σ vergelijk [kgf/cm ²]		afwijking 0/0	hoofdrichting [graden]	
	P = 100 kgf	P = 200 kgf		P = 100	P = 200
8	25	56	+12	10	14
9	12	19	-21	51	45
12	21	38	-10	68	74
13	33	36	-46	0	77
22	14	38	+36	27	61
23	20	29	-28	39	34
24	328	735	+12	43	44
25	301	658	+ 9	49	48
26	261	533	+ 2	32	35
27	256	531	+ 4	66	64
28	225	549	+22	50	49
29	253	584	+15	23	27
30	647	1081	+17	47	46
31	390	641	-18	39	41
32	432	776	-10	54	54
33	336	573	-15	54	50
34	567	1187	+ 5	32	31
35	706	1439	+ 2	85	84
36	424	803	- 5	46	44
37	328	661	+ 1	43	45

Wat in deze tabel opvalt is dat ook voor de zwaar belaste punten, de vooras met strookjes 24-29 en de achteras met strookjes 30-37, nog relatief grote verschillen in gemeten spanning optreden; ondanks het feit dat de hoofdspanningsrichtingen minder dan 5° uiteenlopen.

Bij de interpretatie van alle volgende metingen zullen we er rekening mee moeten houden dat afwijkingen van 10 à 15% normaal zullen zijn.

Om een beter inzicht te krijgen in het verloop van krachten en momenten in de onderdelen van het bed is een gedetailleerde analyse gepleegd voor steunen en koppelstangen en uiteraard voor de voor- en achteras. Om het effect na te gaan van de standafhankelijkheid is teruggegrepen op de oriënterende meting.

4.2.1. De krachtsinleiding

Hoewel de grootte van de spanning in de steunen A en de koppelstang G (zie fig. 1) niet direct aanleiding geeft tot verontrusting, is het onderzoek naar het gedrag van deze staven wel van belang om een indruk te krijgen van het krachtenspel in de constructie.

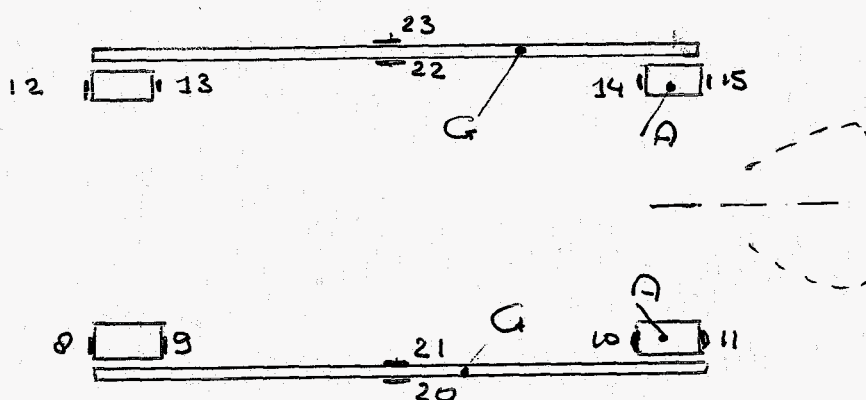


Fig. 12. Plaats van de rekstrookjes op steunen A en koppelstangen G.

De resultaten bij verschillende α -waarden zijn in onderstaande tabel opgenomen. In dit geval is alleen de spanning in langsrichting vermeld, voor de steunen A dus in verticale richting; voor de stangen G in horizontale richting.

Tabel 2. Spanning (σ_x) in langrichting. (in kgf/cm^2).

Strookje	$\alpha = -20^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = + 20^\circ$	$\alpha = + 40^\circ$
8 - 9	-15 +13	-37 -1	-20 +12	-20 -2
10 - 11	+11 -55	+6 -58	+11 -46	+20 -56
12 - 13	-10 -35	-7 -9	-9 -9	-20 -3
14 - 15	+39 -69	+41 -61	+38 -68	+31 -90
20 - 21	-10 +8	-13 +18	+8 -15	+9 -18
22 - 23	-7 27	+22 -14	-30 +14	-9 +17

Opvallend is dat slechts in één stand en bij een rekstrookpaar een gelijke spanning wordt gevonden, in alle overige gevallen treedt overal, naast een spanning t.g.v. een normaalkracht, ook spanning ten gevolge van buigende momenten op in steunen en stangen.

Verder blijkt dat de normaalkrachten in de steunen telkens anders verdeeld zijn. Bij $\alpha = 40^\circ$ is het de steun rechtsachter, bij $\alpha = 0^\circ$ de steun rechts voor en bij $\alpha = -20^\circ$ zijn de steunen linksachter en rechtsvoor het zwaarst belast.

Tabel 3. Hoofdspanningsrichtingen (in graden).

Strookje	$\alpha = -20^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = + 20^\circ$	$\alpha = + 40^\circ$
8 - 9	7 7	9 68	20 55	42 44
10 - 11	60 12	57 15	65 7	3 -3
12 - 13	52 0	58 0	45 58	78 15
14 - 15	13 76	13 75	74 6	-4 3
20 - 21	0 -8	7 71	26 20	58 34
22 - 23	68 18	6 -1	42 22	45 0

Het verloop van de hoofdspanningsrichting (zie tabel 3) moet ons tot de conclusie brengen dat behalve buiging en normaalkracht, ook torsie een belangrijke rol speelt. Het niet constant zijn van de hoofdspanningsrichtingen bij verschillende waarden van α duidt er op dat het mechanisme zoveel speling heeft dat het zich in iedere stand een meest gunstige positie uitzoekt. Vandaar ook de geringe reproduceerbaarheid die eerder gevonden was.

4.2.2. De voor- en achteras

Hoewel de vergelijkspanning uiteindelijk het criterium is waarmee de spanningstoestand in een punt gewogen wordt is het voor de analyse van het verloop van de spanningen en voor het onderzoek naar de belastingstoestand zinvoller uit te gaan van de spanningen σ_x , σ_y en τ_{xy} . In onderstaande figuur zijn de resultaten voor de vooras weergegeven bij $\alpha = 10^\circ$ en $P = 100$ kgf. (zie fig. 2 voor de plaatsing van de rekstrookjes).

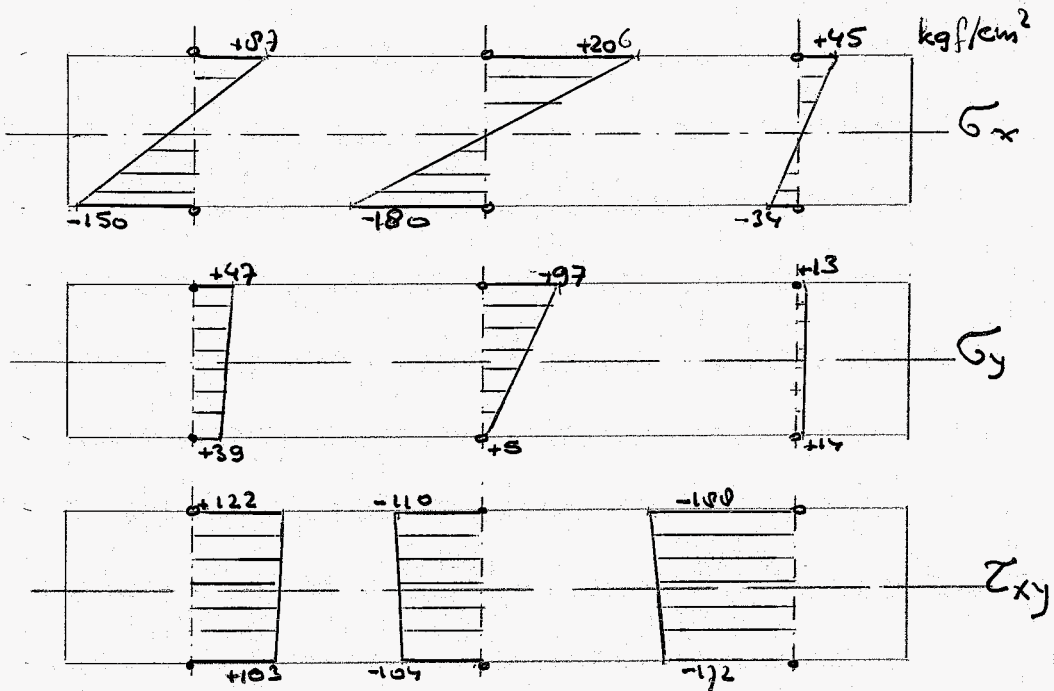


Fig. 13. Spanningen in de vooras; $\alpha = 10^\circ$; $P = 100$ kgf.

Uit de normaalspanningsverdeling σ_x valt op te maken dat de as wellicht aan een soort vierpuntsbuigproef wordt onderworpen (fig. 14a). Gezien de plaats van de strippen op de as lijkt dit niet onwaarschijnlijk.

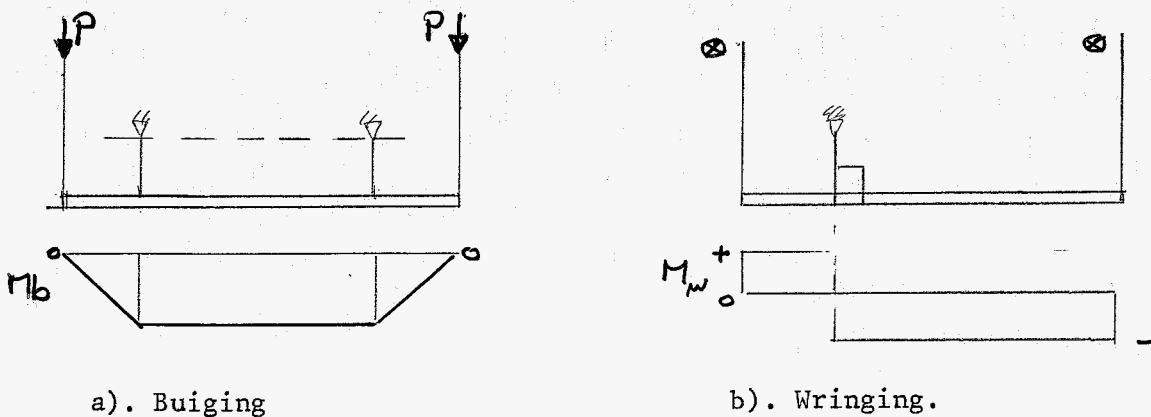


Fig. 14. Geïdealiseerde belastingssituaties.

In hoeverre de eigenlijke rotatie-as van deze universele hefarm nog bijdraagt in de weerstand tegen buiging is niet na te gaan.

Uit het verloop van de schuifspanning τ_{xy} , die in de twee meetpunten in een doorsnede nagenoeg constant is, kunnen we de geïdealiseerde belastingssituatie redelijk reconstrueren. Het bevestigingspunt voor het hoeklijn (L op fig. 1) is uit het midden geplaatst, vandaar het gemeten tekenverloop voor het wringend moment M_w .

Het verloop van de spanning σ_y is vooralsnog niet verklaarbaar. Deze tangentiële spanning in de buis kan wellicht ontstaan als de buis niet volkomen rond blijft.

Op eenzelfde manier worden de resultaten van de achteras gepresenteerd (zie ook fig. 3).

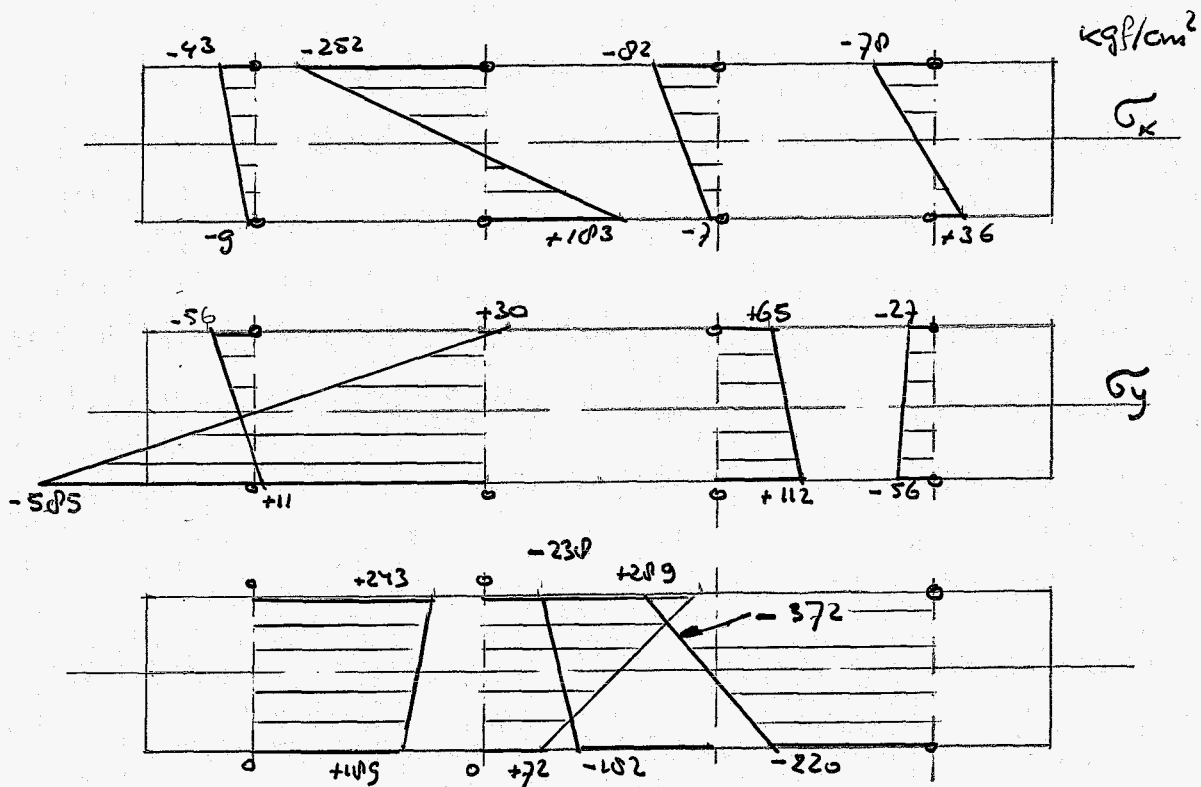


Fig. 15. Spanningen in de achteras; $\alpha = 10^\circ$; $P = 100$ kgf.

Het verloop van de normaalspanning σ_x is niet zo eenvoudig als bij de vooras af te leiden uit een geïdealiseerde belastingssituatie. Dit zal mede veroorzaakt worden door de verbinding tussen de achteras en de eigenlijke rotatie-as, die voortgezet wordt in de strippen die de kracht van de hydraulische cilinder inleiden.

In nog sterkere mate dan bij de vooras treden hier hoge spanningen σ_y

VERGELIJK.

G kgf/cm²

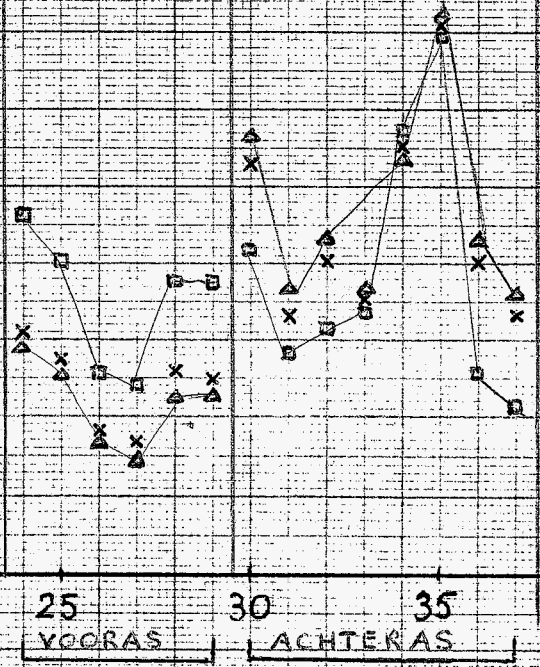
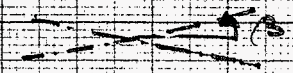
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200

5 10 15 20 25 30 35 40

VOORAS ACHTERAS

REKSTROOK NR

- △ : β = -7 ANTI-TREND.
- x : β = 0 REFERENTIE
- : β = +10 TRENDELENBURG



GRAFIEK 2: TRENDELENBURG-VERSTELLING ; P=100 kgf

in tangentiële richting op, die niet uit een eenvoudig belastingsgeval zijn te reconstrueren.

Het verloop van de schuifspanning τ_{xy} vertoont alleen bij rekstrookje 35 een relatief lage waarde, die echter verklaard kan worden doordat in die buurt weer een strip gelast is voor koppelstang L.

Opm.: Het feit dat voor- en achteras niet vervaardigd zijn uit naadloze pijp kan er mede de oorzaak van zijn dat de hier gevonden tangentiële spanningen σ_y optreden.

4.3. De Trendelenburg-verstelling

Op grond van de oriënterende meting blijken de hoogste spanningen op te treden rond de hoek $\alpha = 0^\circ$, dus als de hefarmen horizontaal liggen. Uitgaande van deze stand is het effect bekeken van de Trendelenburg verstelling.

In grafiek 2 zijn de resultaten weergegeven van de normale stand en van beide extrema:

$\beta = -7^\circ$: max. anti-Trendelenburgstand

$\beta = 0$: referentiewaarde

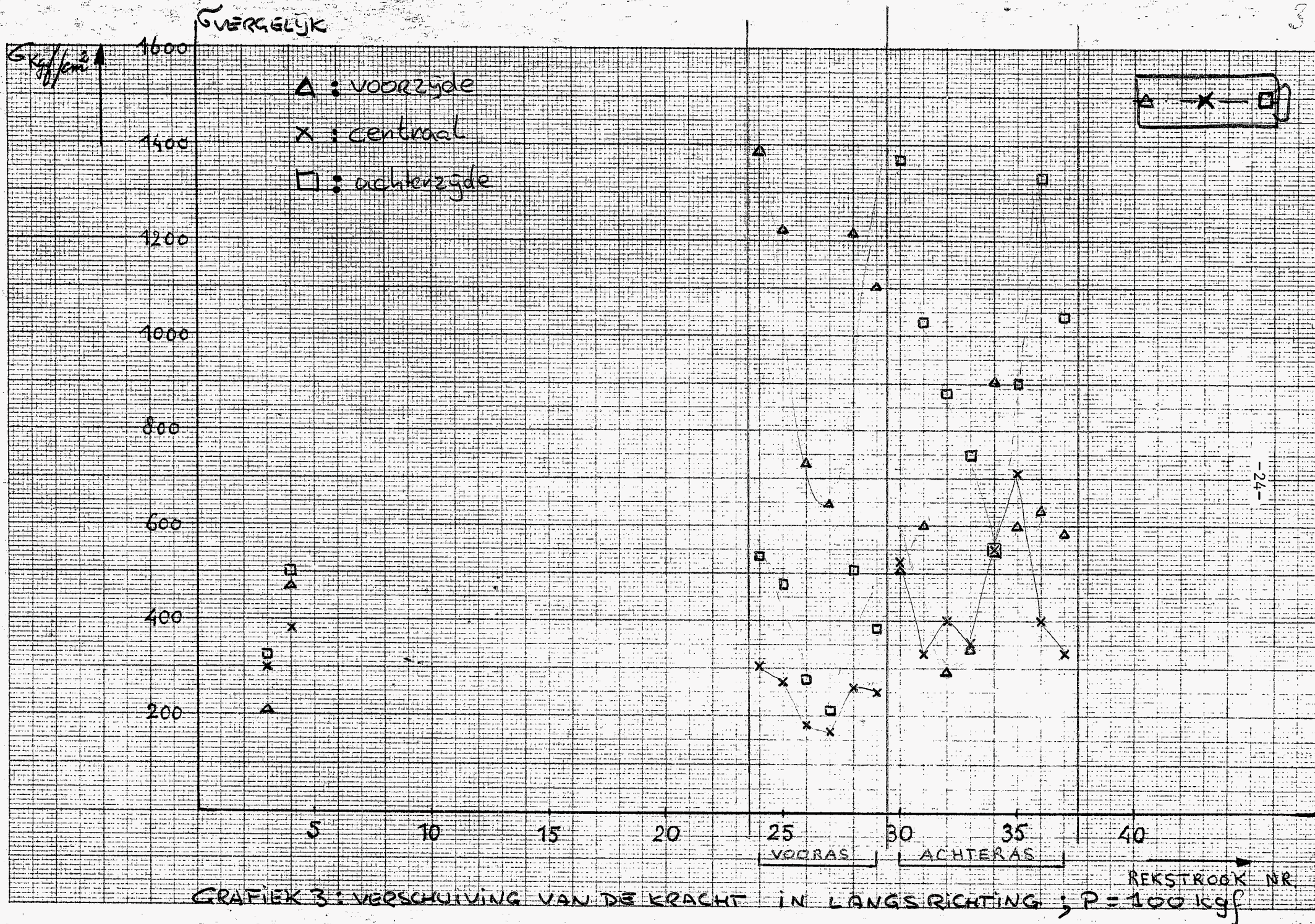
$\beta = +10^\circ$: max. Trendelenburgstand

Hoewel de belasting tijdens de meting 200 kgf bedroeg, zijn alle waarden teruggerekend naar 100 kgf om een gemakkelijke vergelijking met andere resultaten mogelijk te maken.

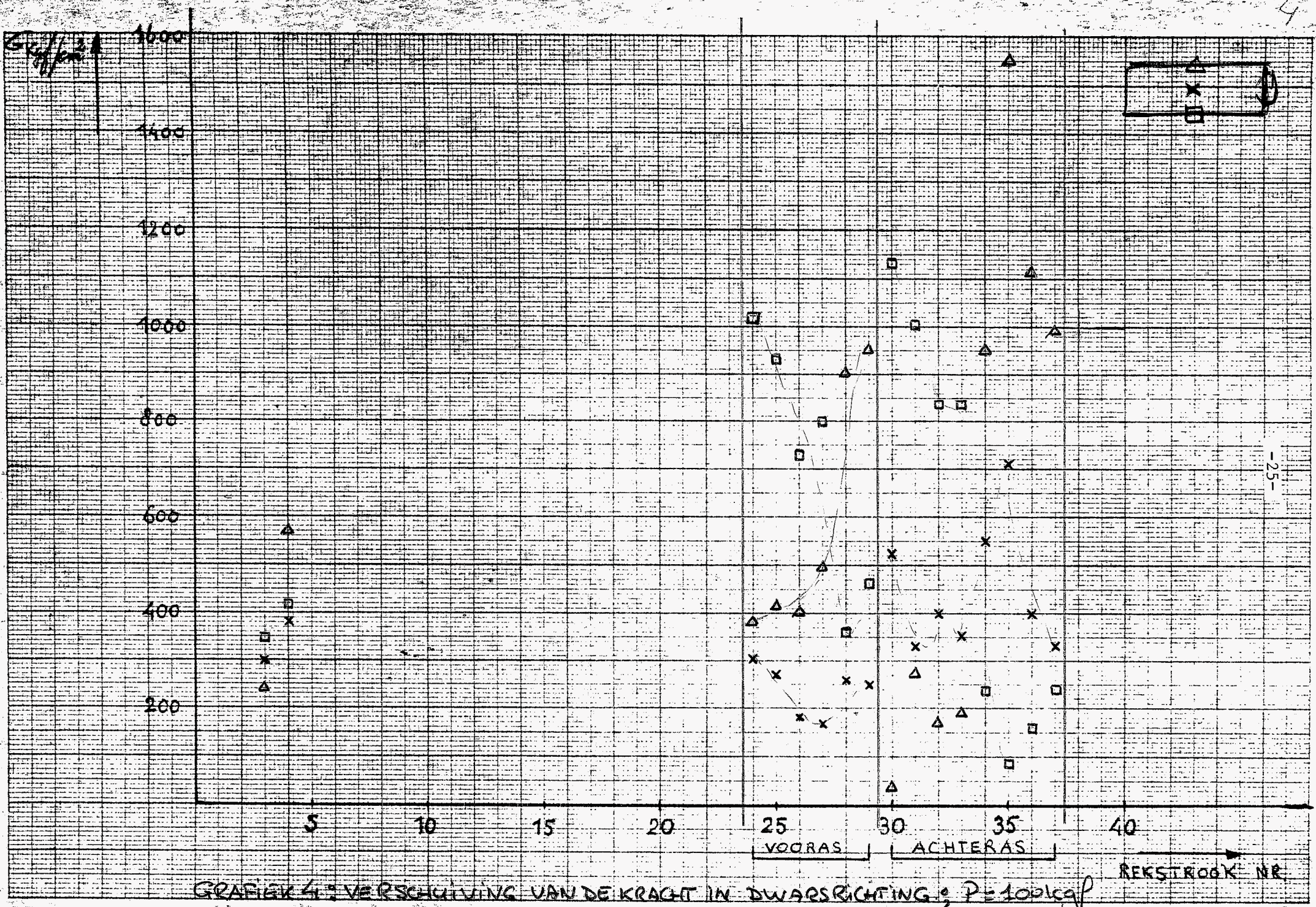
Opnieuw zijn spanningen lager dan 100 kgf/cm^2 niet in beeld gebracht.

Globaal kan uit de resultaten geconcludeerd worden dat in de anti-Trendelenburgstand de vooras wat lager belast wordt en de achteras wat zwaarder. De verschillen zijn echter niet groot.

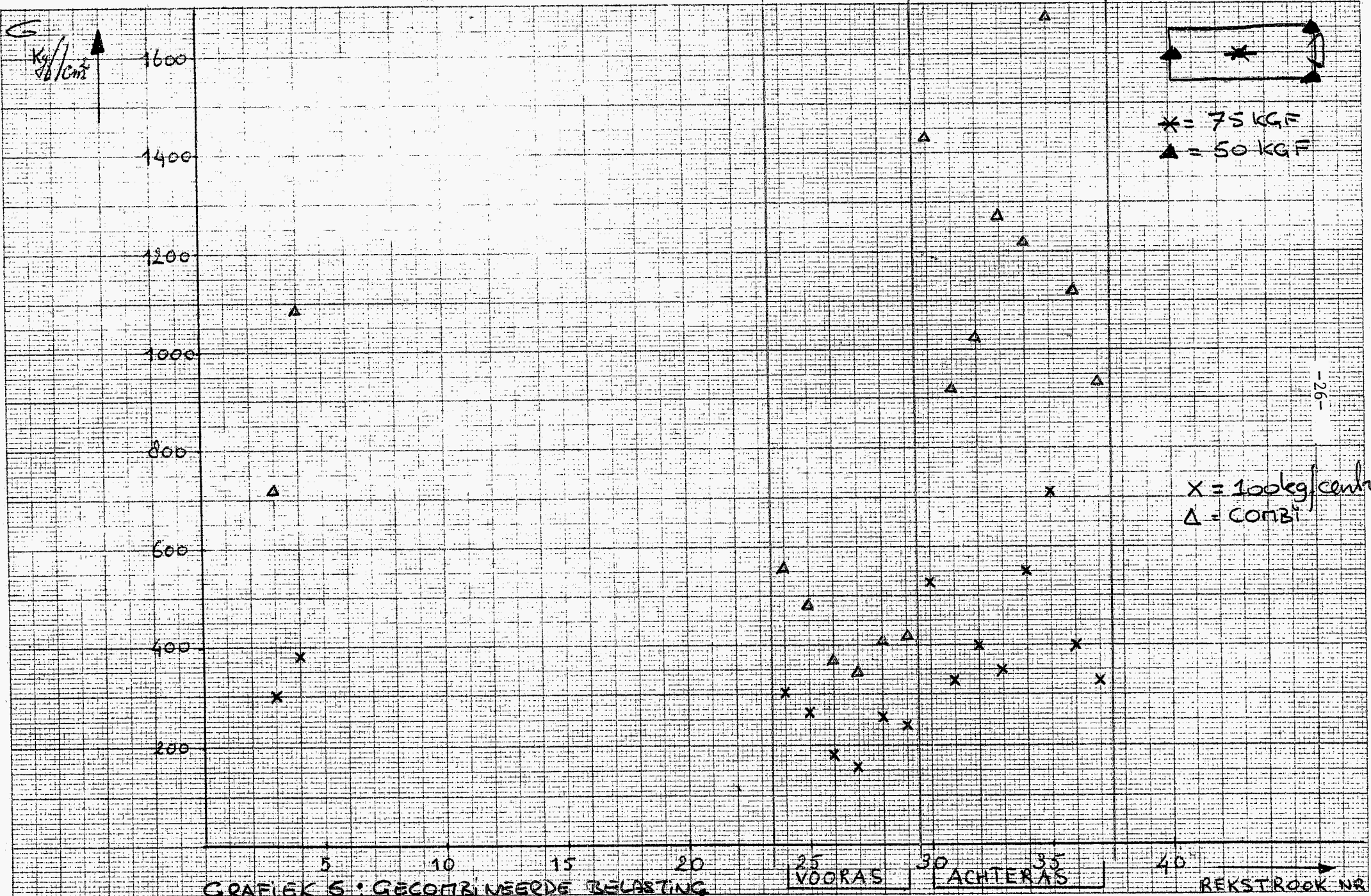
In de maximale Trendelenburgstand wordt de vooras zwaarder en de achteras minder zwaar belast. Hoewel het verschil met de referentiestand over het algemeen aanzienlijk is, blijven de rekstrookjes op de achteras de relatief hoogste spanning aangeven.



GRAFIEK 3: VERSCHUIVING VAN DE KRACHT IN LANGS RICHTING; P = 100 kgf



GRAFIEK 4: VERSCHUIVING VAN DE KRACHT IN DWARSRICHTING; $P = 100 \text{ kgf}$



GRAFIEK 5: GECOMBINEERDE BELASTING

VOORAS

ACHTERAS

REKSTROOK NR

-26-

In de vervolgmetingen wordt het effect van de Trendelenburg-verstelling niet verder in ogenschouw genomen.

4.4. Wijzigingen in het aangrijpingspunt van de kracht

Bij de voorafgaande metingen was het aangrijpingspunt van de kracht gelegen in het midden van het bed. In de volgende metingen worden andere punten op één van de twee symmetrie-assen van het bed gebruikt als aangrijpingspunt van de belasting.

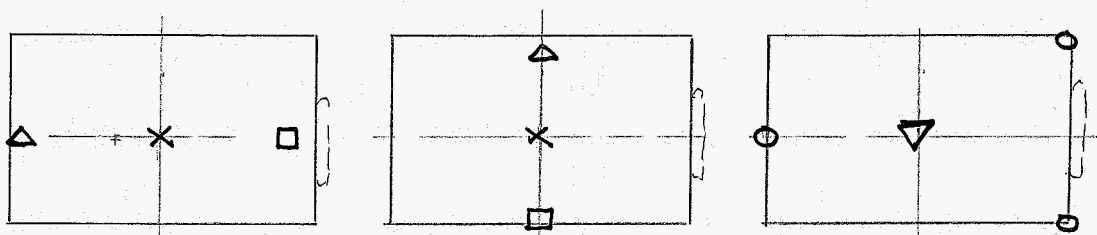


Fig. 16.a.

Fig. 16.b.

Fig. 16.c.

In bovenstaande figuren zijn de plaatsen aangegeven. De resultaten zijn grafisch weergegeven in de volgende grafieken:

Belasting volgens fig. 16.a : grafiek 3.

" " " 16.b : " 4.

" " " 16.c : " 5.

In de situaties volgens fig. 16.a en 16.b is de belasting telkens 100 kgf. Bij de gecombineerde belasting volgens fig. 16.c was de centrale belasting gelijk aan 75 kgf., op ieder van de drie hoekpunten was telkens 50 kgf. aangebracht, zodat de totale belasting gelijk is aan 225 kgf.

Als de belasting niet centraal wordt aangebracht, wordt geen gebruik gemaakt van de grote gewichtenbak. In die gevallen worden de blokgewichten op de rand van het frame geplaatst om zoveel mogelijk de uiterste stand te benaderen.

Bij al deze metingen wordt de stand van het bed gekarakteriseerd door de hoek $\alpha = 40^\circ$.

Uit deze grafieken blijkt dat zowel bij de extreme posities van de last van 100 kgf als bij de gecombineerde belasting van 225 kgf., in de voor- of achteras het toelaatbare spanningsnivo van 1400 kgf/cm^2 bereikt of overschreden wordt.

Constructieve wijzigingen zullen noodzakelijk zijn wil op de lange duur de constructie niet bezwijken. Alvorens echter voorstellen dienaangaande te doen zullen eerst een paar dynamische metingen worden uitgevoerd.

4.5. Dynamische metingen

De mogelijkheden om het dynamisch gedrag van een constructie te bepalen door middel van rekstrookjes worden beperkt door de capaciteit van de registratie-apparatuur. Omdat wij op dit ogenblik slechts de beschikking hadden over een zeskanaalsschrijver, konden wij slechts twee rekstrookjes (elk met drie filamenten) dynamisch doormeten. Gezien de ervaringen met de voorafgaande statische metingen kozen we de rekstrookjes 34 en 35 op de achteras, die meestal de zwaarst belaste meetpunten representeerden.

De belasting bestaat uit meetapparatuur en een paar toegevoegde blokgewichten zodat de totale belasting gelijk is aan 100 kgf. Deze belasting staat centraal op het bed.

De volgende metingen zijn uitgevoerd:

- het bed vanuit de hoogste stand laten zakken tot de laagste stand;
- vanuit de laagste stand het bed oppompen tot aan de hoogste stand;
- het bed vanuit de hoogste stand laten zakken en dan "opvangen" bij de stand $\alpha = 0^\circ$.
- het bed rijden over een drempel, zie fig. 17.

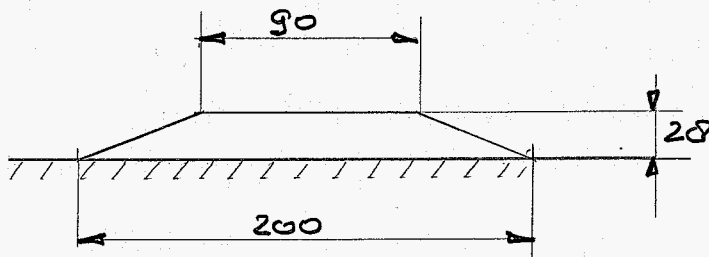


Fig. 17. Profiel van de drempel.

In een aantal bijlagen zijn enkele registraties opgenomen (alleen in origineel verslag voor FAVRO B.V.). Uit alle registraties blijkt dat de grootste spanningen optreden nadat een fenomeen gebeurd is - stoppen, passeren van een drempel, etc. Deze topwaarden ontstaan doordat het bed in zijn laagste eigentrillingsvorm wordt aangestoten. De hoogste belastingen treden op als het bed de drempel wordt overgereden. Vooral in de ongunstigste stand ($\alpha = 0^\circ$) is de dynamische belasting na passage van de achterwielen erg hoog. Na het opmeten van de registraties en berekenen van de vergelijkspanningen vinden wij:

Tabel 4. Vergelijkspanningen (in kgf/cm^2).

Belasting P = 100 kgf in het midden; achteras over de drempel.

rek strookje	belasting type	$\alpha = 10^\circ$	$\alpha = 40^\circ$
34	statisch	567	453
	dynamisch	1994	1351
35	statisch	706	681
	dynamisch	2837	1609

De statische waarden uit deze tabel zijn verkregen uit de oriënterende meting.

De hier berekende spanningen zijn 3 à 4 maal zo hoog als bij statische belasting.

Bij de verschillende statische belastingsgevallen was al geconstateerd dat de grenswaarde van de toelaatbare spanning bereikt werd, de dynamische metingen wijzen uit dat zelfs onder een gunstige belasting (100 kgf in het midden, en het bed in de hoogste stand) de toelaatbare spanning opnieuw overschreden wordt. Een aanpassing van de constructie lijkt dan ook zeker gewenst.

5. Voorstellen voor constructiewijzigingen

Uiteraard heeft de opdrachtgever de wens te kennen gegeven om zo min mogelijk grote aanpassingen aan het gepresenteerde ontwerp te moeten uitvoeren. De grootste spanningen treden steeds op in de voor- en achteras. In eerste instantie wordt voor dit onderdeel een oplossing gezocht.

De bestaande verbindingspijp bestaat uit een gelast stalen pijp met diameter 32 en wanddikte 3. Deze pijp heeft een weerstandsmoment tegen buiging van ca. 1.75 cm^3 .

Vergroting van deze waarde met een factor 2 drukt alle eerder gemeten spanningen met een factor 2 omlaag, waardoor in de meeste gevallen spanningen beneden de 1000 kgf/cm^2 ontstaan. Alleen in een ongunstige stand van het bed, met asymmetrische belasting en grote dynamische effecten kan dan nog incidenteel de toelaatbare spanning worden overschreden. Bij behoud van dezelfde buitendiameter moet dan gekozen worden voor een pijp met een wanddikte van 8 mm.

Kunnen andere buitendiameters gekozen worden dan is een keuze mogelijk uit de volgende afmetingen

Diameter	wanddikte
32	8
34	5,6
38	3,6
42	2,6

De verwachting is dat indien voor deze onderdelen gebruik wordt gemaakt van naadloze pijp in plaats van gelaste pijp, het spanningsverloop in de voor- en achteras eveneens gunstiger zal uitvallen.

Uit de spanningsanalyse blijkt dat piekspanningen soms optreden omdat de constructie zelf niet geheel symmetrisch is. Uiteraard ter zake kan en zal de belasting niet altijd symmetrisch zijn. Het volgende voorstel zal daarom niet zo'n uitgesproken effect hebben als het voorafgaande.

De verbindingsstang (zie fig. 1), nu uitgevoerd als hoekprofiel, is uit het middenvlak gemonteerd. De strippen waarmee de verbinding naar voor- en achteras worden gemaakt zijn al extra verstevigd. Het ware te wensen als een constructie mogelijk werd, waarbij een T-profiel als verbindingsstang in het middenvlak van het bed lag. Daarbij zouden bij de achterste universele hefarm, de strippen voor de krachtsinleiding van de hydraulische cilinder kunnen worden verlengd.

6. Verantwoording

Verloop van de contacten

- 79-11-09 Oriënterend gesprek op de THE
79-11-14 Bezoek aan FAVRO B.V. te Uden
Maken van kostencalculatie
79-11-16 Goedkeuring contract door vakgroepsbestuur
80-01-10 Verzending contract door bureau afd. W naar FAVRO B.V.
80-01-14 Accoordverklaring FAVRO B.V. ontvangen
80-02-04 Aflevering van het bed ter beproeving
80-03-11 Overleg met FAVRO B.V. over uitvoering meetprogramma
80-04-02 Overleg met FAVRO B.V. over onderzoeksrapportage en voor-
lopige conclusies

Geleverde verbruiksgoederen

- 35 Rosetterekstrookjes
7 Eén-filament rekstrookjes

Personeelskosten

- Laboratoriumassistent: 80 uur
Wetenschappelijk hoofdmedewerker: 30 uur.

Rekenkosten

- Rekstrookverwerking 100 Acu's