

Analyse van het muntproces m.b.v. de eindige elementenmethode

Citation for published version (APA):

Vromans, J. (1984). *Analyse van het muntproces m.b.v. de eindige elementenmethode*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPB0119). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1984

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.

BB 433076

ANALYSE VAN HET MUNTPROCES M.B.V. DE
EINDIGE ELEMENTENMETHODE

Auteur: J. Vromans

WPB-Rapport nr. 0119 sept. '84
VFCOOC D1/D3

Verslag I1-opdracht

Begeleider: dr.ir. J.A.H. Ramaekers

SAMENVATTING

In dit verslag is een berekening uitgevoerd aan een muntproces mbv de eindige elementen methode. Doel van de berekening was om inzicht te verkrijgen in de optredende spanningen en het verloop daarvan als functie van de vullingsgraad van de gravure. De berekeningsresultaten zijn vergeleken met andere berekeningsmethode.

De eindige elementen methode geeft een goede beschrijving van het proces, zeker als het om het verplaatsingsveld gaat. De berekende spanningen zullen nog aan een extra onderzoek onderworpen moeten worden.

INHOUDS OP GAVE

I INLEIDING	6/2 1
II MODELLERING	5
III MARC INVOER	10
IV RESULTATEN	23
V BESPREKING RESULTATEN	28
VI VERGELIJKING E.E.M. experimentele result.	32
VII VERGELIJKING E.E.M. met schillen meth.	33
VIII VERGELIJKING E.E.M. met raster opname	34
IX OPMERKINGEN	37
X CONCLUSIES	42

Literatuur.

Bylage I : MARC INVOER	43
Bylage II : VERVORMDE MESHES	54
Bylage III : SPANNINGEN LOOD	61
Bylage IV : SPANNINGEN ALU.	70

I INLEIDING

Het munten is een van de oudste koud omvorm technieken die bekend is. De bewerking houdt slechts in dat een gravure zo scherp mogelijk wordt overgenomen. Een schematische voorstelling van de munt-opstelling ziet u in figuur 1

In ons geval bestaat de boven en onderstempel niet uit een ingewikkelde gravure, maar zijn de stempels vlak uitgewerd. De muntblank bestaat niet zoals gewoonlijk uit een vlakke blank, maar bezit een schuine rand. zie figuur 2.

Deze opstelling heeft niet tot doel een vlakke munt te maken, omdat dit wel op een eenvoudiger manier kan, maar om meer inzicht te verkrijgen in de benodigde stempelkracht en de optredende inwendige spanningen bij het vullen van de gravure (schuine holte).

In het bijzonder zijn we geïnteresseerd in het verloop van de spanningen als functie van de steeds kleiner wordende schuine rand ρ . zie figuur 3
Er bestaan verschillende methoden om achter dit verband te komen (als het bestaat)

- nl. * experimenteel
- * schillen methode
- * upperbound methode
- * eindige elementen methode

In dit verslag wordt de eindige elementen methode beschouwd.

Een van de problemen die hierby ontstaan is de beschrijving van het toenemende contact oppervlak tussen stempel en blank en tussen muntring en blank. resp ΔAs en ΔAm in figuur 3

Dit probleem wordt opgelost met zgn gap-elementen.

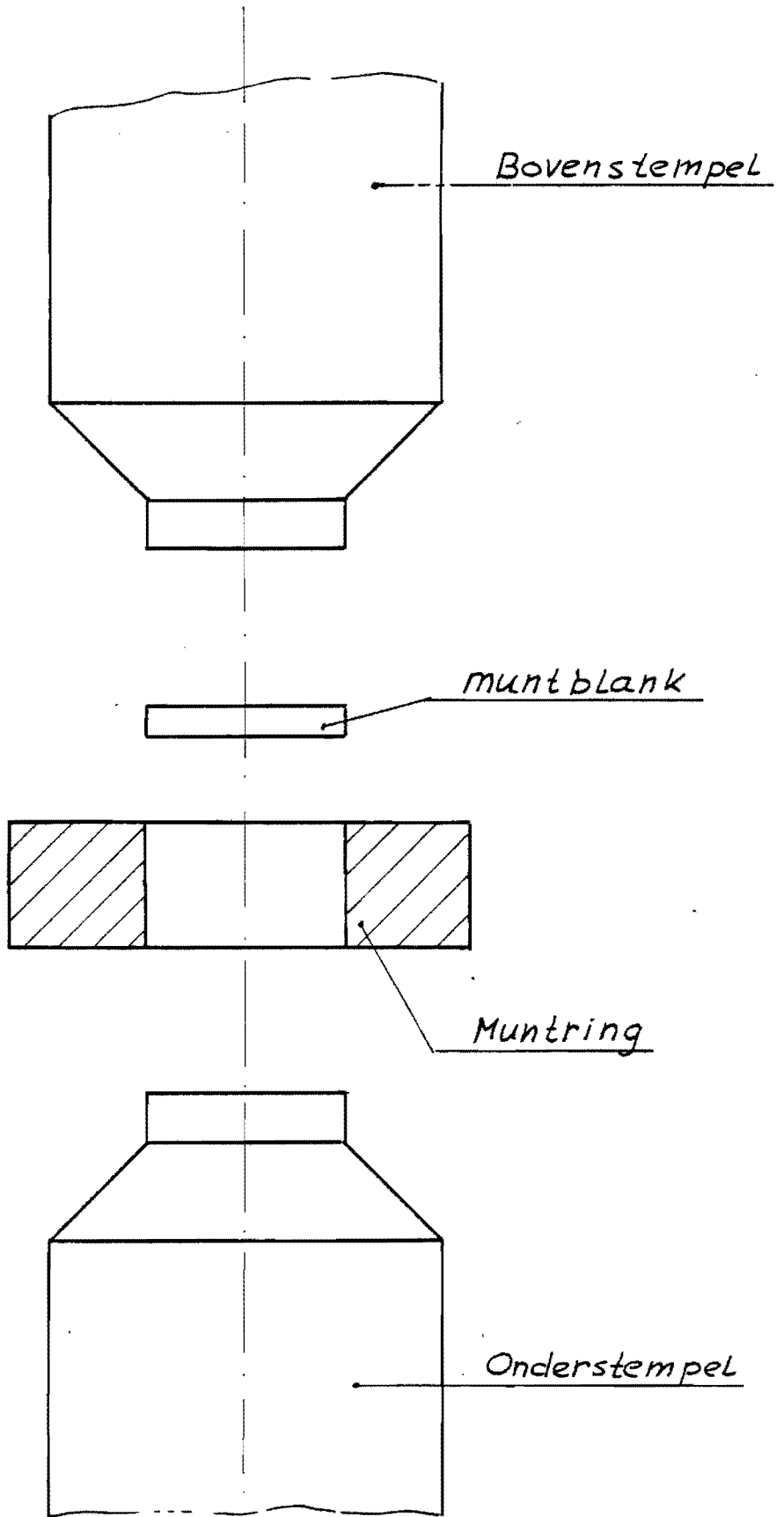


fig 1

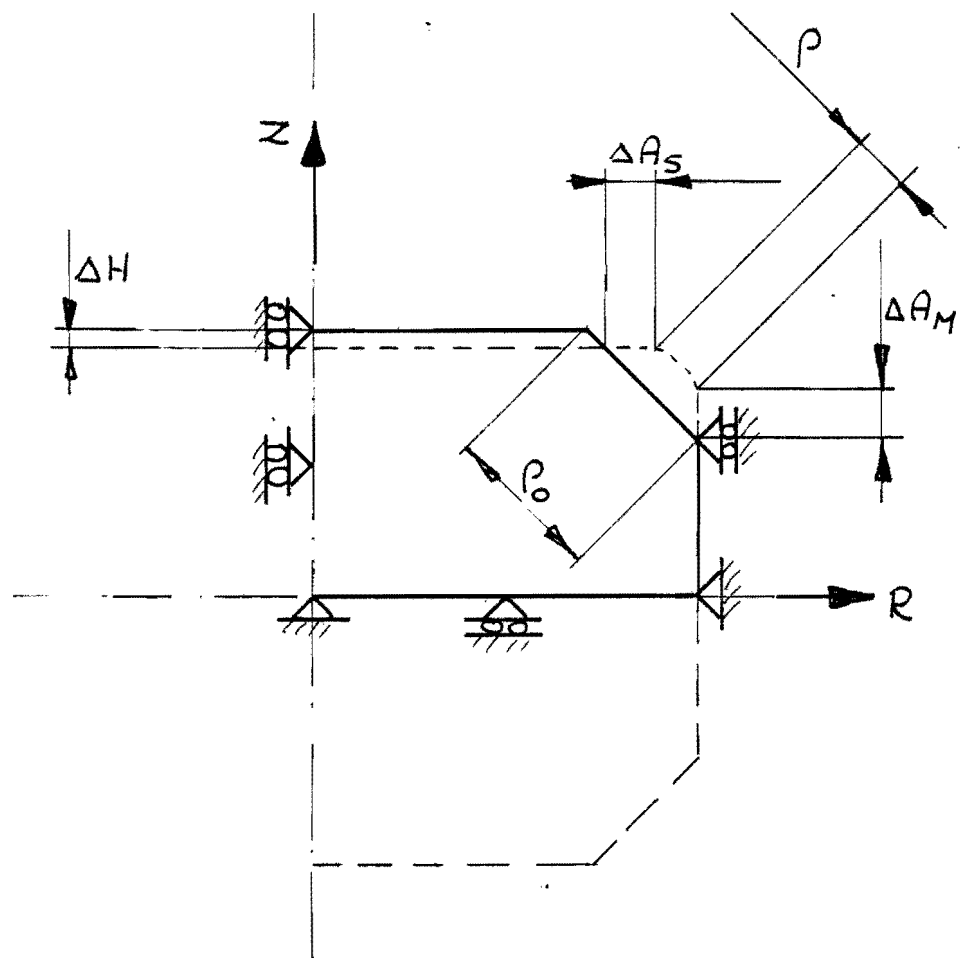
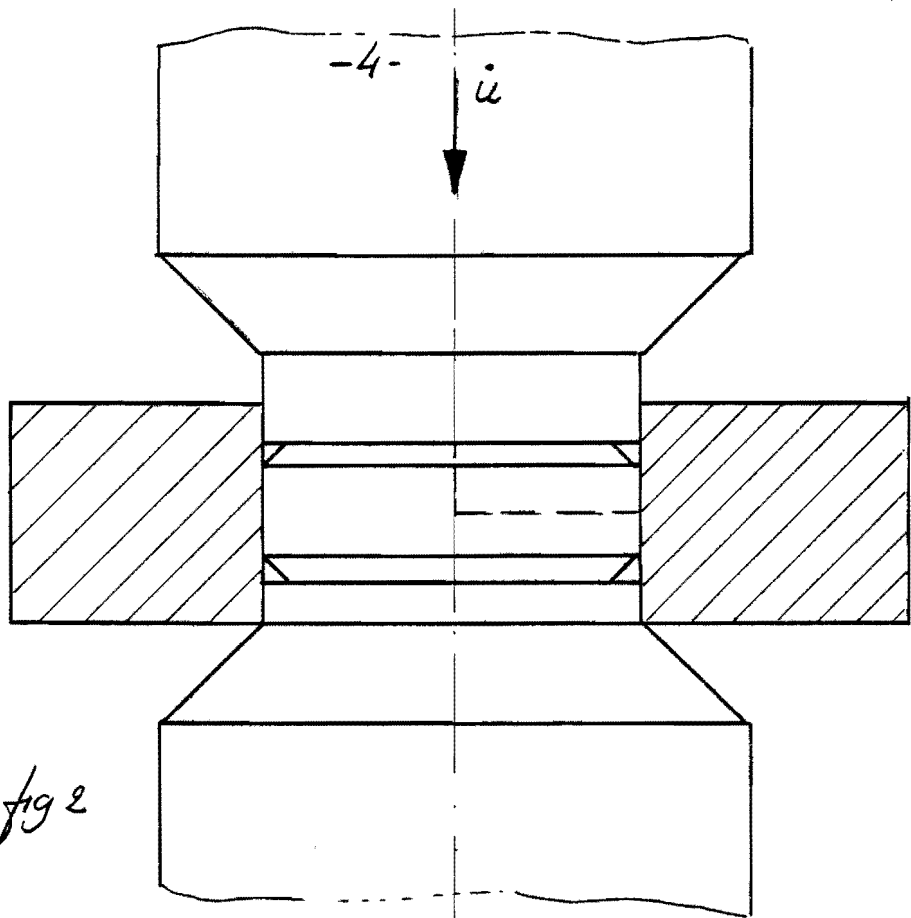


fig 3.

II MODELLERING

Ons probleem is rotatorisch symmetrisch en bovendien symmetrisch t.o.v. $z=0$.

Met invoering van de juiste randvoorwaarden is 'n beschrijving van $1/4$ deel van de munt blank voldoende. De ingevoerde randvoorwaarden zijn weergegeven in figuur 3.

Er wordt aangenomen dat de stempels en de munt ring star zijn. Een volgende aanname is dat het contact tussen munt blank en gereedschappen (stempels en muntring) wryvingsloos is.

De modellering gebeurt met het niet lineaire eindige elementen pakket "MARC" in combinatie met de "SDRC"-software "SUPERTAB" dat als voor en na loop programma tuur dienst doet.

De gang van zaken bij deze combinatie is als volgt:

a) Interactief generen van de elementen verdeling, aanbrengen van randvoorwaarden, specificeren van de voorgeschreven belasting, evenals het definiëren van materiaal en andere parameters m.b.v.

"SDRC/MODELCREATION". De verkregen data wordt vastgelegd in een zgn "UNIVERSAL"-file.

b) De bovengenoemde "UNIVERSAL"-file wordt met 'n vertaal programma FT (file translator) omgezet naar een "MARC"-invoer file

- c) Na enige toevoegingen aan de MARC-invoerfile (eigenlijk alleen de speciale opties voor niet-lineaire problemen), kan het "MARC"-programma opgestart worden. De berekeningsresultaten worden in een file (de "POST"-tape) vast gelegd.
 - d) De "POST"-tape wordt met een vertaal programma weer omgezet in een "UNIVERSAL"-file
 - e) Interactieve verwerking van de resultaten met "SDRC / OUTPUT DISPLAY"
- Voor verdere informatie zie [1] en [2]

Een gedeelte van op deze manier verkregen MESH (mbv. SDRC / MODEL CREATION) ziet u in figuur 4 en 5. Hierin zijn element nr 48 t/m 71 de zog. gap elementen. Voor de theorie achter deze elementen verwijzen we naar [3]

In het kort kunnen we zeggen dat deze gap-elementen de afstand tussen de twee onderste knooppunten van dit element kunnen beschrijven. en zodoende kunnen bepalen of deze afstand nul wordt. (d.w.z. er wordt contact gemaakt tussen gereedschap en munt blank).

De muntblank zelf is beschreven met een 8-knoops isoparametrisch element (type 28 zie [3])

Er is voor een 8-knoops element gekozen omdat deze een kwadratisch verplaatsings veld hebben. waardoor ze een lineair spannings veld kunnen beschrijven

Fig 4

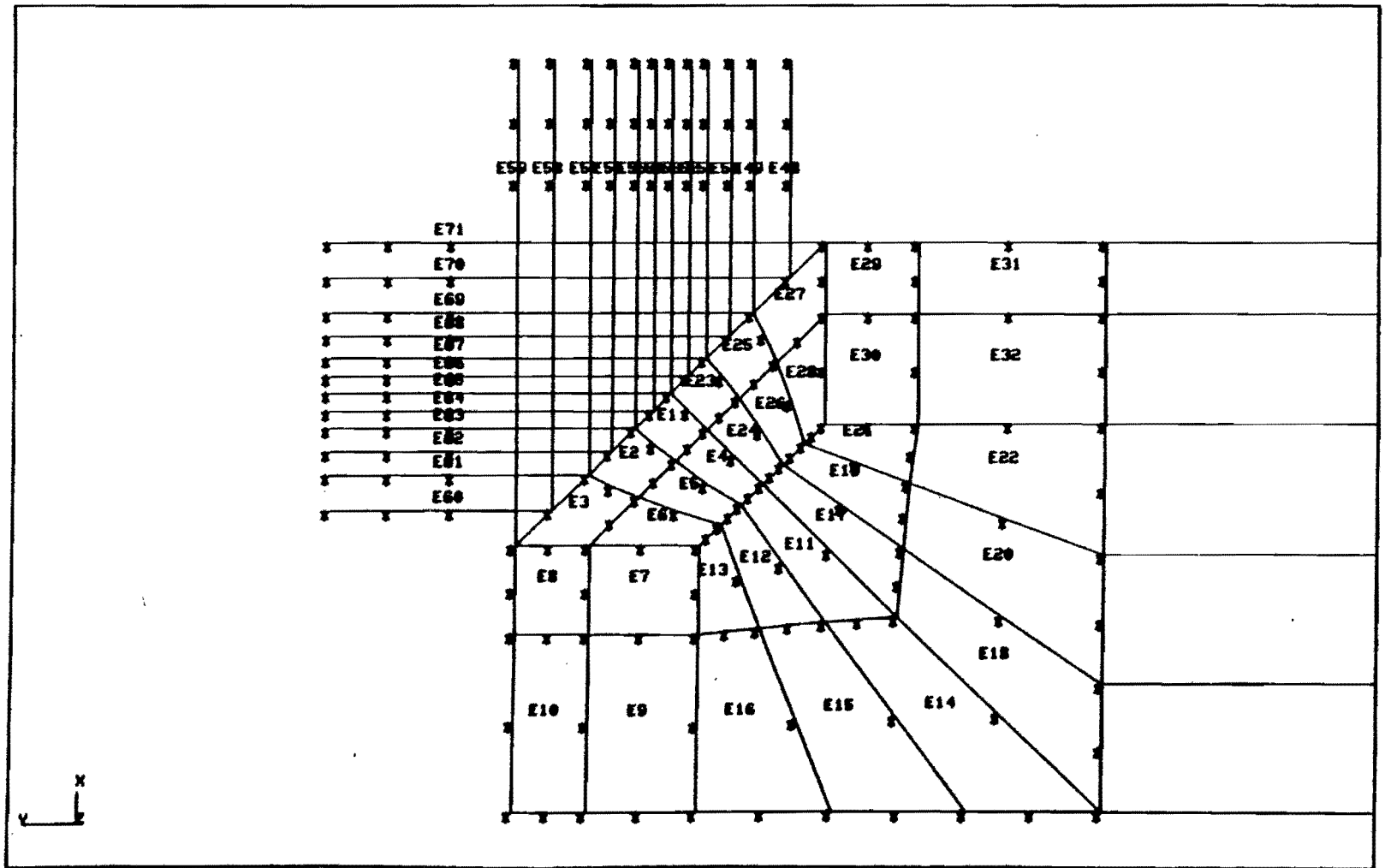
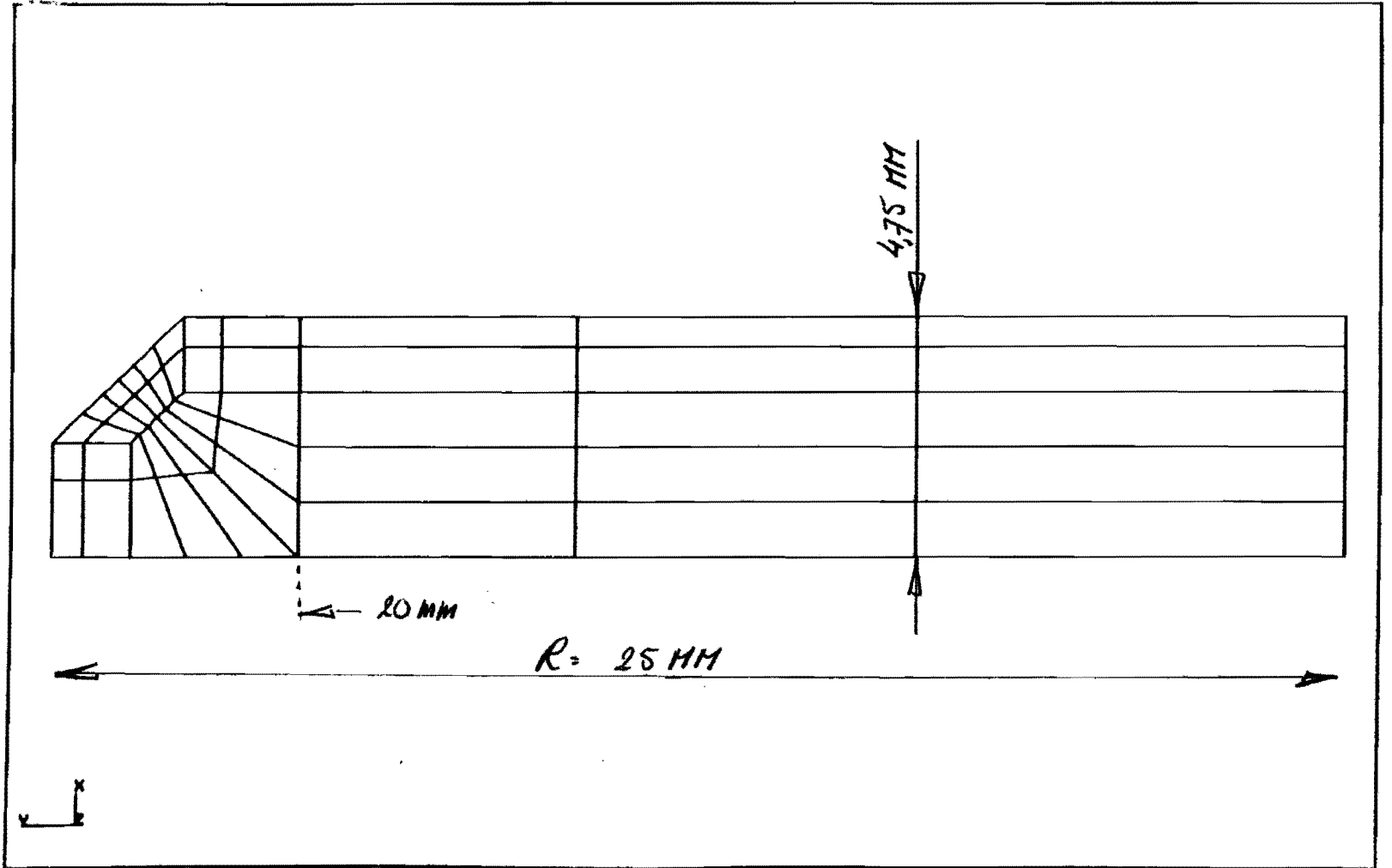


fig 6



De elementen zijn bovendien iso-parametrisch zodat de randen goed beschreven kunnen worden.

De verdeling van de Munt blank in elementen zien we in figuur 6

III MARC INVOER

In dit hoofdstuk bespreken we de opbouw van het programma pakket "MARC".

De afzonderlijke commando's en subroutines worden besproken aan de hand van bijlage I

De nadruk zal hierbij liggen op het gedeelte dat niet volgt uit het voorloopprogramma "SDRC / MODEL-CREATION" dus op de speciale opties voor het niet Lineaire gedeelte.

De invoer van "MARC" kunnen we onderverdelen in drie hoofdgroepen. Deze groepen vormen een natuurlijke onderverdeling van de invoer gegevens.

Binnen elke groep afzonderlijk is er een keuze uit een groot aantal programma kaarten (opties - subroutines).

Door een geschikte keuze van deze kaarten kan men met een minimum aan invoergegevens het gewenste probleem beschrijven. De invoer is verdeeld in de volgende drie hoofdgroepen. (zie ook blz 18)

a) Parameter cards

Deze set van kaarten wordt gebruikt voor

het aanwijzen van het benodigde geheugen en om het verloop van het programma door de gewenste analyse te sturen. Deze set van kaarten wordt afgesloten met 'n "END" kaart

b) MODEL DEFINITION CARDS

Deze set van kaarten beschrijft de initiële geometrie, belasting en materiaalgegevens van het model. Deze kaarten verschaffen het programma de benodigde informatie voor het doorrekenen van het initiële elastische probleem.

(inulde increment" oplossing)

Deze set van kaarten wordt afgesloten met een "END OPTION" kaart.

c) LOAD INCREMENTATION CARDS

Deze set van kaarten voorziet in de belastings-incrementen en de sturing van het programma na de initiële elastische analyse.

Elke set van sturings kaarten wordt afgesloten door een "CONTINUE" kaart. Deze kaart stuurt het programma terug voor een nieuw increment of een serie van incrementen.

We lopen nu aan de hand van bijlage I door de verschillende groepen heen. Voor een uitvoerige beschrijving van de kaarten verwijzen we naar de "MARC-MANUAL" Lit [3].

De met een (*) aangekruiste kaarten worden NIET door het vertaal programma FT gemaakt maar worden later met de hand toegevoegd.

ad a) PARAMETER CARDS

- TITLE : spreekt voor zich
- SIZING : reserveert geheugen
- ELEMENTS : geeft type elementen aan
- ALL POINTS : Deze optie wordt gebruikt voor het berekenen en opslaan van spanningen en rekken in alle integratie punten van alle elementen

- (*) UPDATE : Deze kaart schakelt de updated lagrange procedure in voor de elementen waarbij deze formulering gebruikt kan worden
Deze procedure heeft twee konsekwenties.
 - 1^e De element stijfheids matrix wordt bepaald aan de hand van de huidige vorm het element
 - 2^e De spanning en rek uitvoer wordt gegeven in het coördinaten systeem wat gebruikelijk is in de updated lagrange procedure (in ons geval globaal z-r)

- (*) FINITE : Wordt gebruikt bij grote rekken (tot 3%)
Met deze optie wordt rekening gehouden

met de geometrie veranderingen als gevolg van niet elastische deformaties. Deze kaart moet altijd samen gaan met de "UPDATE" kaart.

END : Deze kaart sluit de serie van parameter cards af.

ad b) MODELDEFENITION CARDS

(*) POST : Maakt file waar berekenings gegevens op worden weggeschreven (*POST-file) voor het maken van plots.

Voor de betekenis van de codes 1.2...24.27 zie blz 19.

(*) CONTROL : Deze optie geeft de gebruiker de mogelijkheid om de gewenste nauwkeurigheid, en maximaal aantal iteratiestappen per increment op te geven.

(*) PRINT CHOICE : geeft de mogelijkheid om te kiezen van welke elementen en knooppunten je uitvoer wilt. In ons geval is deze optie gebruikt om de grote hoeveelheid van uitvoer te onderdrukken (d.w.z. geprinte uitvoer). De berekenings gegevens staan ook op de "POST"-file

COORDINATES : Dit blok geeft de coördinaten van elk knooppunt weer.

CONNECTIVITY : Dit blok geeft de topologie weer dwz de knooppunten voor elk element.

PROPERTY : geeft de materiaal eigenschappen van de elementen weer, zoals E -modulus, ν , en vloei grens.

Voor de gap-elementen kan men hier de nitrale spleet en wrijvings Coëfficiënten opgeven.

In ons geval is er voor lood opgegeven

E -mod 14000 N/mm^2

ν $0,3$

σ_{VL} 15 N/mm^2

(*) WORK HARD : Deze kaart geeft de gebruiker de mogelijkheid om een spannings-rek relatie op te geven voor elastisch-plastisch materiaal gedrag.

De "work hardening" (versterking) kan op drie manieren opgegeven worden.

Een manier, die hier gekozen is, is om de kromme op te delen in rechte lyn-stukken.

By deze methode geeft men op :

- het aantal lynen waarmee kromme wordt benadend (3 in ons geval)

- op welke gebaete van het model de verstuiging betrekking heeft
- De "1" verwijst naar het property blok 1 to 47. De verstuiging heeft dus alleen betrekking op de elementen 1 t/m 47 (de blank)

Daarna volgen drie kaarten waarop de helling en het startpunt van de lynen staan.

Dere getallen zijn berekend volgens de methode zoals aangegeven op blz 20

Dere methode is toegepast op de grafiek op blz 21 en 22

Op dere grafieken zijn ook de gebruikte waardes op terug te vinden.

BOUNDARY-

CONDITION : Geeft een lijst van randvoorwaarden weer, op welk knooppunt ze werken en in welke richting (1 = Z, 2 = R)

END OPTION : Sluit de reeks van "MODEL DEFINITION CARDS" af

ad c) LOAD INCREMENTATION CARDS

(*) AUTO LOAD : geeft het aantal incrementen aan wat na het elastische increment volgen.

De grootte van het increment hangt af van de schaal factor zoals die is opgegeven by "proportional increment"

(*) PROPORTIONAL-

INCREMENTEN : geeft de schaal factor aan waarmee het voorgaande increment vermenigvuldigd wordt.

(*) CONTINUE : Deze kaart is nodig om aan te geven dat alle data voor dit increment of serie van incrementen is gelezen is. De berekening wordt dan opgestart.

In ons geval rekenen we de volgende incrementen door, waarbij de stempel verplaatsing opgedrukt wordt

incr.	Δh_i	$\sum_{i=0}^n \Delta h_i$	Load case / step
0	0,001	0,001	1
1	0,01	0,011	2
2	"	0,021	3
3	"	0,031	4
4	"	0,041	5
5	"	0,051	6
6	0,025	0,076	7
7	"	0,101	8
8	"	0,126	9
9	"	0,151	10
10	"	0,176	11
11	"	0,201	12
12	"	0,226	13
13	"	0,251	14
14	"	0,276	15
15	"	0,301	16

-17-

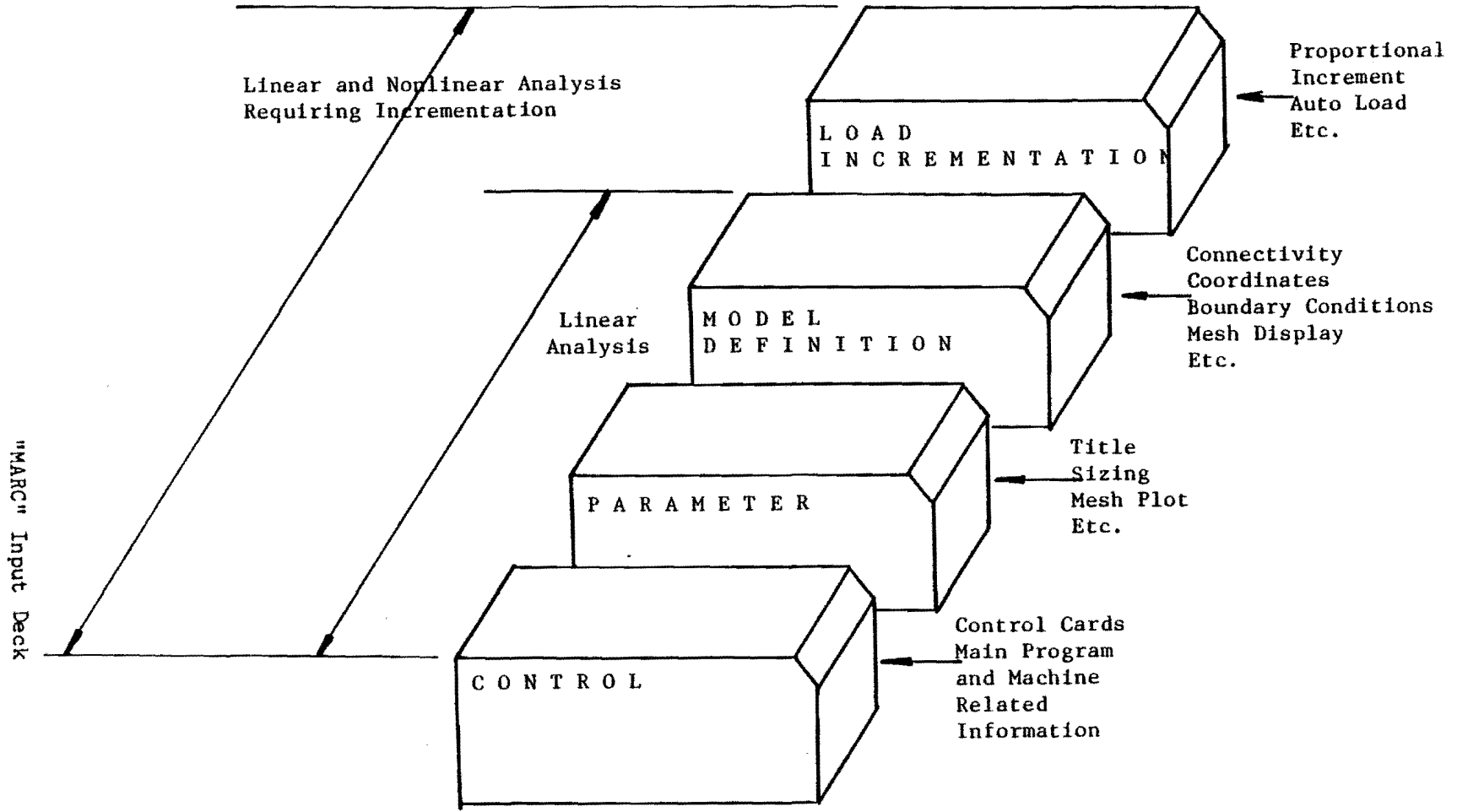
16
17
18
19
20

0,025
"
"
"
"

0,326
0,351
0,376
0,401
0,426

17
18
19
20
21

Fig 7



The next series of cards in this option is used for input of codes for selecting strains and stresses for plotting to be written to the post tape.

The following code is used:

<u>Code</u>	<u>Description</u>
1-6	Components of strain. For rigid-perfectly plastic flow problems, components of strain rate.
7	Equivalent plastic strain (integral of equivalent plastic strain rate). For rigid-perfectly plastic flow problems, equivalent plastic strain rate.
8	Equivalent creep strain (integral of equivalent creep strain rate).
9	Total temperature.
10	Increment of temperature.
11-16	Components of stress.
17	Equivalent Mises stress.
18	Mean normal stress (tensile positive) for Mohr-Coulomb.
19	User selected variable based on stress and temperatures defined in PLOTV. See user subroutine section.
20	Thickness of element.
21-26	Components of the total plastic strain.
27	Total equivalent plastic strain. $\bar{\epsilon}^p = \sqrt{\frac{2}{3} \Delta \epsilon_{ij}^p \Sigma \Delta \epsilon_{ij}^p}$
29	Total value of second state variable.
31-36	Physical components of total creep strain.
37	Total equivalent creep strain. $\bar{\epsilon}^c = \sqrt{\frac{2}{3} \Sigma \Delta \epsilon_{ij}^c \Sigma \Delta \epsilon_{ij}^c}$
38	Total swelling strain (from subroutine VSWELL).
39	Total value of third state variable.
40	Higher order contribution obtained from QUALIFY option.
41-46	Components of Cauchy stress.
47	Equivalent Cauchy stress.
48	Strain energy; for elements with Mooney material only.

DEFINITION OF WORK-HARDENING SLOPES

Work-hardening slopes must be input for uniaxial stress data as change in stress per unit of plastic strain (see the diagram below):

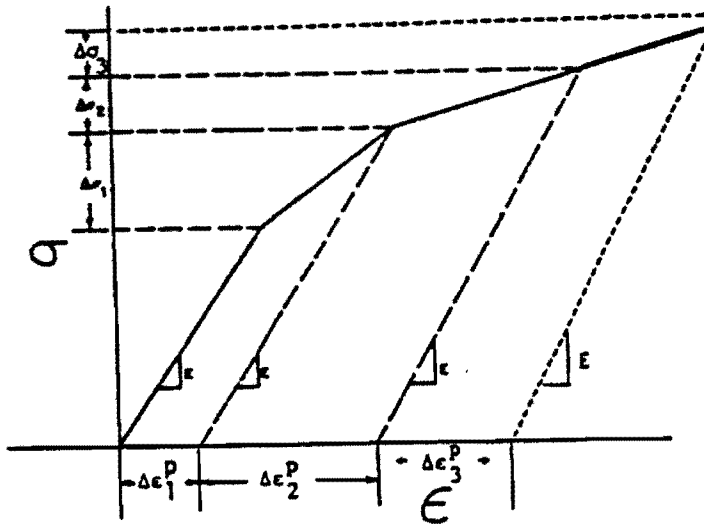


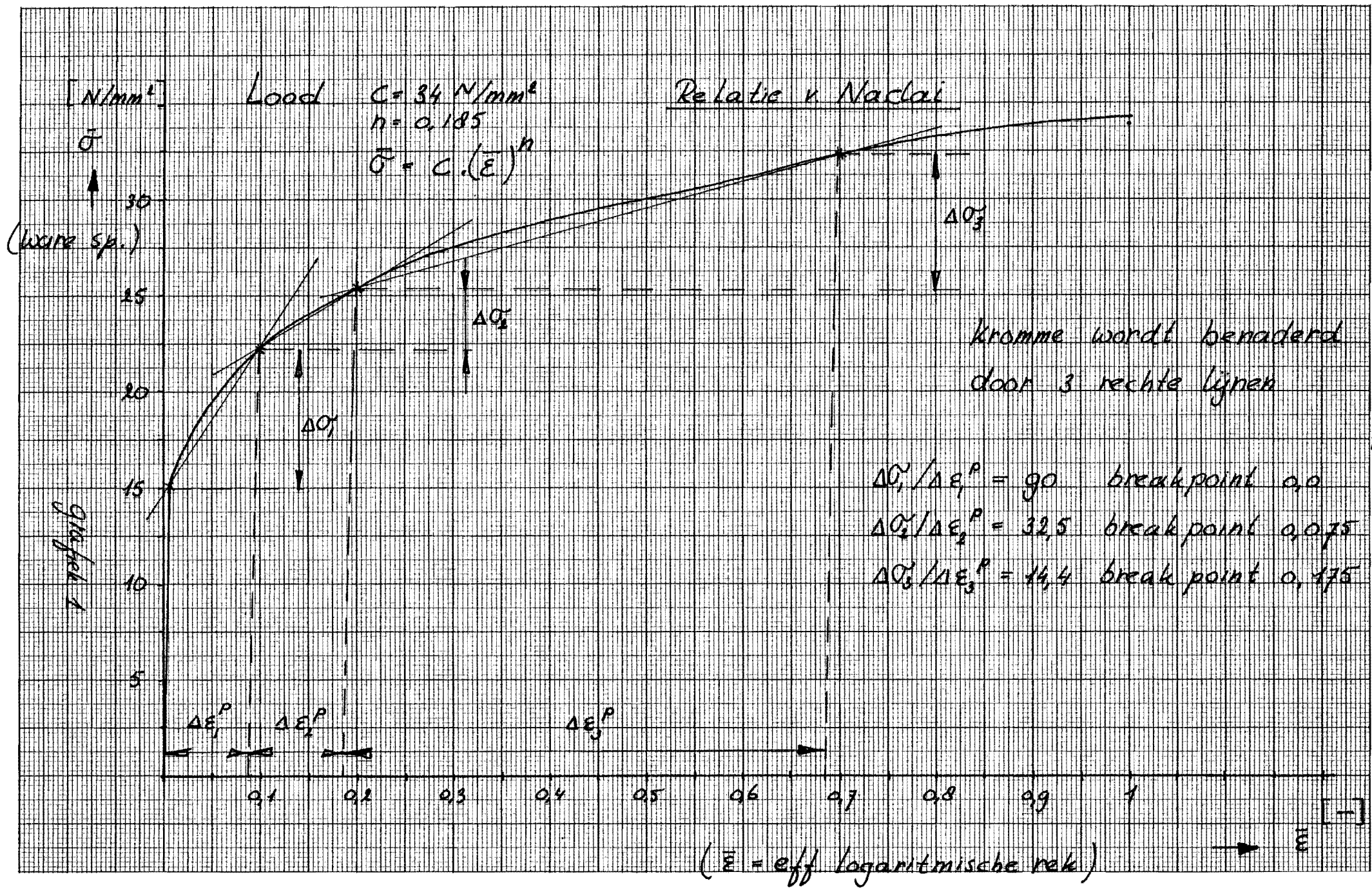
Figure A2.5-3 Work Hardening Slopes

$$\text{1st work hardening slope} = \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\epsilon^p}, \text{ breakpoint} = 0.0$$

$$\text{2nd work hardening slope} = \frac{\Delta\sigma_2}{\Delta\epsilon_2^p}, \text{ breakpoint} = \Delta\epsilon_1^p$$

$$\text{3rd work hardening slope} = \frac{\Delta\sigma_3}{\Delta\epsilon_3^p}, \text{ breakpoint} = \Delta\epsilon_1^p + \Delta\epsilon_2^p$$

NOTE: The slopes of the work hardening curves should be based on a plot of the stress versus plastic strain curve for a tensile test. The elastic components of the stress strain curve should not be included, and the first breakpoint of the work hardening slope should be 0.0



[N/mm²]

Alu. $C = 155 \text{ N/mm}^2$

Relatie v. Nadai

$$n = 0,03$$
$$\bar{\sigma} = C \cdot (\bar{\epsilon})^n$$

(ware sp.)
200

kromme wordt benaderd
door 1 lyn. d.w.z. Alu
wordt beschouwd
elastisch - ideaal plastisch.

grafiek 2

180
160
140
120
100

0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1

[-]

$$\Delta \sigma' / \Delta \epsilon' = 0,0$$
$$\text{Break point} = 0,0$$

($\bar{\epsilon}$ = eff. logarithmische rek)

IV RESULTATEN

Op blz 25 ziet u de benodigde rekentijd voor de analyses.

De rekentijd voor lood is 5 uur, die voor aluminium bedraagt 1 uur 40 min.

Het verschil in rekentijd zit in de sizing.

De sizing bij aluminium was groter dan bij lood, zodoende kon het hele probleem ineens in de computer zonder dat er tussenresultaten weg behoefde te worden geschreven. ("out of core" werken)

Dit bespaart extra tijd.

Omdat we geïnteresseerd zijn in de spanningen (en dan vooral de σ_{zz} , omdat deze de stempelkracht bepaald) als functie van de blank radius, hebben we van de interessante stappen de vervormde Mesh en de bybehorende spanningen laten uittekenen m.b.v. "SDRC / OUTPUT DISPLAY"

Omdat gebleken is dat zowel lood als aluminium een zelfde vervormde structuur te zien geven, is maar één serie plots in dit verslag opgenomen

De opeenvolgende stappen (vanaf load case 12) zijn weergegeven in bylage II ^{of increment 11}

De bybehorende spanningen zijn genomen over het symmetrie vlak $X=0$ ($Z=0$)

De berekeningsresultaten voor lood zijn opgenomen in bijlage III, de resultaten voor Aluminium staan in bijlage IV

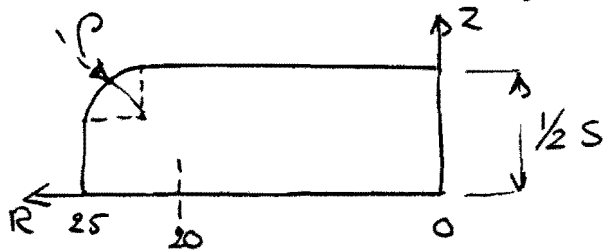
Aangezien we uit kunnen gaan van verschillende blank afmetingen en verschillende materialen worden de gegevens dimensie loos gemaakt.

De spanningen worden dimensie loos gemaakt door ze te delen door de vloeispanning.

De afrondingsstraal ρ wordt dimensie loos gemaakt door ze te delen door de momentane blank dikte

We zetten dan in een grafiek uit bv: σ_z/σ_v tegen ρ/s

De factor ρ/s wordt verkregen door de plaatjes op te meten van bijlage II volgens onderstaand plaatje



De zo verkregen resultaten zien we in de grafieken 3 en 4 op blz 26 en 27

De spanningsplaatjes zien er niet zo fraai uit (zie bijlage III) in de buurt van $R=20$ mm beginnen ze te slingeren.

Hier komen we later nog op terug.

Voor de bepaling van σ_z/σ_v hebben we gebruik gemaakt van het eerste stuk van de grafieken van bijlage III en IV

Alu

MARC MUNT.MRCIN MUNT.MRCOUT
started at Saturday September 1, 1984 10:50:12
Volume KLAD
111105 total records
37887 records available
65.9

MARC EXECUTION BEGINS
Volume KLAD
111105 total records
37320 records available
66.4

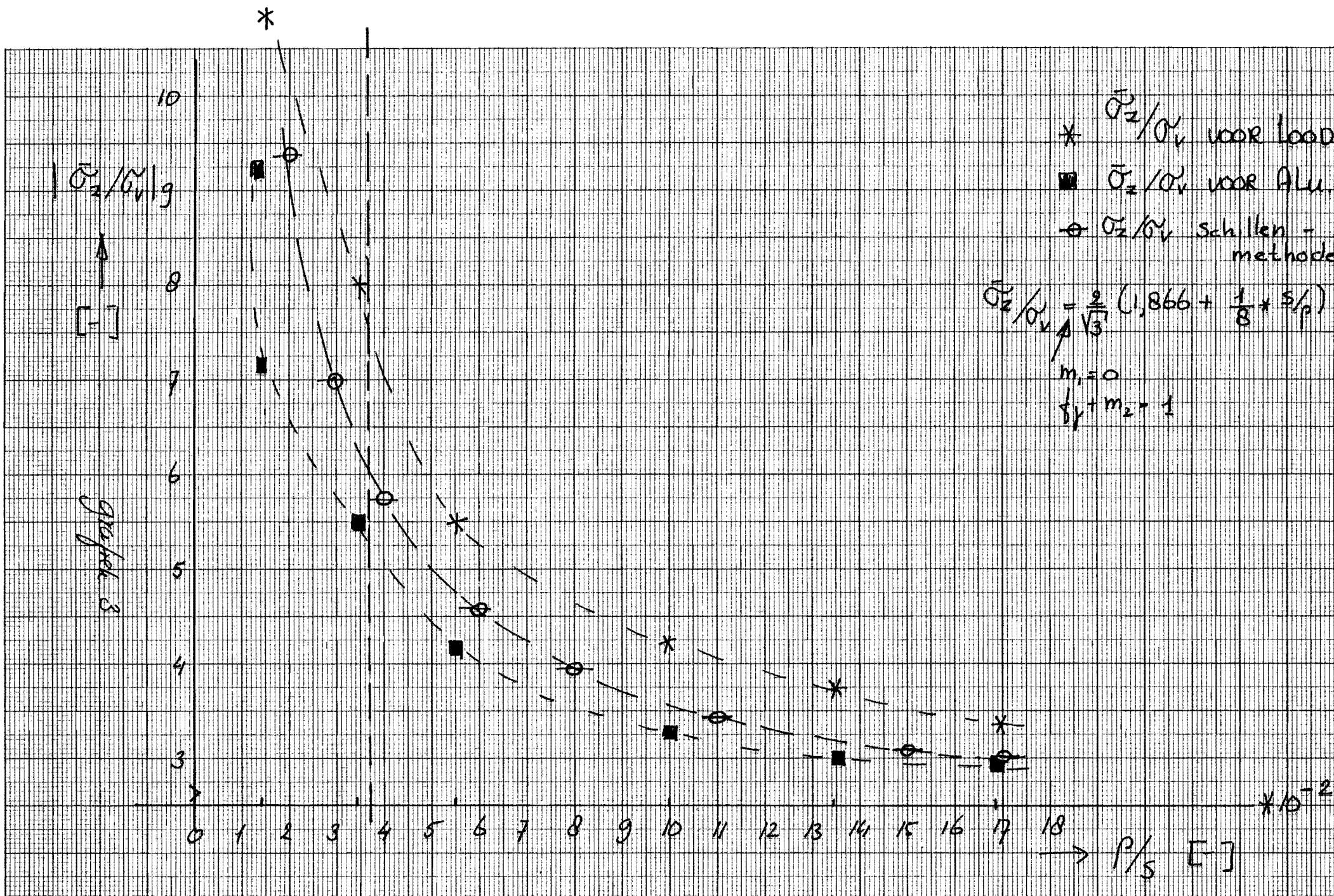
ready at Saturday September 1, 1984 12:27:04

Lood

MARC MUNT.MRCIN MUNT.MRCOUT
started at Saturday September 1, 1984 03:00:20
Volume KLAD
111105 total records
38580 records available
65.3

MARC EXECUTION BEGINS
Volume KLAD
111105 total records
38060 records available
65.7

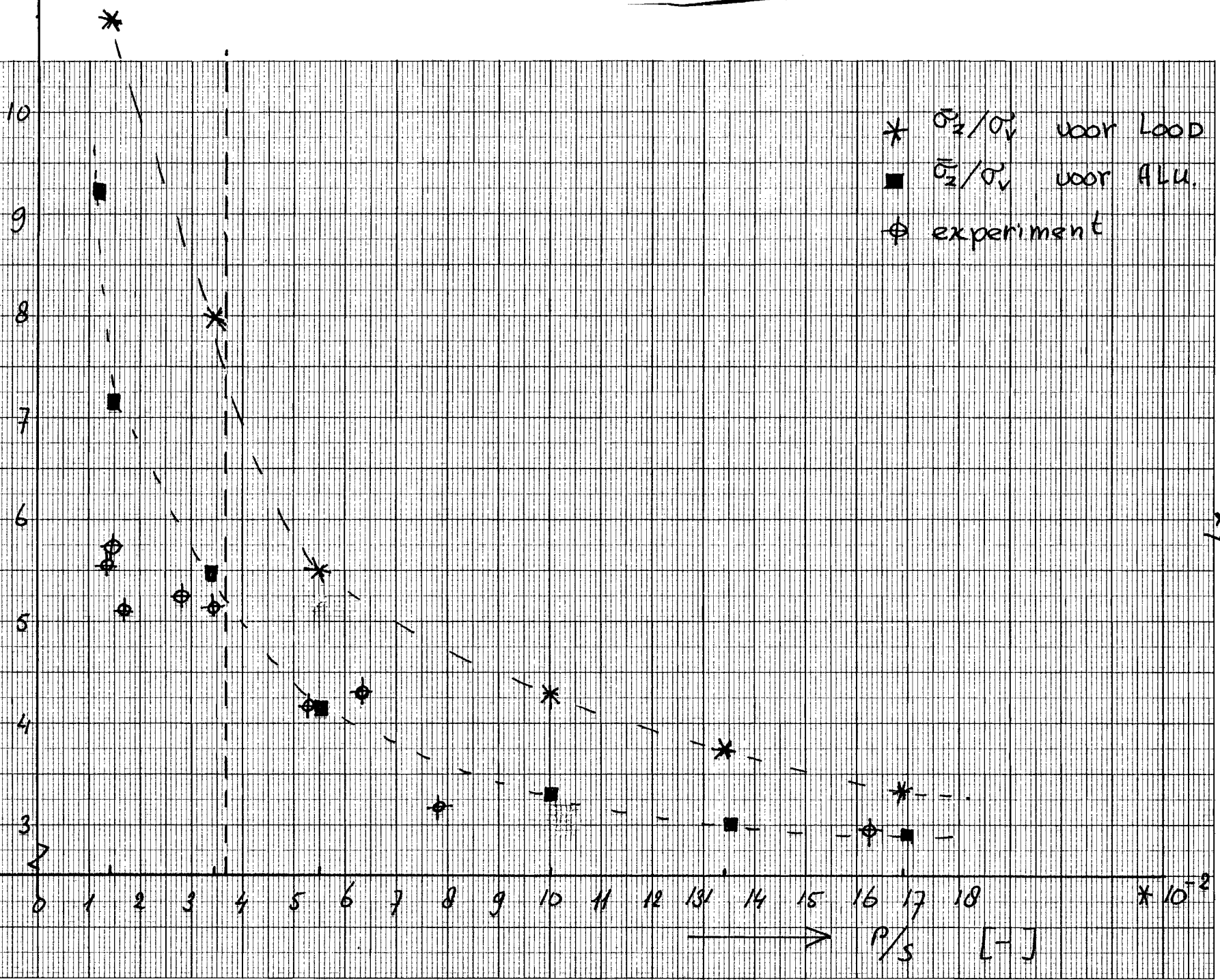
ready at Saturday September 1, 1984 08:02:48



-26-

$|\frac{\sigma_z}{\sigma_v}|$
[-]

grafiek 4



V Bespreking resultaten

In de grafieken 3 en 4 op blz 26 en 27 zien we dat de lyn van lood hoger ligt dan die van aluminium, ondanks dat de waarde $\sigma_z / \bar{\sigma}$ dimensieloos is gemaakt.

De oorzaak hiervan is waarschijnlijk terug te voeren naar het feit dat lood versteuigd en Aluminium niet. Vooral bij grote deformaties (P/s klein) is dit goed te zien.

De grootste deformatie vindt plaats in de hoek waar het materiaal naar toe stroomt (zie figuur 8). Door het versteuigen zal hier de vloeigrens aanzienlijk groter zijn dan op het vlak $z=0$.

Een beeld van de vloeispanning zien we in figuur 9. Er ontstaat als het ware een harde prop voor de uitstroom opening waardoor een grotere stempelkraacht, en daardoor een grotere σ_z nodig zal zijn in verhouding tot de vloeigrens.

Door eventueel een grotere vloeispanning in rekening te brengen (bv. gemiddelde over de blank) kan men de grafiek van lood omlaag drukken.

MUNTPROEF

VON MISES STRAIN

MINI+2.33E-02 MAXI+9.04E-01

LOAD CASE: 0

1+2.3E-02 2+1.8E-01 3+8.2E-01 4+3.2E-01 5+4.1E-01 6+5.1E-01

7+6.1E-01 8+7.1E-01 9+8.1E-01 10+9.0E-01

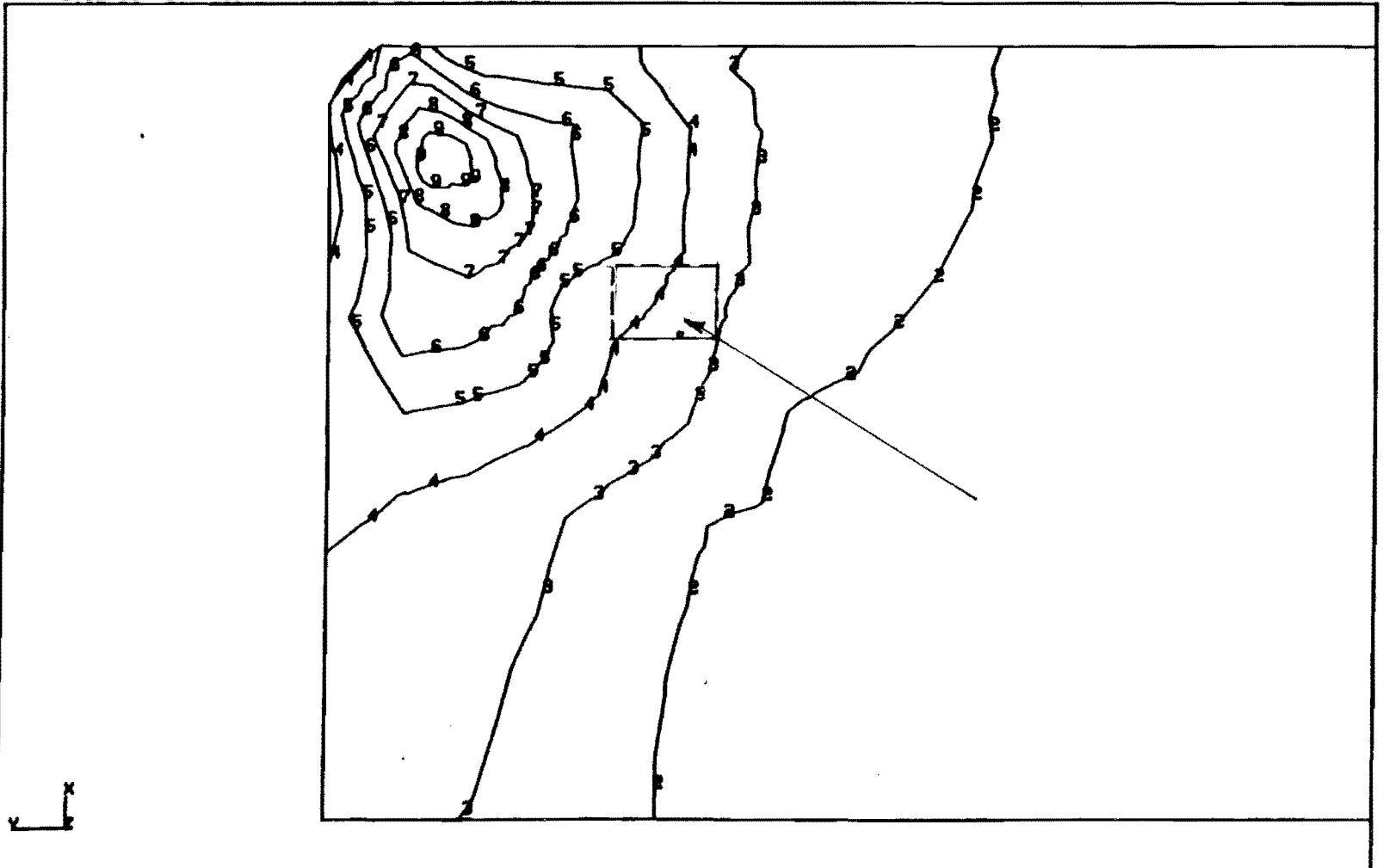


fig 0
Rekenresultaat $\bar{\epsilon}$ voor load

MUNTPROEF

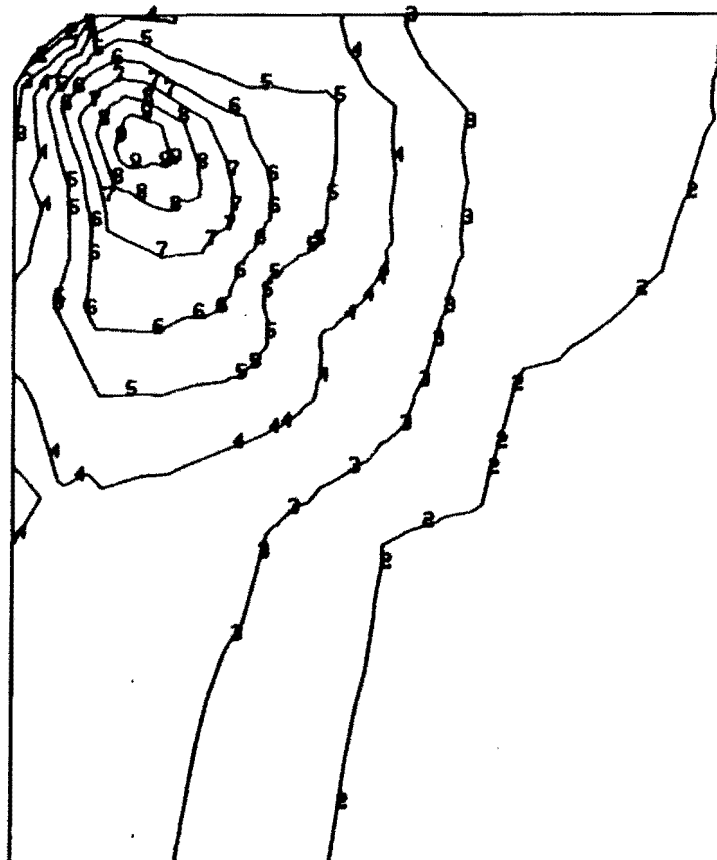
VON RISES STRAIN

11+2.2E-02 81+1.3E-01 31+8.3E-01 41+3.3E-01 51+4.3E-01 61+5.4E-01
71+6.4E-01 81+7.4E-01 91+8.5E-01 101+9.5E-01

MINI+2.21E-02 MAXI+9.50E-01

LOAD CASE: 0

SALU



Rekenverdeling $\bar{\epsilon}$ voor Alu
fig 8a

MUNTPROEF

VON MISES STRESS

1: +1.8E+01 2: +2.3E+01 3: +2.7E+01 4: +3.2E+01 5: +3.6E+01 6: +4.1E+01
7: +4.5E+01 8: +5.0E+01

MIN: +1.76E+01 MAX: +6.26E+01

LOAD CASE: 0

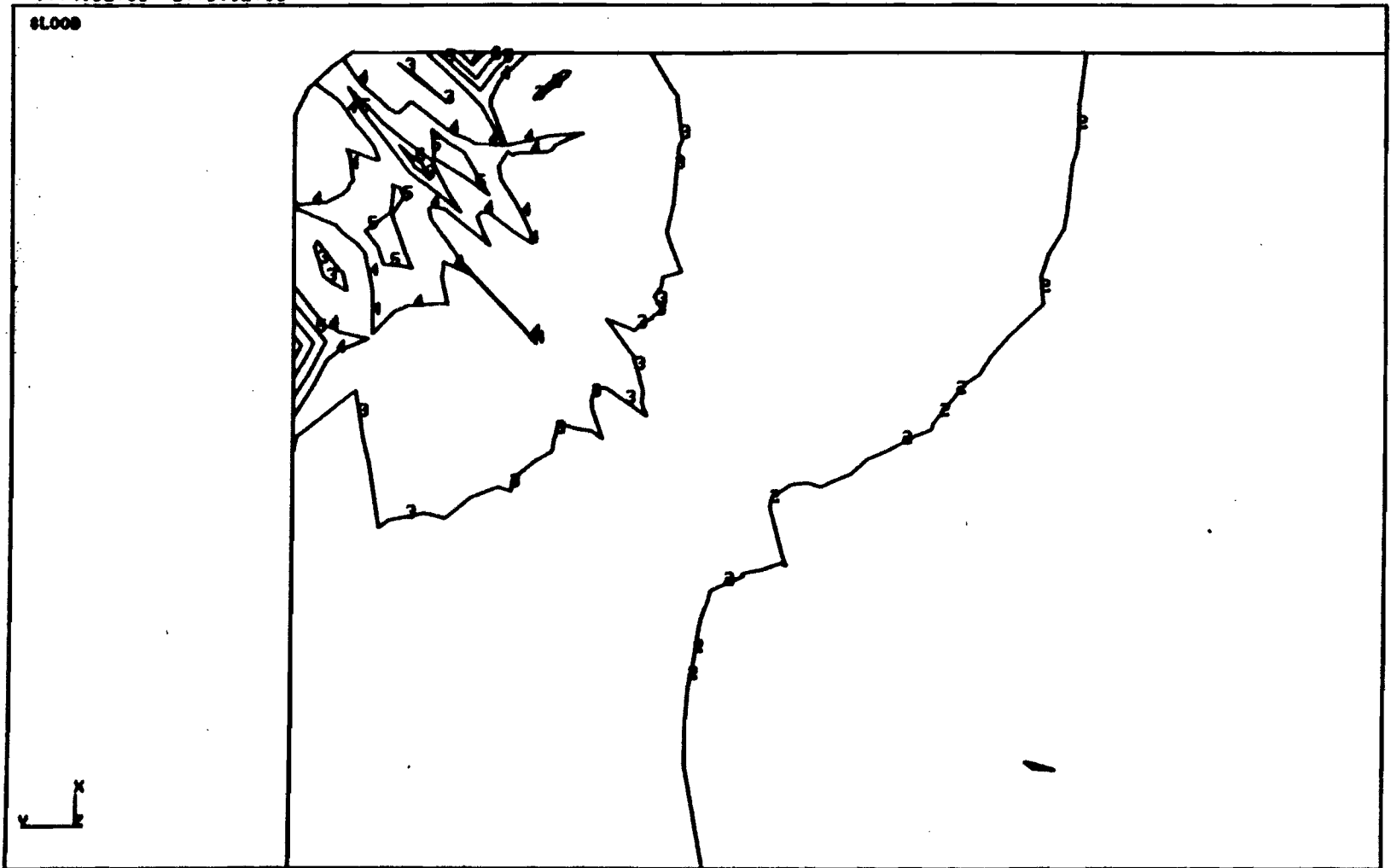


fig 9
De verdeling over de blanke

VI Vergelijking E.E.M. met experimentele resultaten.

In grafiek 4 op blz 27 staan ook de experimentele gevonden data uit.

Deze experimentele gegevens zijn overgenomen uit lit [4]. We zien dat in eerste instantie de berekenings resultaten vooral bij grote P/s in de buurt liggen van de experimentele gegevens.

Echter links van de aangebrachte stippelijn worden de verschillen steeds groter, de berekende spanningen vallen te hoog uit.

De stippelijn geeft dan ook de scheiding weer tot waaraan de kromme straal p nog door voldoende elementen wordt beschreven.

In bylage II is dit stap 16. Stap 17, 18 en 19 liggen links van de stippelijn. De kromme straal p ligt hier binnen een element grens. Er is ook nauwelijks verschil te ontdekken in de drie laatste stappen.

De constructie is dus in dit stadium van de analyse veel stijver geworden, dan het geval zou zijn geweest indien men nog een fijnere element verdeling zou hebben. Dit klopt ook met de stelling dat de E.E.M. altijd een bovengrens geeft voor de stijfheid van een constructie.

VIII Vergelijking E.E.M. met de schillenmethode

In grafiek 3 op blz 26 staat ook de grafiek uit zoab die verkregen is met de schillenmethode.

Voor de afleiding van de formule

$$\sigma_z / \sigma_v = \frac{2}{\sqrt{3}} \left(1,866 + \frac{f_{j+m_2}}{g} * \frac{s}{\rho} \right) \text{ zie lit [4]}$$

We zien dat de grafieken het zelfde verloop vertonen

De ligging van de lijn zoab die verkregen is m.b.v.

de schillenmethode wordt bepaald door de (f_{j+m_2})

waarde. Hier is de grafiek getekend voor $f_{j+m_2} = 1$

Aangezien de schillenmethode uitgaat van niet verskeegend materiaal kan de lijn het beste vergeleken worden met de lijn van Aluminium.

Men zou kunnen concluderen dat de waarde van f_{j+m_2} kleiner dan 1 zou moeten zijn.

In feite verschaft de eindige elementen methode een uitspraak over de grootte van deze in de schillenmethode willekeurig te kiezen grootheid.

De schillen methode gaat uit van star-plastisch materiaal, de E.E.M. rekent elastisch-plastisch

De E.E.M. krijgt dus nog een eindige waarde

voor de spanning indien de gravure helemaal opgevuld

zou zijn. In dien men het punt met de grootste σ_z / σ_v

van de Alu.-kromme buiten beschouwing laat om eerder genoemde redenen, dan loopt de lijn verkregen m.b.v.

de schillen methode harder omhoog.

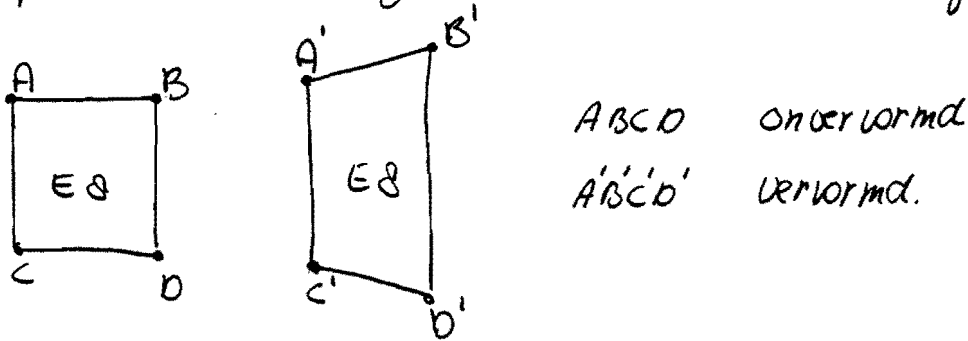
VIII Vergelyking E.E.H. met Raster opname.

In figuur 10 op blz 36 ziet u een raster foto van een door midden gezaagde platine.

Het geeft 'n beeld van de deformatie zoals die in werkelijkheid opgetreden is.

fig () stap 16 uit bylage II geeft het beeld zoals de vervormde structuur uitgerekend is

Opvallend is hierby element n^o 8 (zie ook fig 4)

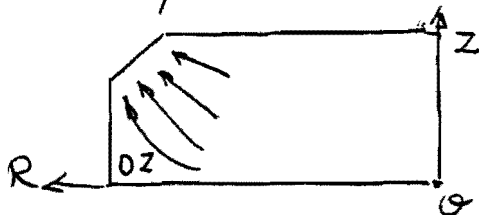


We zien dat punt A achter blijft by punt B.

Dit zien we ook terug in de raster foto by het element aangegeven met de pyl.

Dit kan by het experiment aan de wrijving gelegen hebben. De berekening is echter wrijvings loos uit-gevoerd, waardoor er naar een andere oorzaak gezocht moet worden.

Een andere oorzaak kan zyn het op treden van zgn dode zônes. Door deze dode zône blijft de snelheid van punt A achter by die van punt B (zie onder)



Verder kunnen aan de hand van de vervormde vierkantjes globaal de \bar{E} bepalen in de platine. We doen dit voor de met dubbele pyl aangegeven vervormde vierkant. (fig 10)
De plaats van dit gebiedje is globaal weergegeven in fig 8 door het ingetekende vierkant.

Door te meten over een diagonaal en aan te nemen dat dit een haafdrichting is komen we op een logaritmische rek van $\ln \frac{13}{10} \approx 0,27$
Deze waarde ligt in de buurt van de waarden uitgerekend in het vierkant op blz 29
Hierby moet nog opgemerkt worden dat het niet exact te achter halen is of de stadia van deformatie van beide figuren gelijk zijn (d.w.z de zelfde p hebben)
Uit de rasterfoto is niet te achterhalen of de rekken van 0,81 in werkelijkheid ook voor komen.

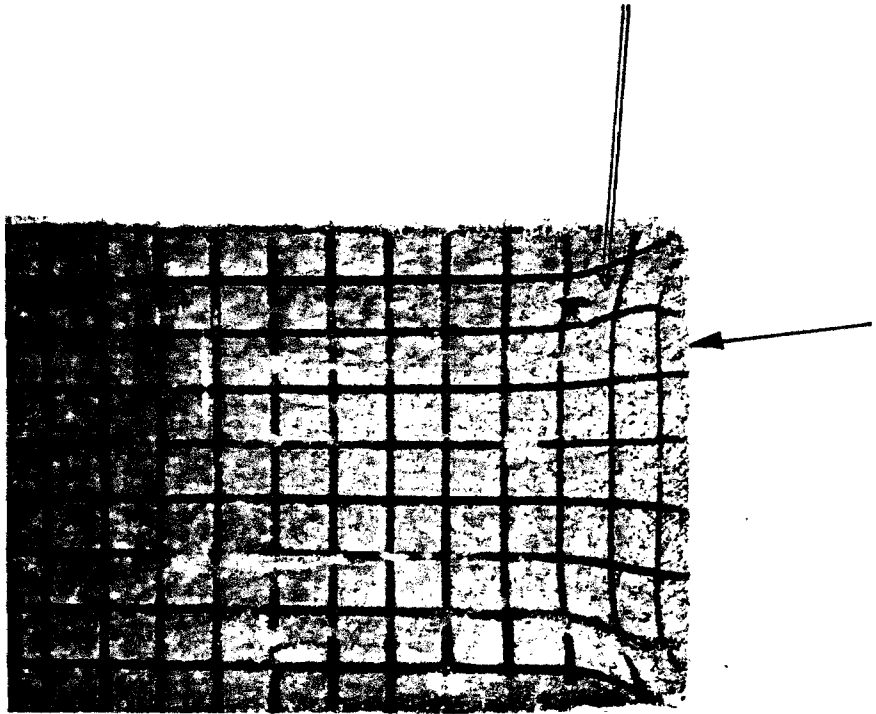


fig 10

Rasteropname

overgenomen uit lit [4]

IX Opmerkingen over slingeringen σ -grafieken.

De spanningsgrafieken van bylage III en IV vertonen een opslingering in de buurt van $R=20$ mm.

(Zie ook fig 6)

Dit opslingeren gebeurt juist daar waar de elementen van langwerpige rechthoeken overgaan naar een soort wijber vorm.

Het zou dus kunnen dat er een interpretatie fout bestaat tussen de berekende gegevens van "MARC" en het naloop programma "SDRC / OUTPUT DISPLAY". "MARC" werkt n.l. met in dit geval 9 integratiepunten in het element. "SDRC / OUTPUT DISPLAY" gebruikt voor zijn plaatjes de 8 knooppunten op de rond.

By de rechthoeken liggen de integratiepunten mooi gelijkmatig verdeeld, en bovendien heerst er in dat gedeelte van de mesh een uniforme spanningsverdeling.

Een vertaal fout zal in het eerste deel niet opvallen

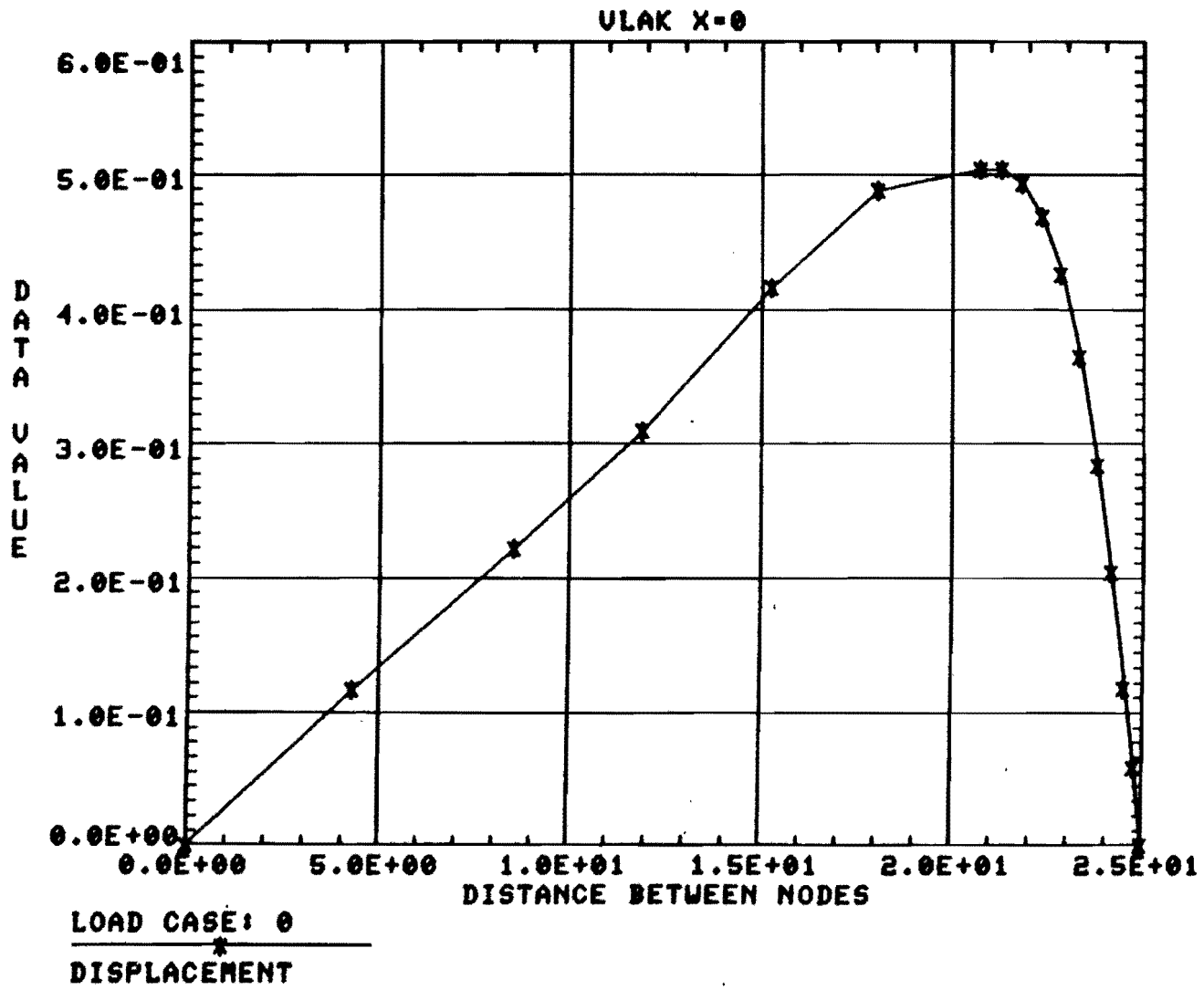
Indien er een vertaal fout zit tussen deze twee programma's zal die het sterkst tot uiting komen

By de wijber vormige elementen.

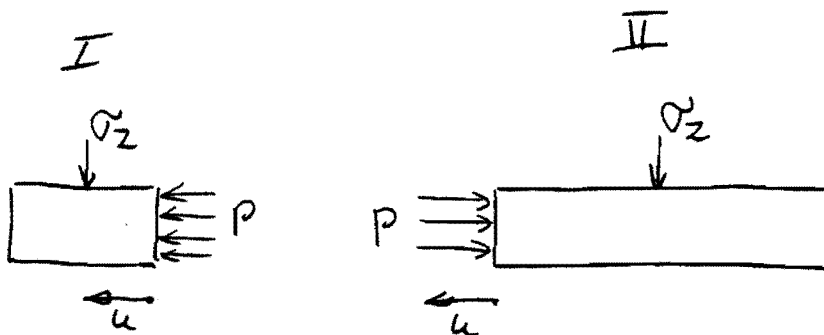
Een andere oorzaak zou de ligging van de maximale verplaatsing in R richting over het vlak $X=0$ zijn.

Bekijken we figuur 11 op blz 38 dan zien we dat de maximale verplaatsing ook in de buurt van $R=20$ mm optreedt.

Fig 11



We kunnen hierdoor het probleem opsplitsen in twee problemen n.e.

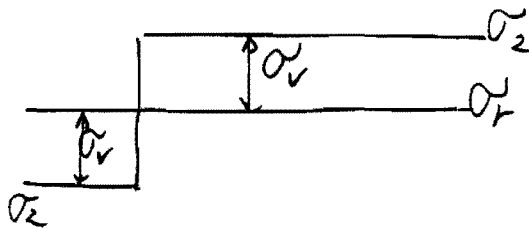


In gebied I geldt: $|P| = |\sigma_r| > |\sigma_z|$

in gebied II geldt: $|P| = |\sigma_r| < |\sigma_z|$

We krijgen dus een vrij sterke gradient van σ_z over de R-richting.

De schillen methode geeft onderstaande oplossing



◁ I II ▷

de spannings sprong wordt hier opgevangen door een schuifspanning τ in z richting die vrij lokaal werkt. Dit beeld is enigzins terug te vinden in figuur 12 blz 41 waar de schuifspanning is uitgezet. Het zou kunnen dat marc deze snelle gradienten niet goed kan beschrijven. De fout kan dus in de oplossingsprocedee zitten.

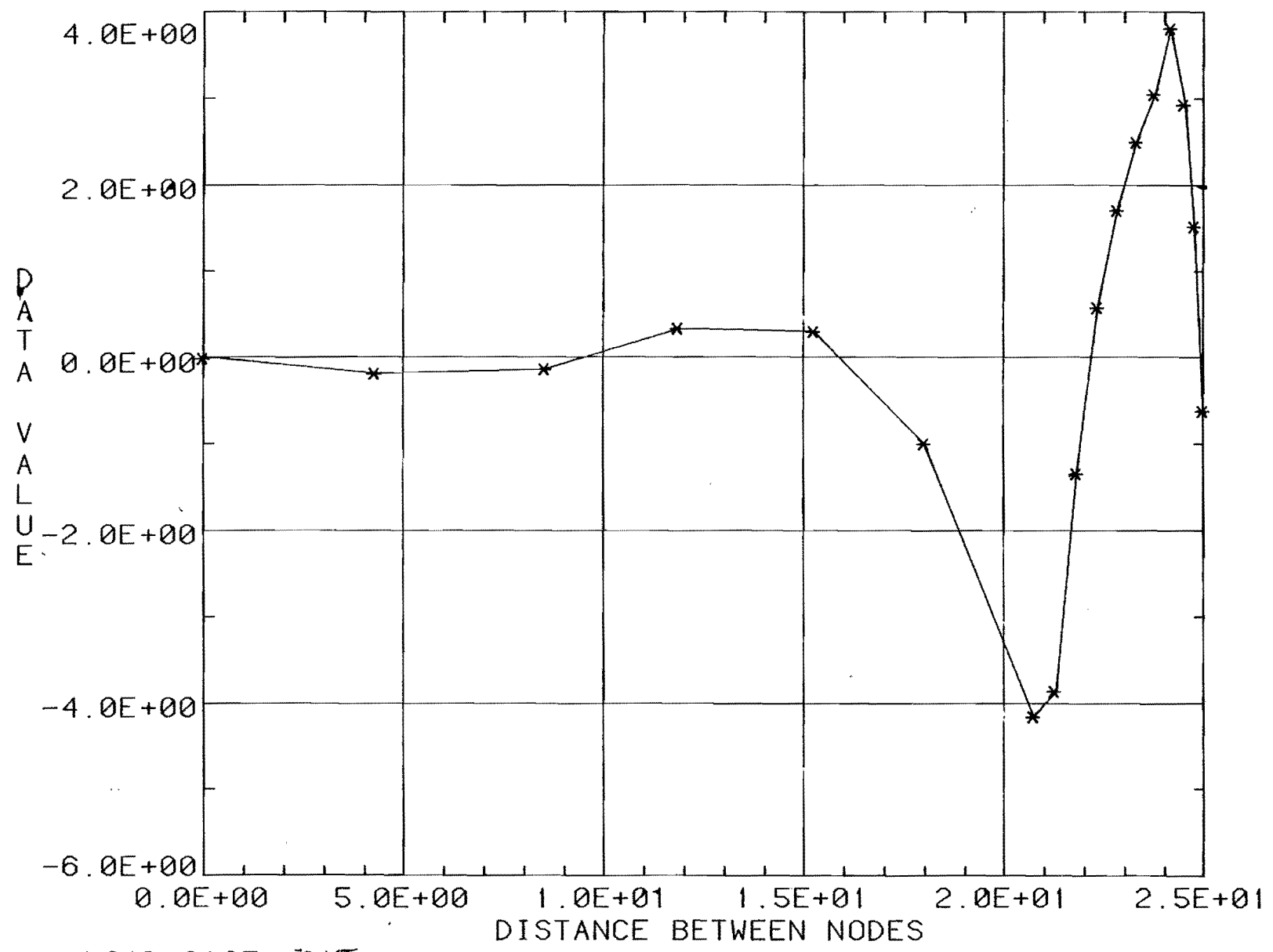
Bovendien moet opgemerkt worden dat de slingeringen alleen optreden bij de plastische incrementen.

Het huidige increment (elastische begin stap) geeft mooie continue spanningsplaatjes (niet opgenomen in verslag).

Dit pleit voor het vertaalprogramma wat dan wel in staat is om de data uit de integratie punten te transformeren naar de element knooppunten.

Fig 12

VLAK X=0



LOAD CASE = 015

XY- STRESS

41

CONCLUSIES

De eindige elementen methode geeft een goede benadering voor het verplaatsings- en rek veld.

Over de nauwkeurigheid van de spanningen kan in dit stadium nog geen uitspraak gedaan worden.

In de eerste plaats ligt de oorzaak van het slingeren van de spanningen nog niet vast.

In de tweede plaats is blijkbaar de spanning in het eerste stuk van de grafiek toch voldoende nauwkeurig om de grafieken om te bepalen, welke weer redelijk overeen komen met de andere berekenings methode.

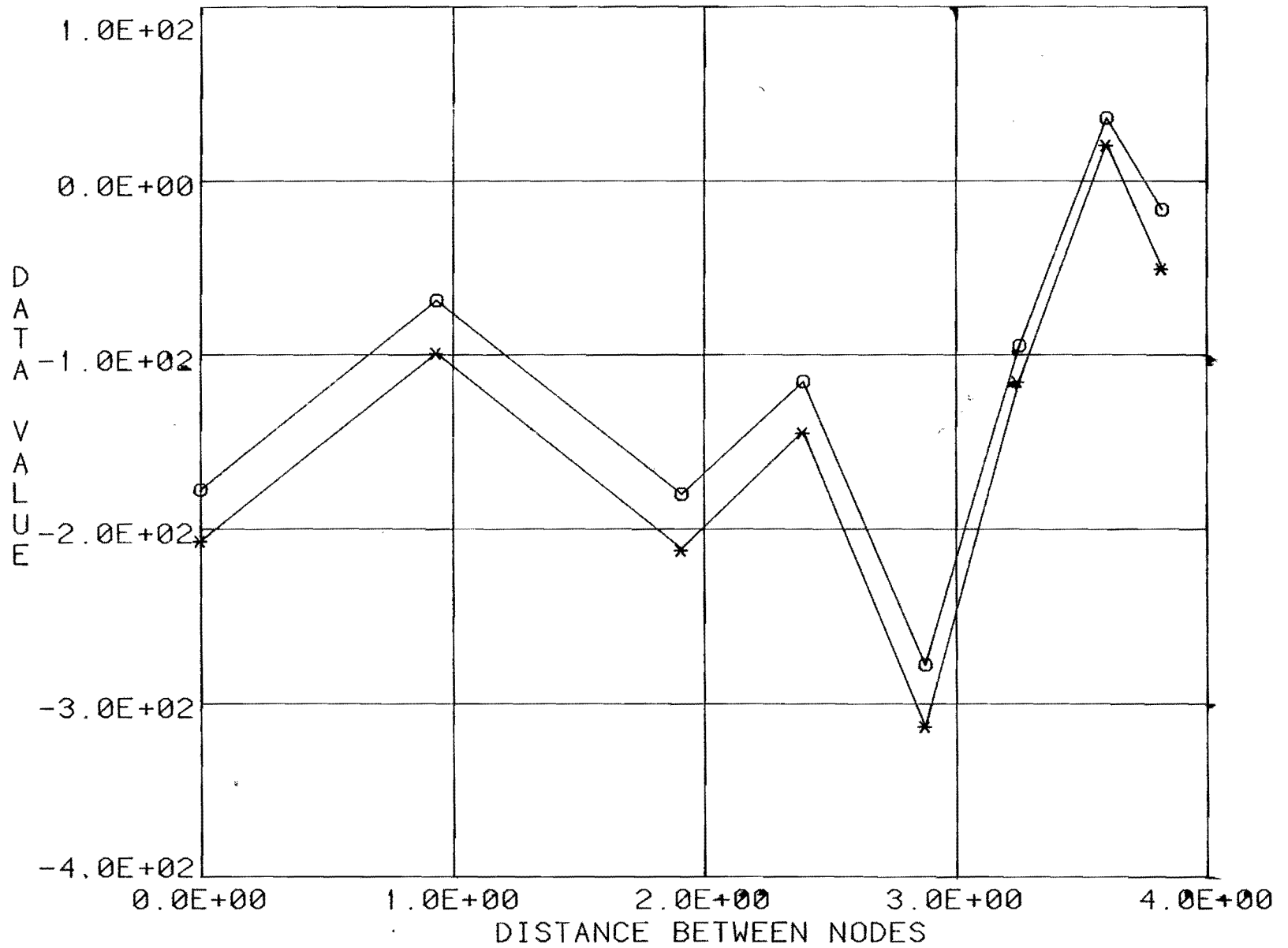
Het is zeker de moeite waard om uit te zoeken waar de slingeringen van daan komen.

We kunnen dan ook een uitspraak doen over de σ_r op de munt ring. (door het slingerende karakter (zie fig 13) kan hier geen juiste uitspraak over gedaan worden.

NK

Fig 13

R = 25



LOAD CASE = 0

LOAD CASE = 015

YY- STRESS

XX- STRESS

-47-

LITERATUURLIJST

- [1] Hans Leysen,
SDRC software als pre- en postprocessor
in combinatie met het marc-pakket.
Een eenvoudig voorbeeld. jan 1984
- [2] MARC, finite element program.
User manual Volume A, B en C
- [2] SDRC / users MANUAL for model creation
cross-section analysis and output display
- [4] M.J. Ypelaar,
Toetsen van Rekenmodellen voor inwendige
spanningen aan experimentele waarden by
het munten.
wpb. rapport nr 0114 aug. 84

Bylage I

MARC INVOER.

TITLE MUNTPROEF
SIZING 200000
ELEMENTS 12 28
ALL POINTS
UPDATE
FINITE
END
POST

14, 16, 17, 0, 1,
1,
2,
3,
4,
7,
11,
12,
13,
14,
21,
22,
23,
24,
27,

CONTROL
30, 30, ,
0.05,

PRINT CHOICE
1, 1,
1, 1,
1, 1,

COORDINATES

	3	240	0	1
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	4.1529	0.0000	0.0000
3	0.5417	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	8.3058	0.0000	0.0000
5	1.0833	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	11.5737	0.0000	0.0000
7	0.5417	8.3058	0.0000	0.0000
8	1.0833	4.1529	0.0000	0.0000
9	1.6250	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	14.8416	0.0000	0.0000
11	1.0833	8.3058	0.0000	0.0000
12	2.1667	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.0000	17.5458	0.0000	0.0000
14	0.5417	14.8416	0.0000	0.0000
15	1.0833	11.5737	0.0000	0.0000
16	1.6250	8.3058	0.0000	0.0000
17	2.1667	4.1529	0.0000	0.0000
18	2.7083	0.0000	0.0000	0.0000
19	0.0000	20.2500	0.0000	0.0000
20	1.0833	14.8416	0.0000	0.0000
21	2.1667	8.3058	0.0000	0.0000
22	3.2500	0.0000	0.0000	0.0000

23	0.0000	20.7917	0.0000
24	0.5417	20.2500	0.0000
25	0.8287	21.0787	0.0000
26	1.0833	17.5458	0.0000
27	1.6250	14.8416	0.0000
28	2.1667	11.5737	0.0000
29	2.7083	8.3058	0.0000
30	3.2500	4.1529	0.0000
31	3.7020	0.0000	0.0000
32	0.0000	21.3333	0.0000
33	1.0833	20.2500	0.0000
34	1.6574	21.9074	0.0000
35	2.1667	14.8416	0.0000
36	3.2500	8.3058	0.0000
37	4.1540	0.0000	0.0000
38	0.0000	21.8750	0.0000
39	0.8075	21.9064	0.0000
40	1.6250	20.2500	0.0000
41	1.6564	21.0575	0.0000
42	1.9486	21.8871	0.0000
43	1.6371	22.1986	0.0000
44	2.2037	22.4537	0.0000
45	2.1667	17.5458	0.0000
46	2.7083	14.8416	0.0000
47	3.7020	8.3058	0.0000
48	3.2500	11.5737	0.0000
49	4.1540	4.1529	0.0000
50	4.4520	0.0000	0.0000
51	0.0000	22.4167	0.0000
52	1.6150	22.4795	0.0000
53	2.1667	20.2500	0.0000
54	2.2295	21.8650	0.0000
55	2.7500	23.0000	0.0000
56	3.2500	14.8416	0.0000
57	4.1540	8.3058	0.0000
58	4.7500	0.0000	0.0000
59	0.0000	22.9583	0.0000
60	0.7826	22.7135	0.0000
61	2.0992	22.8230	0.0000
62	1.5910	22.7500	0.0000
63	2.7083	20.2500	0.0000
64	2.4635	21.0325	0.0000
65	2.5001	21.8410	0.0000
66	2.5731	22.3491	0.0000
67	2.9760	23.2260	0.0000
68	2.6667	23.0833	0.0000
69	2.8333	22.9167	0.0000
70	3.2500	17.5458	0.0000
71	3.7020	14.8416	0.0000
72	4.1540	11.5737	0.0000
73	4.4520	8.3058	0.0000
74	4.7500	4.1529	0.0000
75	0.0000	23.5000	0.0000
76	1.5651	23.0103	0.0000

77	2.5833	23.1667	0.0000
78	3.2500	20.2500	0.0000
79	2.7603	21.8151	0.0000
80	2.9167	22.8333	0.0000
81	3.2020	23.4520	0.0000
82	4.1540	14.8416	0.0000
83	4.7500	8.3058	0.0000
84	0.7539	23.5000	0.0000
85	0.0000	23.9520	0.0000
86	1.9909	23.1718	0.0000
87	1.5374	23.2603	0.0000
88	2.5000	23.2500	0.0000
89	2.7566	23.4454	0.0000
90	3.7020	20.2500	0.0000
91	3.2500	21.0039	0.0000
92	3.0103	21.7874	0.0000
93	2.9218	22.2409	0.0000
94	3.1954	23.0066	0.0000
95	3.0000	22.7500	0.0000
96	3.3311	23.3229	0.0000
97	3.0730	23.5810	0.0000
98	3.3510	23.6010	0.0000
99	4.1540	17.5458	0.0000
100	4.4520	14.8415	0.0000
101	4.7500	11.5737	0.0000
102	1.5078	23.5000	0.0000
103	0.0000	24.4040	0.0000
104	2.4167	23.3333	0.0000
105	2.9439	23.7101	0.0000
106	4.1540	20.2500	0.0000
107	3.2500	21.7578	0.0000
108	3.0833	22.6667	0.0000
109	3.4601	23.1939	0.0000
110	3.5000	23.7500	0.0000
111	4.7500	14.8416	0.0000
112	1.8789	23.5000	0.0000
113	1.5078	23.9520	0.0000
114	0.7539	24.4040	0.0000
115	0.0000	24.7020	0.0000
116	2.3333	23.4167	0.0000
117	2.5207	23.6813	0.0000
118	3.0751	23.8769	0.0000
119	2.7933	23.8607	0.0000
120	4.1540	21.0039	0.0000
121	4.4520	20.2500	0.0000
122	3.7020	21.7577	0.0000
123	3.2500	22.1289	0.0000
124	3.4313	22.7707	0.0000
125	3.1667	22.5833	0.0000
126	3.6269	23.3251	0.0000
127	3.6107	23.0433	0.0000
128	0.0000	1.0000	0.0000
129	1.0000	0.0000	0.0000
130	3.3562	23.8938	0.0000

131	3.6438	23.6062	0.0000
132	4.7500	17.5458	0.0000
133	2.2500	23.5000	0.0000
134	1.5078	24.4040	0.0000
135	0.0000	25.0000	0.0000
136	2.6427	24.0113	0.0000
137	3.2124	24.0376	0.0000
138	4.1540	21.7577	0.0000
139	4.7500	20.2500	0.0000
140	3.2500	22.5000	0.0000
141	3.7613	22.8927	0.0000
142	3.7876	23.4624	0.0000
143	1.0000	-0.0000	0.0000
144	-0.0000	1.0000	0.0000
145	0.0000	1.0000	0.0000
146	1.0000	0.0000	0.0000
147	1.0000	0.0000	0.0000
148	0.0000	1.0000	0.0000
149	2.2500	23.9520	0.0000
150	1.5078	24.7020	0.0000
151	1.8789	24.4040	0.0000
152	0.7539	25.0000	0.0000
153	2.7329	24.2191	0.0000
154	2.4463	24.2077	0.0000
155	1.0000	0.0000	0.0000
156	0.0000	1.0000	0.0000
157	3.0216	24.2284	0.0000
158	4.1540	22.1289	0.0000
159	4.4520	21.7577	0.0000
160	4.7500	21.0039	0.0000
161	3.7020	22.5000	0.0000
162	3.9691	22.9828	0.0000
163	3.9577	22.6963	0.0000
164	1.0000	0.0000	0.0000
165	0.0000	1.0000	0.0000
166	3.9784	23.2716	0.0000
167	3.5000	26.5000	0.0000
168	6.2500	23.7500	0.0000
169	1.0000	-0.0000	0.0000
170	-0.0000	1.0000	0.0000
171	-0.0000	1.0000	0.0000
172	1.0000	-0.0000	0.0000
173	2.2500	24.4040	0.0000
174	1.5078	25.0000	0.0000
175	2.8308	24.4192	0.0000
176	-0.0000	1.0000	0.0000
177	1.0000	-0.0000	0.0000
178	0.0000	1.0000	0.0000
179	1.0000	0.0000	0.0000
180	4.1540	22.5000	0.0000
181	4.7500	21.7577	0.0000
182	4.1692	23.0808	0.0000
183	-0.0000	1.0000	0.0000
184	1.0000	-0.0000	0.0000

185	1.0000	0.0000	0.0000
186	0.0000	1.0000	0.0000
187	3.3560	26.5000	0.0000
188	6.2500	23.8900	0.0000
189	6.2500	23.6000	0.0000
190	3.6430	26.5000	0.0000
191	2.2500	24.7020	0.0000
192	1.8789	25.0000	0.0000
193	1.0000	0.0000	0.0000
194	0.0000	1.0000	0.0000
195	2.5404	24.7096	0.0000
196	6.2500	24.0300	0.0000
197	3.2130	26.5000	0.0000
198	1.0000	-0.0000	0.0000
199	-0.0000	1.0000	0.0000
200	4.4520	22.5000	0.0000
201	4.7500	22.1289	0.0000
202	1.0000	0.0000	0.0000
203	0.0000	1.0000	0.0000
204	4.4596	22.7904	0.0000
205	6.2500	23.4600	0.0000
206	3.7870	26.5000	0.0000
207	-0.0000	1.0000	0.0000
208	1.0000	-0.0000	0.0000
209	2.2500	25.0000	0.0000
210	-0.0000	1.0000	0.0000
211	1.0000	-0.0000	0.0000
212	0.0000	1.0000	0.0000
213	1.0000	0.0000	0.0000
214	3.0210	26.5000	0.0000
215	6.2500	24.2200	0.0000
216	4.7500	22.5000	0.0000
217	-0.0000	1.0000	0.0000
218	1.0000	-0.0000	0.0000
219	1.0000	0.0000	0.0000
220	0.0000	1.0000	0.0000
221	6.2500	23.2700	0.0000
222	3.9780	26.5000	0.0000
223	1.0000	0.0000	0.0000
224	6.2500	24.4100	0.0000
225	2.8300	26.5000	0.0000
226	1.0000	-0.0000	0.0000
227	-0.0000	1.0000	0.0000
228	0.0000	1.0000	0.0000
229	6.2500	23.0800	0.0000
230	4.1690	26.5000	0.0000
231	-0.0000	1.0000	0.0000
232	1.0000	-0.0000	0.0000
233	-0.0000	1.0000	0.0000
234	2.5400	26.5000	0.0000
235	6.2500	24.7100	0.0000
236	1.0000	-0.0000	0.0000
237	6.2500	22.7900	0.0000
238	4.4590	26.5000	0.0000

239	6.2500	25.0000	0.0000
240	4.7500	26.5000	0.0000

CONNECTIVITY

71	0	1							
1	28	110	137	105	81	130	118	97	98
2	28	137	175	136	105	157	153	119	118
3	28	175	209	173	136	195	191	154	153
4	28	81	105	77	55	97	89	68	67
5	28	105	136	104	77	119	117	88	89
6	28	136	173	133	104	154	149	116	117
7	28	133	173	134	102	149	151	113	112
8	28	173	209	174	134	191	192	150	151
9	28	102	134	103	75	113	114	85	84
10	28	134	174	135	103	150	152	115	114
11	28	55	77	52	34	68	61	43	44
12	28	77	104	76	52	88	86	62	61
13	28	104	133	102	76	116	112	87	86
14	28	34	52	32	19	43	39	23	25
15	28	52	76	51	32	62	60	38	39
16	28	76	102	75	51	87	84	59	60
17	28	55	34	54	80	44	42	66	69
18	28	34	19	33	54	25	24	41	42
19	28	80	54	79	108	66	65	93	95
20	28	54	33	53	79	41	40	64	65
21	28	108	79	107	140	93	92	123	125
22	28	79	53	78	107	64	63	91	92
23	28	110	81	109	142	98	96	126	131
24	28	81	55	80	109	67	69	94	96
25	28	142	109	141	182	126	127	162	166
26	28	109	80	108	141	94	95	124	127
27	28	182	141	180	216	162	163	200	204
28	28	141	108	140	180	124	125	161	163
29	28	216	180	138	181	200	158	159	201
30	28	180	140	107	138	161	123	122	158
31	28	181	138	106	139	159	120	121	160
32	28	138	107	78	106	122	91	90	120
33	28	78	53	35	56	63	45	46	70
34	28	53	33	20	35	40	26	27	45
35	28	33	19	10	20	24	13	14	26
36	28	56	35	21	36	46	28	29	48
37	28	35	20	11	21	27	15	16	28
38	28	20	10	4	11	14	6	7	15
39	28	36	21	12	22	29	17	18	30
40	28	21	11	5	12	16	8	9	17
41	28	11	4	1	5	7	2	3	8
42	28	78	56	82	106	70	71	99	90
43	28	56	36	57	82	48	47	72	71
44	28	36	22	37	57	30	31	49	47
45	28	106	82	111	139	99	100	132	121
46	28	82	57	83	111	72	73	101	100
47	28	57	37	58	83	49	50	74	73
48	12	204	219	231	237				
49	12	182	202	217	229				
50	12	166	185	207	221				

51	12	142	164	183	205
52	12	131	147	171	189
53	12	110	129	144	168
54	12	130	146	170	188
55	12	137	155	176	196
56	12	157	179	199	215
57	12	175	193	210	224
58	12	195	213	227	235
59	12	209	223	233	239
60	12	195	212	226	234
61	12	175	194	211	225
62	12	157	178	198	214
63	12	137	156	177	197
64	12	130	145	169	187
65	12	110	128	143	167
66	12	131	148	172	190
67	12	142	165	184	206
68	12	166	186	208	222
69	12	182	203	218	230
70	12	204	220	232	238
71	12	216	228	236	240

PROPERTY

25
0.140E 05 0.300E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.150E 02 0.000E 00
1
1 TO 47
0.290E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
48 TO 48
0.581E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
49 TO 49
0.772E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
50 TO 50
0.962E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
51 TO 51
0.111E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
52 TO 52
0.125E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
53 TO 53
0.139E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
54 TO 54
0.154E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
55 TO 55
0.173E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
56 TO 56
0.192E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00

0
57 TO 57
0.221E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
58 TO 58
0.250E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
59 TO 59
0.290E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
60 TO 60
0.581E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
61 TO 61
0.772E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
62 TO 62
0.962E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
63 TO 63
0.111E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
64 TO 64
0.125E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
65 TO 65
0.139E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
66 TO 66
0.154E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
67 TO 67
0.173E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
68 TO 68
0.192E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
69 TO 69
0.221E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
70 TO 70
0.250E 01 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
0
71 TO 71
WORK HARD
3,,1,
90,0.0,
32.5,0.075,
14.4,0.175,
GEOMETRY
2
0.100E 01 0.100E 02 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00
1 TO 47
0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00 0.000E 00

48 TO 71

OLD

BOUNDARY CONDITIONS

92				
1	1	1	1	0.000000E 00
1	1	2	2	0.000000E 00
2	2	1	1	0.000000E 00
3	3	2	2	0.000000E 00
4	4	1	1	0.000000E 00
5	5	2	2	0.000000E 00
6	6	1	1	0.000000E 00
9	9	2	2	0.000000E 00
10	10	1	1	0.000000E 00
12	12	2	2	0.000000E 00
13	13	1	1	0.000000E 00
18	18	2	2	0.000000E 00
19	19	1	1	0.000000E 00
22	22	2	2	0.000000E 00
23	23	1	1	0.000000E 00
31	31	2	2	0.000000E 00
32	32	1	1	0.000000E 00
37	37	2	2	0.000000E 00
38	38	1	1	0.000000E 00
50	50	2	2	0.000000E 00
51	51	1	1	0.000000E 00
58	58	1	1	-0.100000E-02
58	58	2	2	0.000000E 00
59	59	1	1	0.000000E 00
74	74	1	1	-0.100000E-02
75	75	1	1	0.000000E 00
83	83	1	1	-0.100000E-02
85	85	1	1	0.000000E 00
101	101	1	1	-0.100000E-02
103	103	1	1	0.000000E 00
111	111	1	1	-0.100000E-02
115	115	1	1	0.000000E 00
132	132	1	1	-0.100000E-02
135	135	1	1	0.000000E 00
135	135	2	2	0.000000E 00
139	139	1	1	-0.100000E-02
152	152	2	2	0.000000E 00
160	160	1	1	-0.100000E-02
167	167	1	1	0.000000E 00
167	167	2	2	0.000000E 00
168	168	1	1	-0.100000E-02
168	168	2	2	0.000000E 00
174	174	2	2	0.000000E 00
181	181	1	1	-0.100000E-02
187	187	1	1	0.000000E 00
187	187	2	2	0.000000E 00
188	188	1	1	-0.100000E-02
188	188	2	2	0.000000E 00
189	189	1	1	-0.100000E-02
189	189	2	2	0.000000E 00

190	190	1	1	0.000000E 00
190	190	2	2	0.000000E 00
192	192	2	2	0.000000E 00
196	196	1	1	-0.100000E-02
196	196	2	2	0.000000E 00
197	197	1	1	0.000000E 00
197	197	2	2	0.000000E 00
201	201	1	1	-0.100000E-02
205	205	1	1	-0.100000E-02
205	205	2	2	0.000000E 00
206	206	1	1	0.000000E 00
206	206	2	2	0.000000E 00
209	209	2	2	0.000000E 00
214	214	1	1	0.000000E 00
214	214	2	2	0.000000E 00
215	215	1	1	-0.100000E-02
215	215	2	2	0.000000E 00
216	216	1	1	-0.100000E-02
221	221	1	1	-0.100000E-02
221	221	2	2	0.000000E 00
222	222	1	1	0.000000E 00
222	222	2	2	0.000000E 00
224	224	1	1	-0.100000E-02
224	224	2	2	0.000000E 00
225	225	1	1	0.000000E 00
225	225	2	2	0.000000E 00
229	229	1	1	-0.100000E-02
229	229	2	2	0.000000E 00
230	230	1	1	0.000000E 00
230	230	2	2	0.000000E 00
234	234	1	1	0.000000E 00
234	234	2	2	0.000000E 00
235	235	1	1	-0.100000E-02
235	235	2	2	0.000000E 00
237	237	1	1	-0.100000E-02
237	237	2	2	0.000000E 00
238	238	1	1	0.000000E 00
238	238	2	2	0.000000E 00
239	239	1	1	-0.100000E-02
239	239	2	2	0.000000E 00
240	240	1	1	0.000000E 00
240	240	2	2	0.000000E 00

NEW

END OPTION

AUTO LOAD

5,

PROPORTIONAL INCREMENT

0, 10,

CONTINUE

AUTO LOAD

15,

PROPORTIONAL INCREMENT

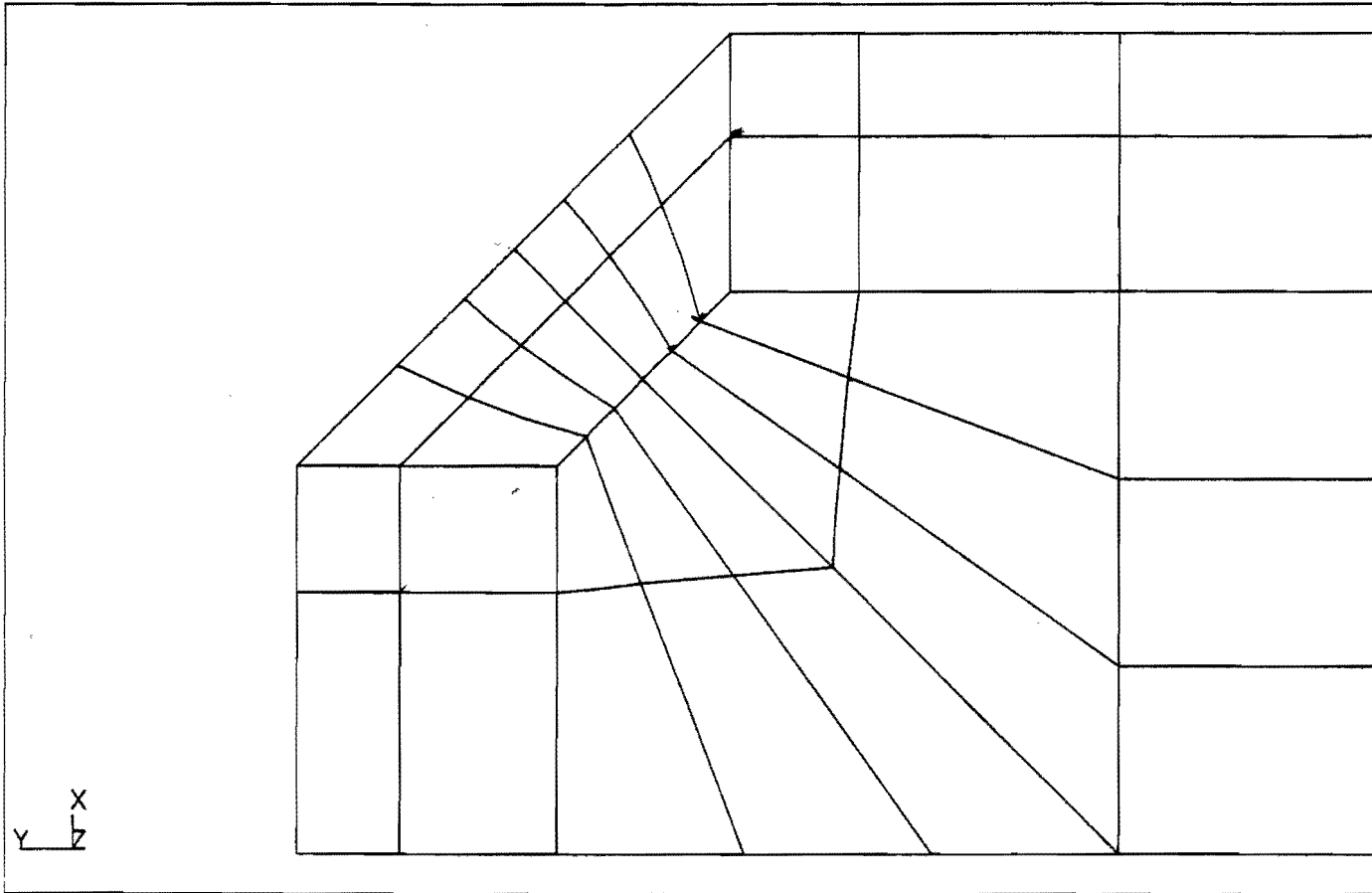
0, 2.5,

CONTINUE

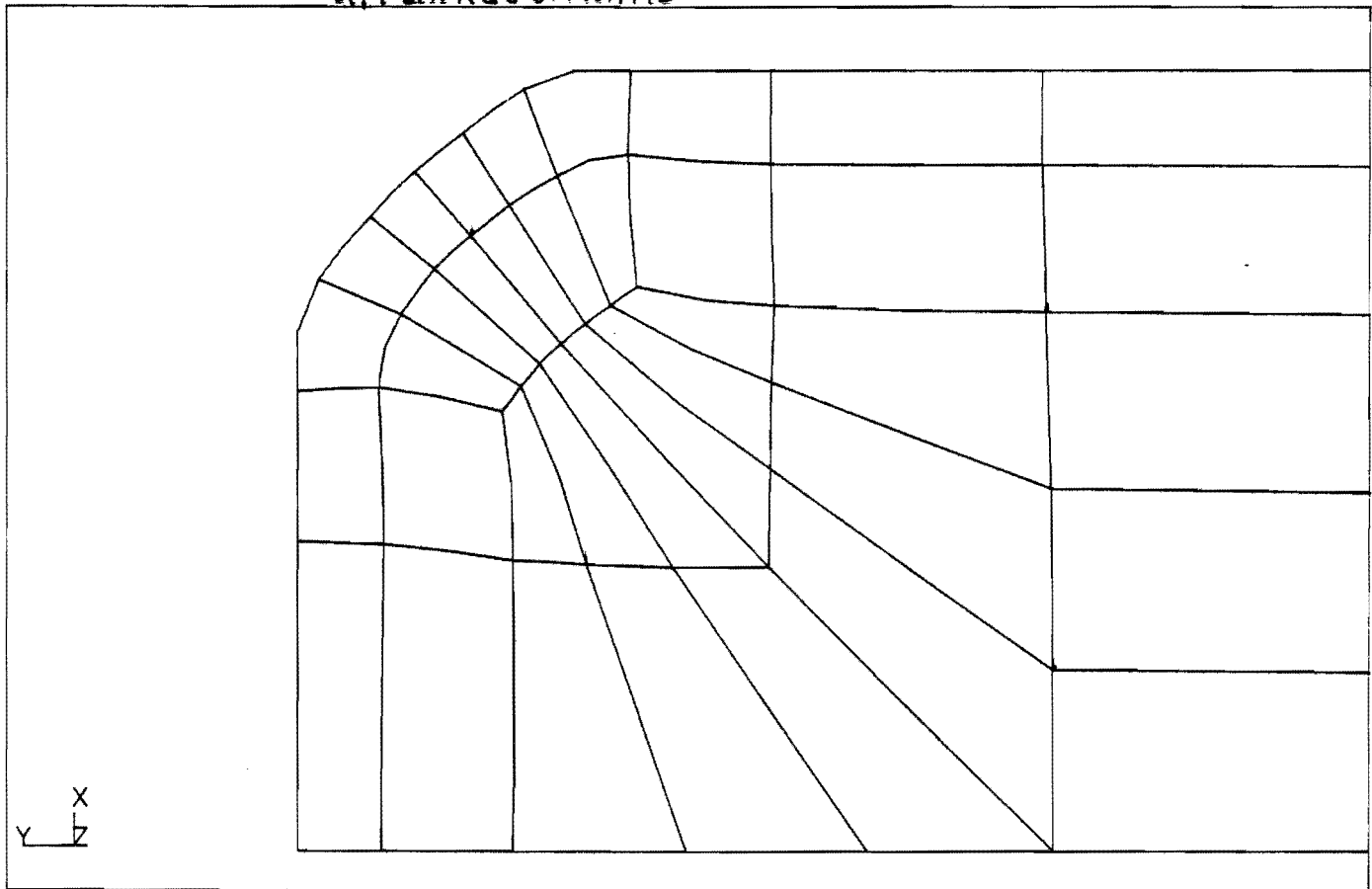
Bylage II

VERVORMDE MESHES

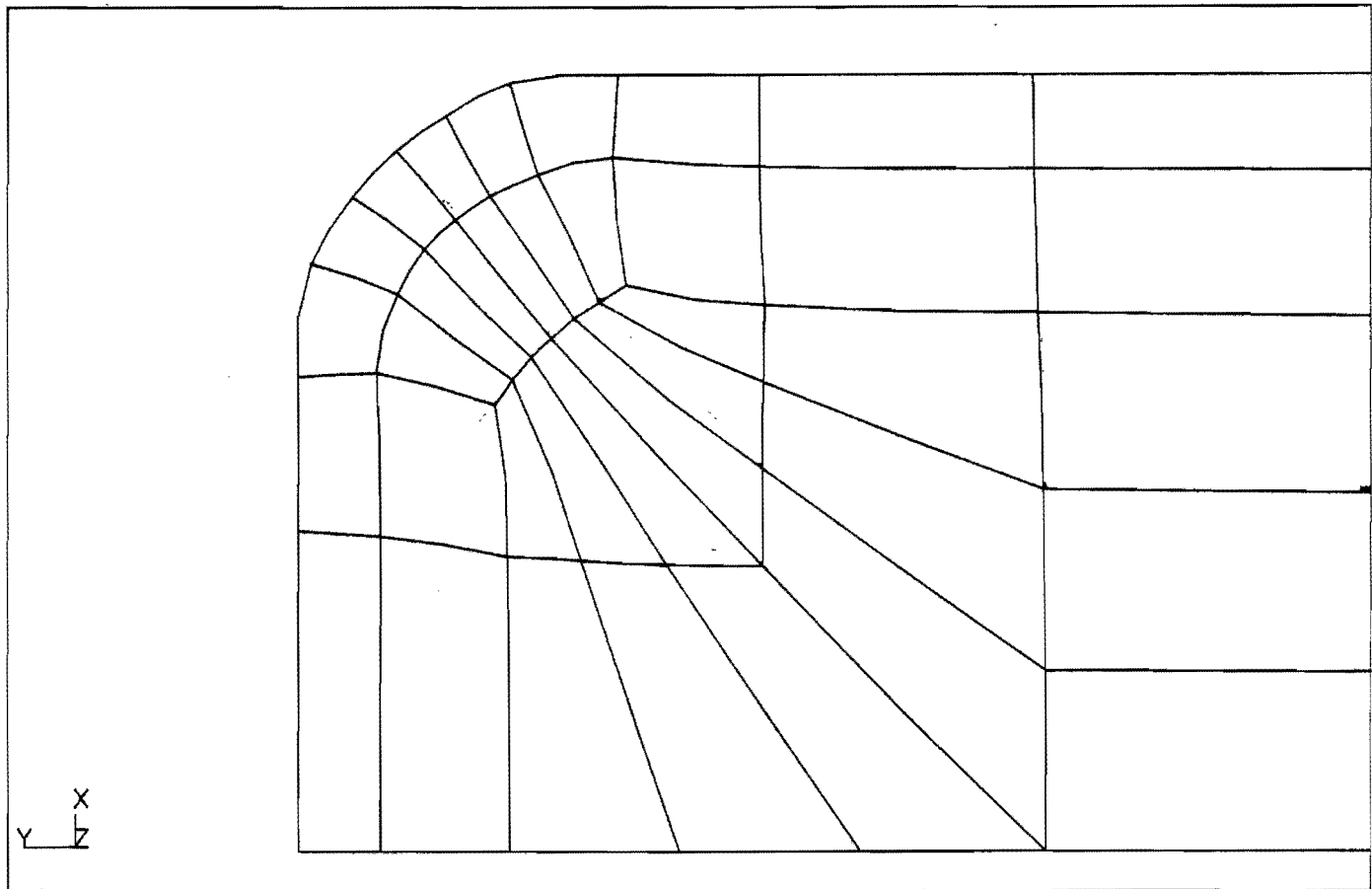
de aangegeven stappen
komen overeen met de stappen
zoals uitgerond op blz 16/17



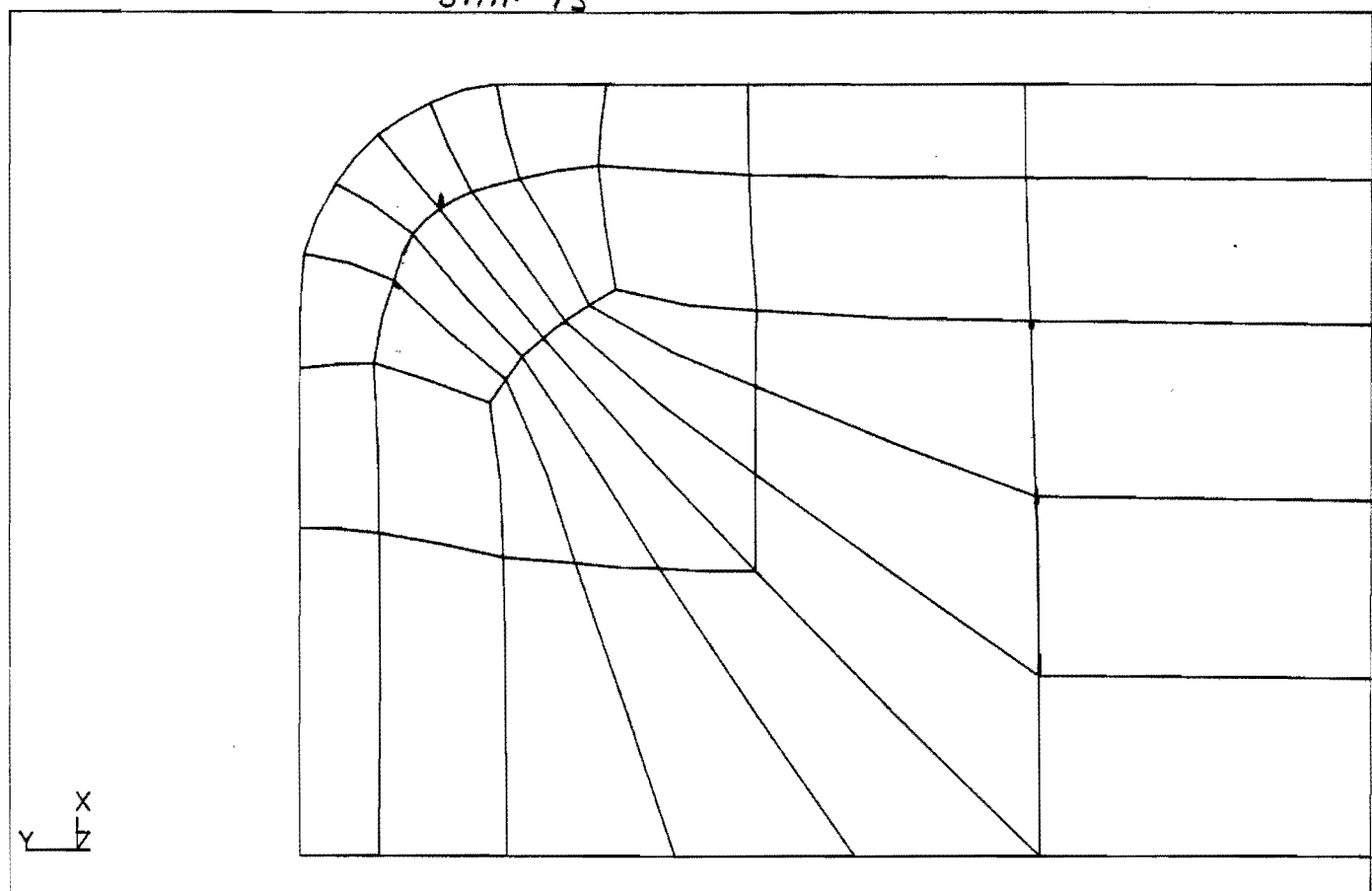
UITGANGS SITUATIE



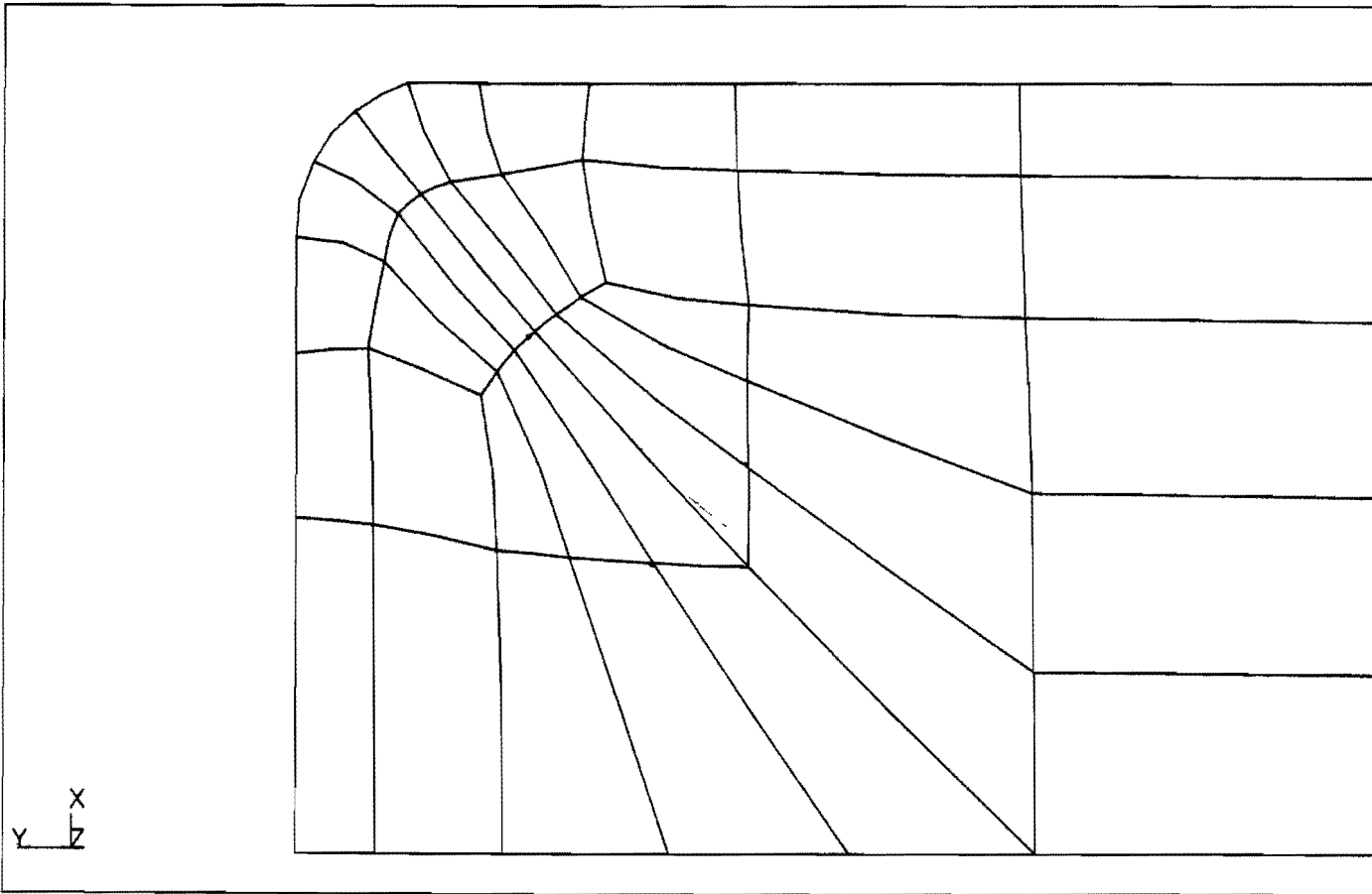
STAP 12



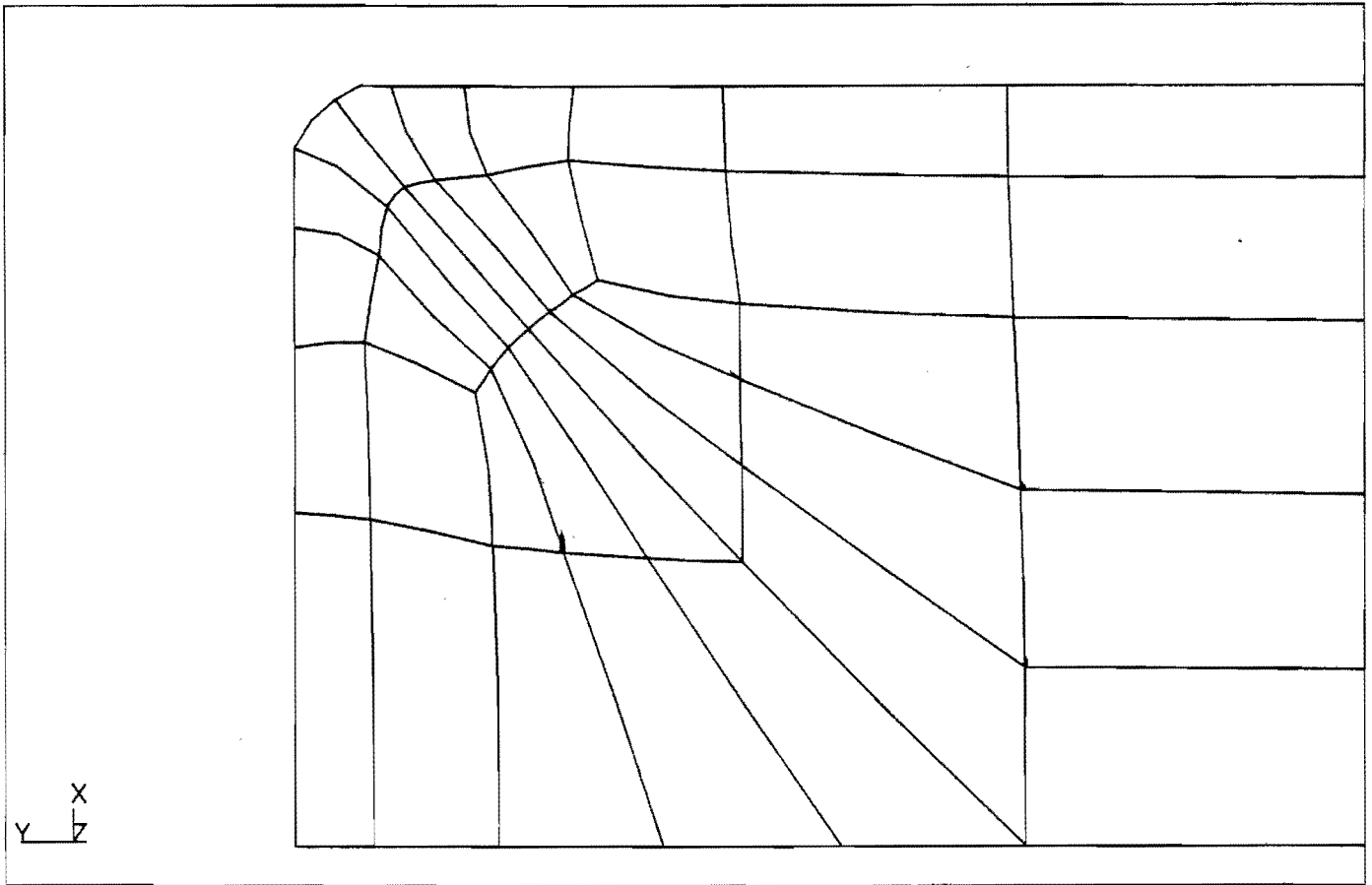
STAP 13



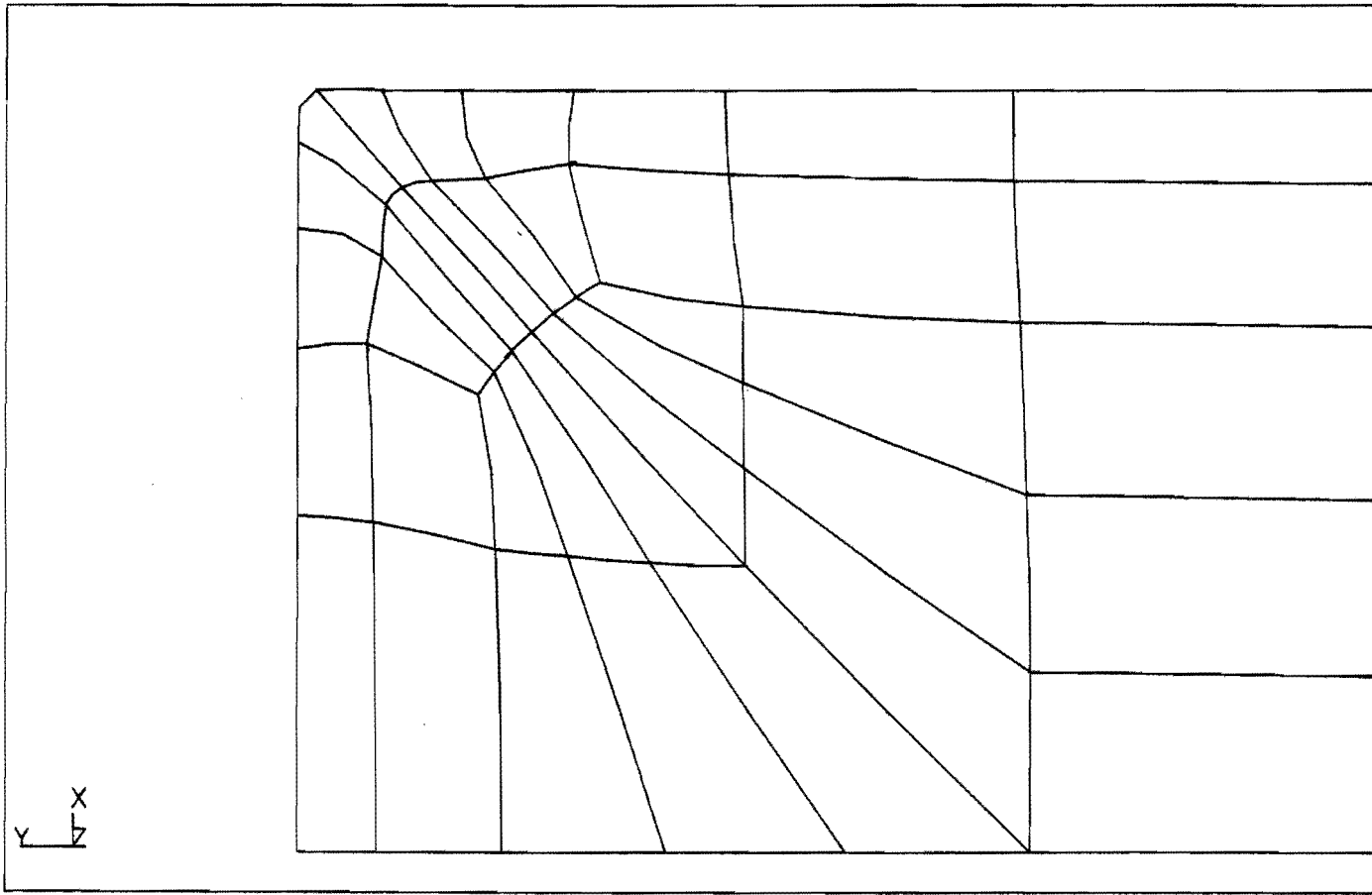
STAP 14



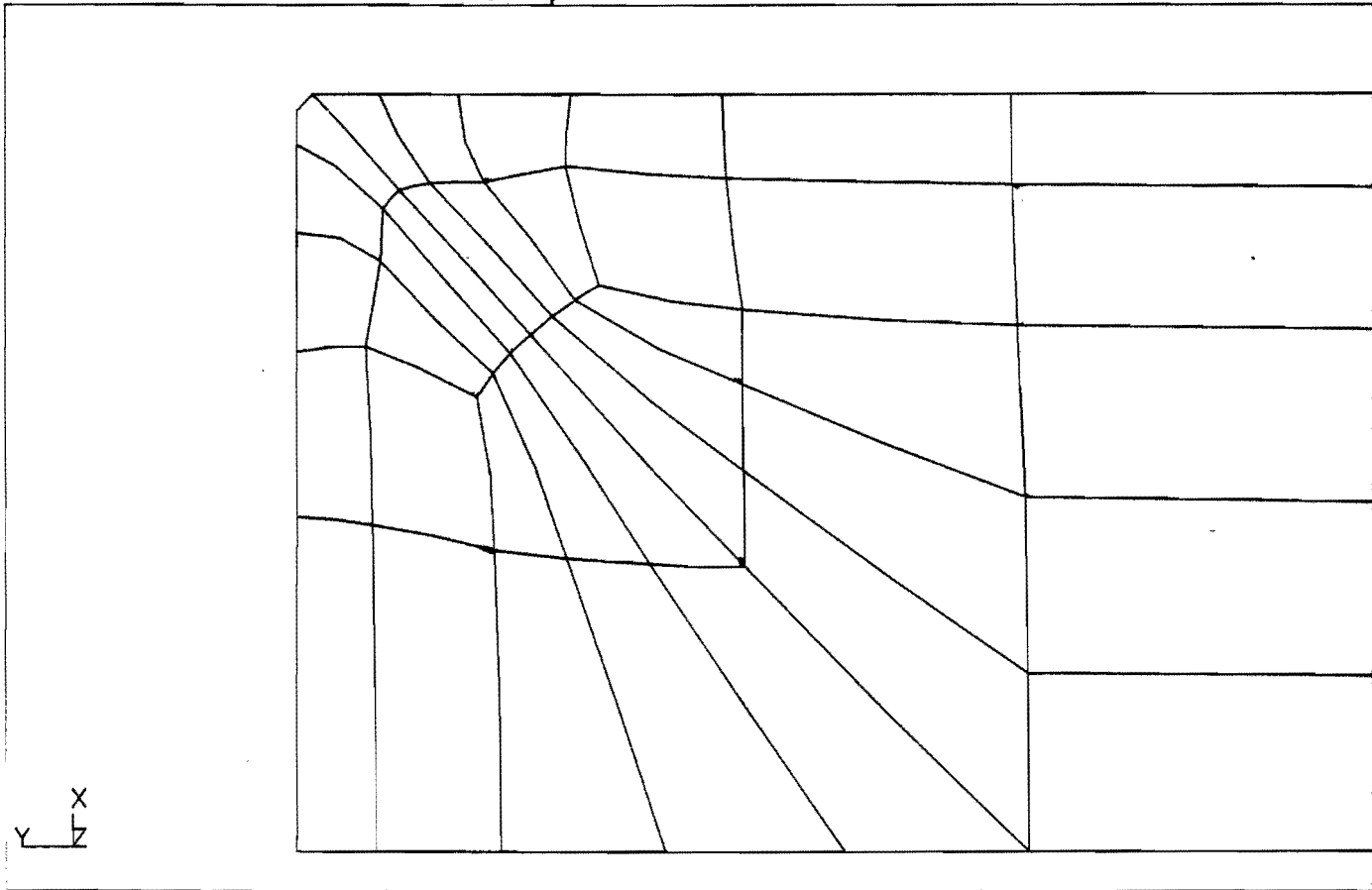
STAP 15



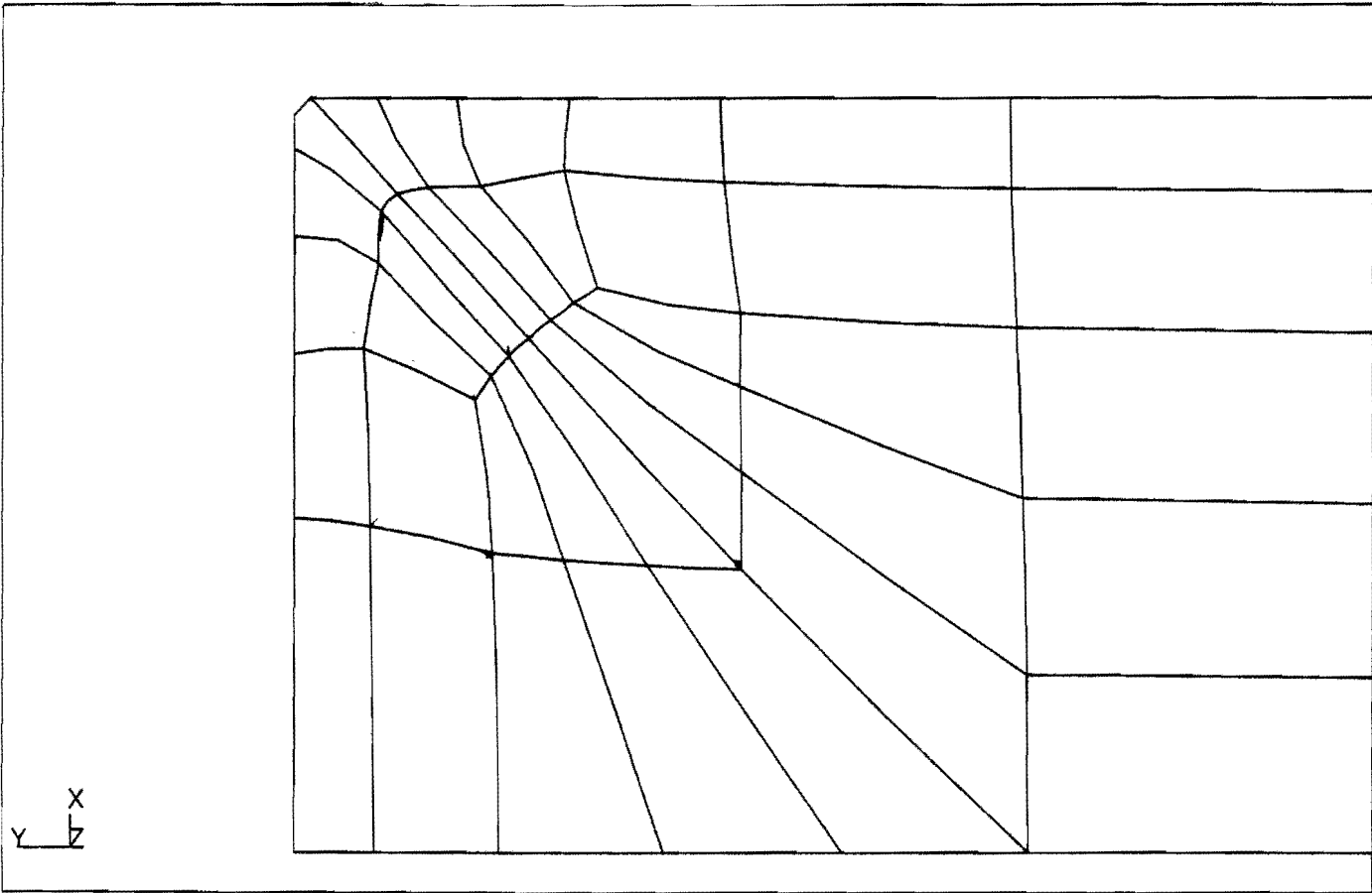
STAP 16



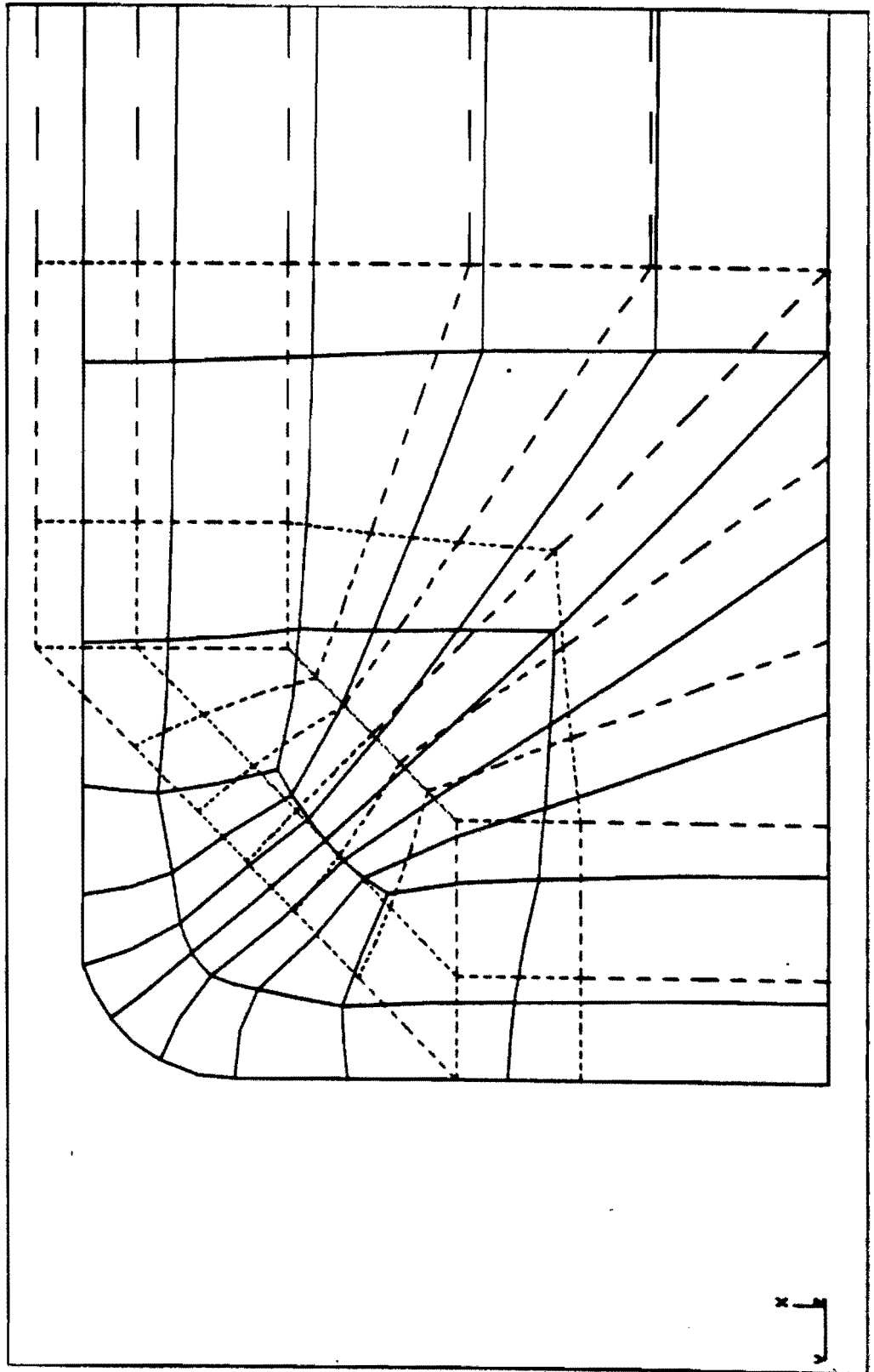
STAP 17



STAP 18



STAP 19



STAP 10
zowel vervormd —
als onvervormd ---

Bylage III

Spanningen LOOD

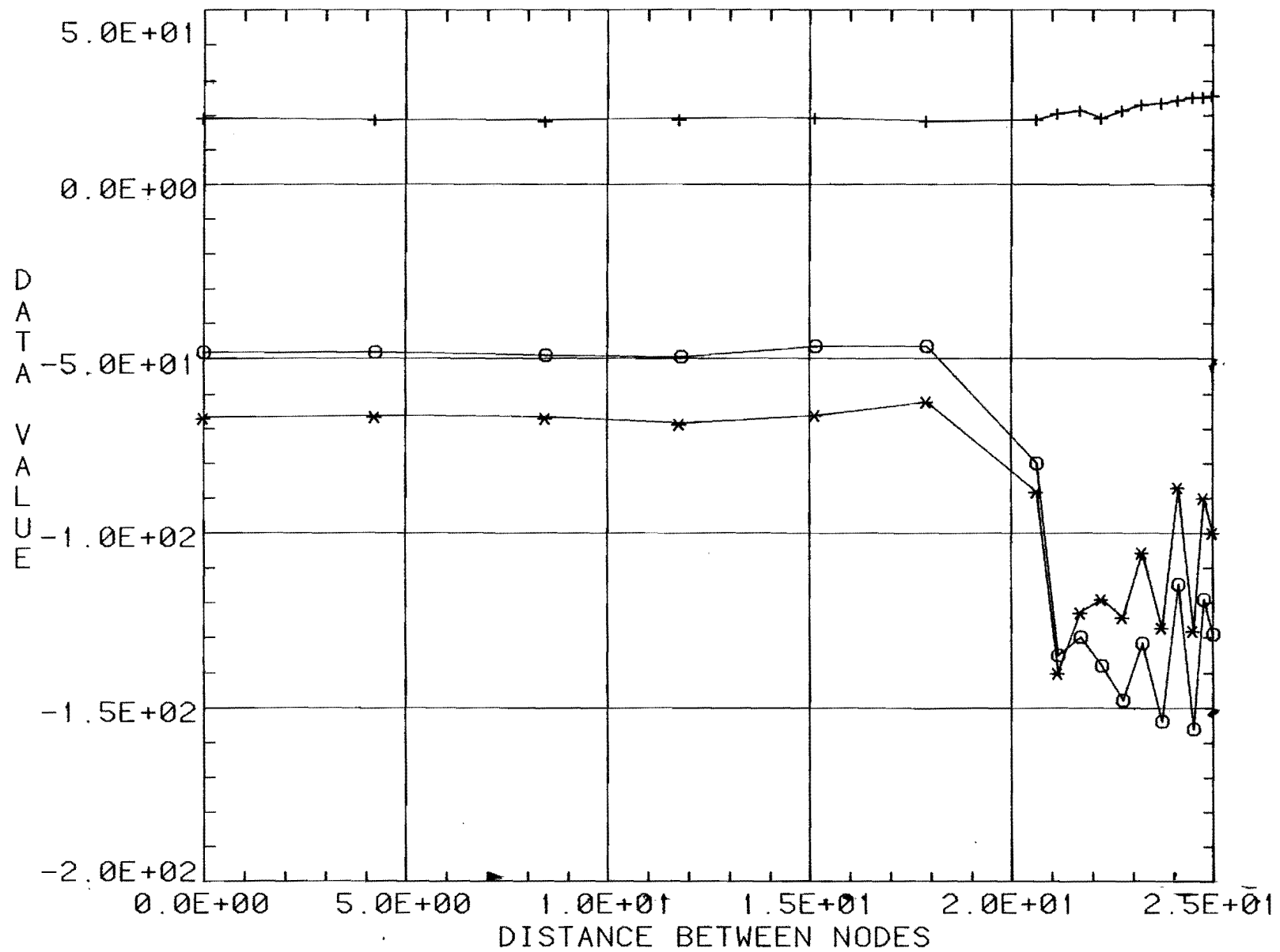
De aangegeven stappen komen overeen met de stappen van de vervormde Meshes op bylage II

De spanningen zijn in de vorm van x-y-plots getekend

Hierbij is de x-as de afkand over de R-as vanaf $R=0$

STAP 12

VLAK X=0

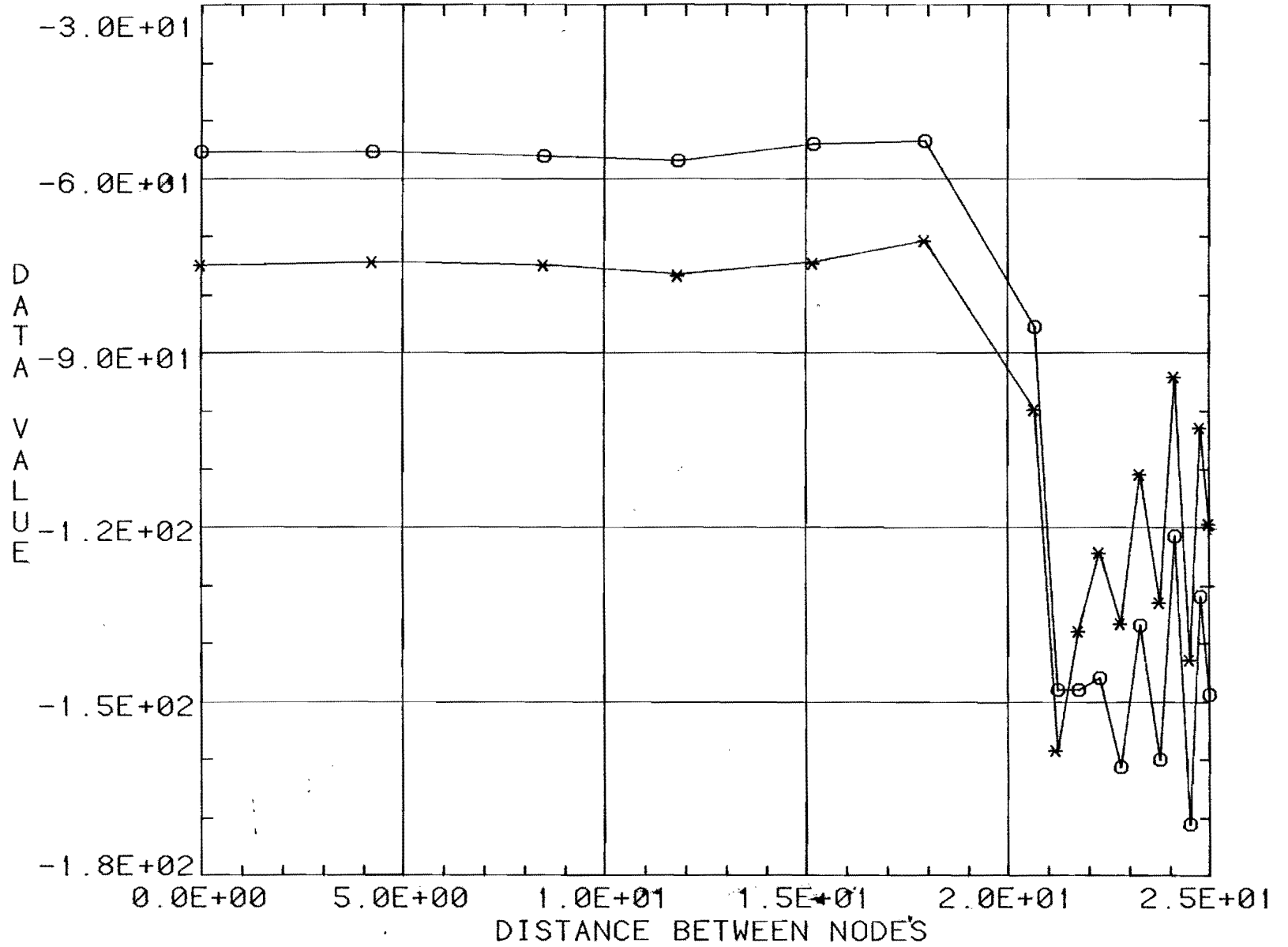


LOAD CASE= 0 LOAD CASE= 0 LOAD CASE= 012

XX- STRESS YY- STRESS VON MISES STRESS

STAP 13

VLAK X=0



LOAD CASE: 0

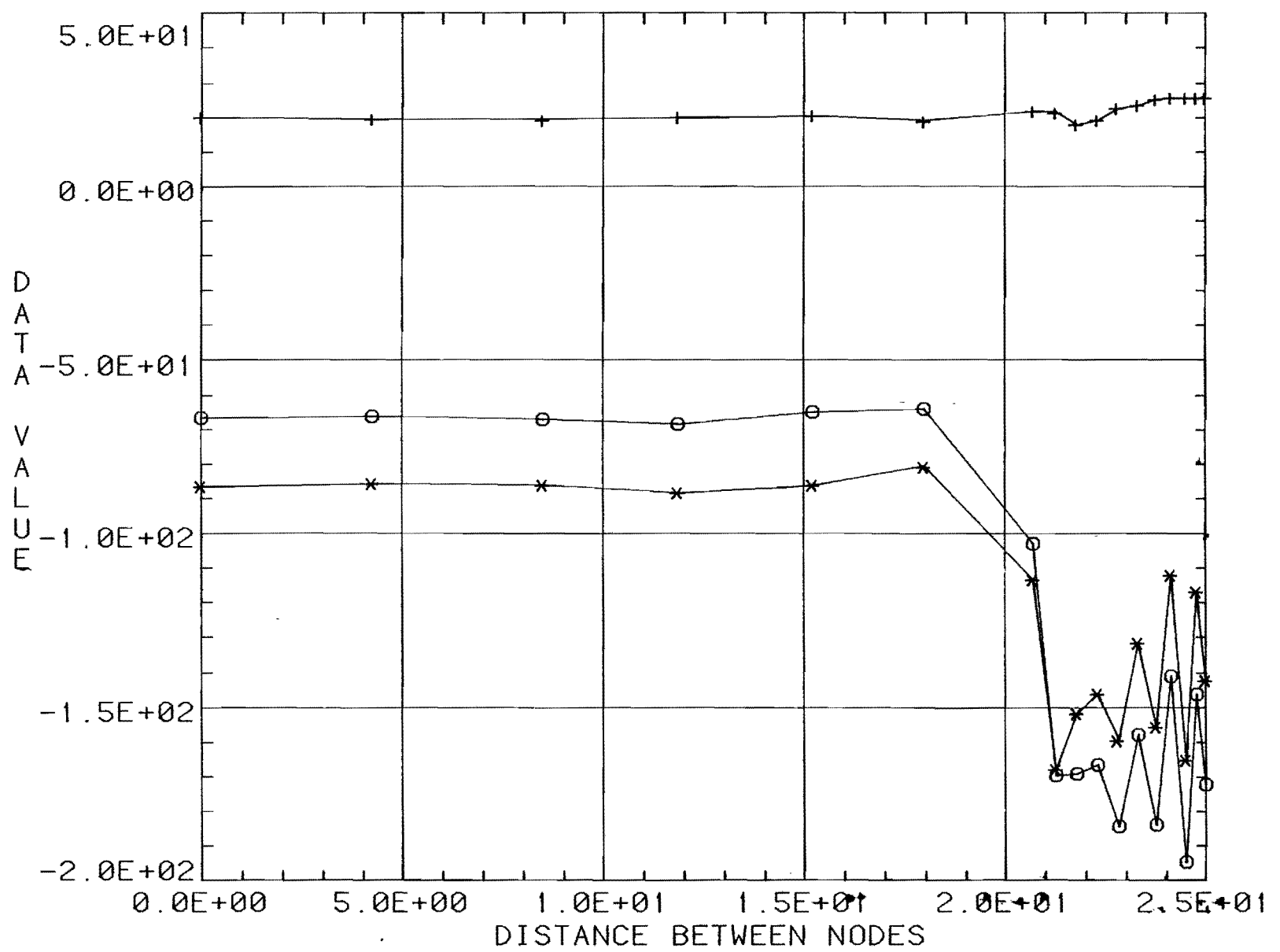
LOAD CASE: 013

XX- STRESS

YY- STRESS

STEP 14

VLAK X=0

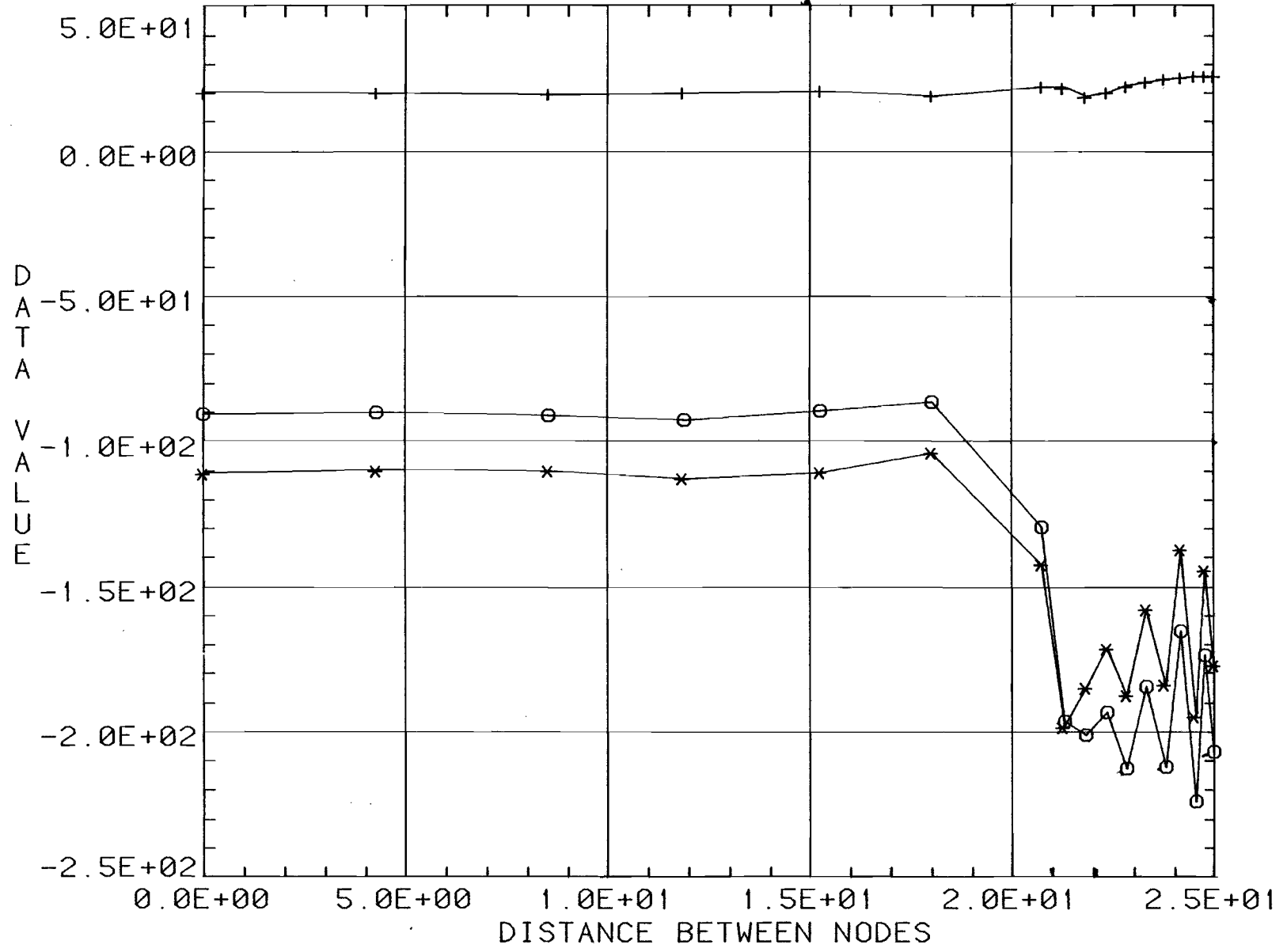


LOAD CASE: 0 LOAD CASE: 0 LOAD CASE: 014
* o +
XX- STRESS YY- STRESS VON MISES STRESS

64-

VLAK X=0

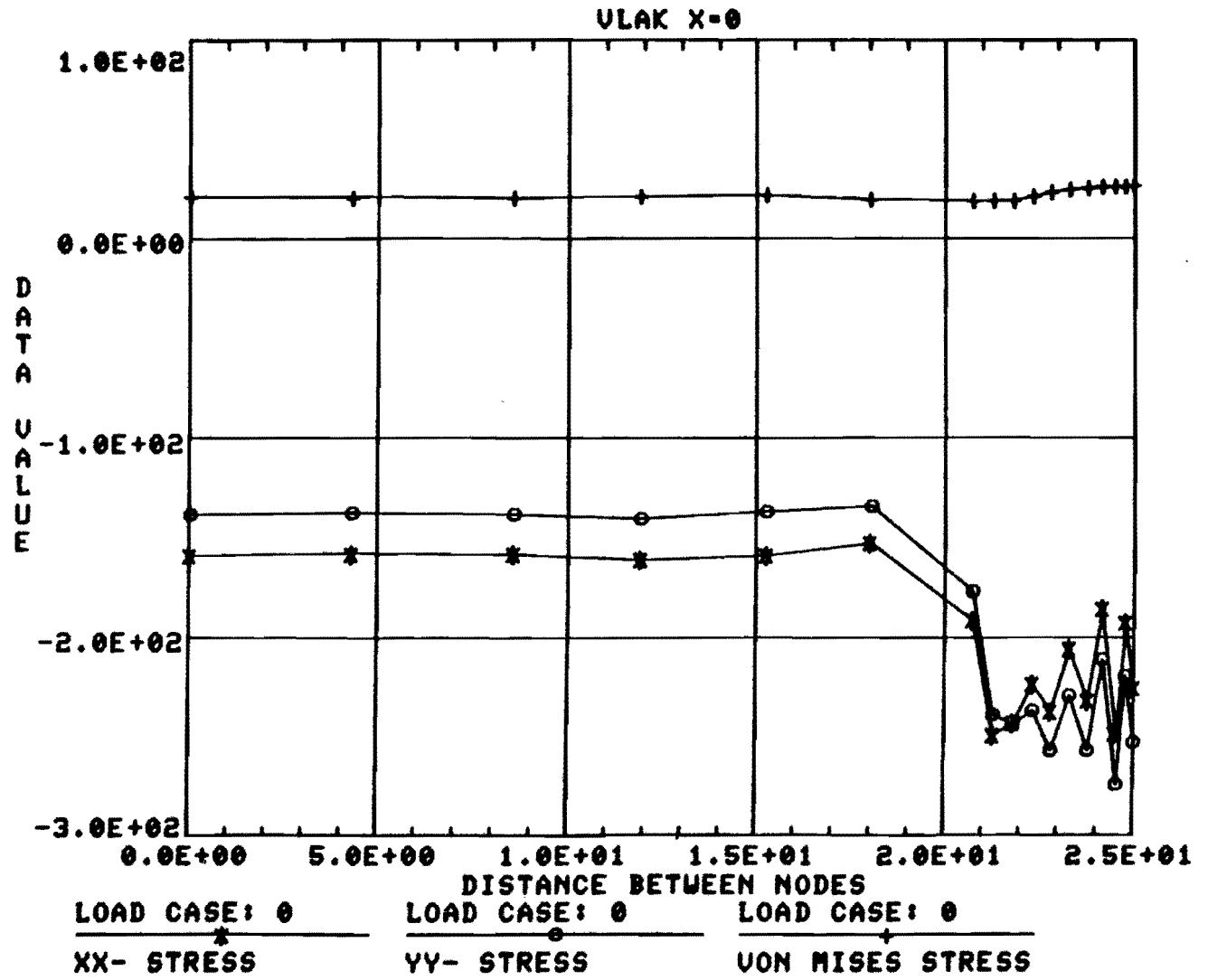
STAP 15



LOAD CASE: 0 LOAD CASE= 0 LOAD CASE= 015

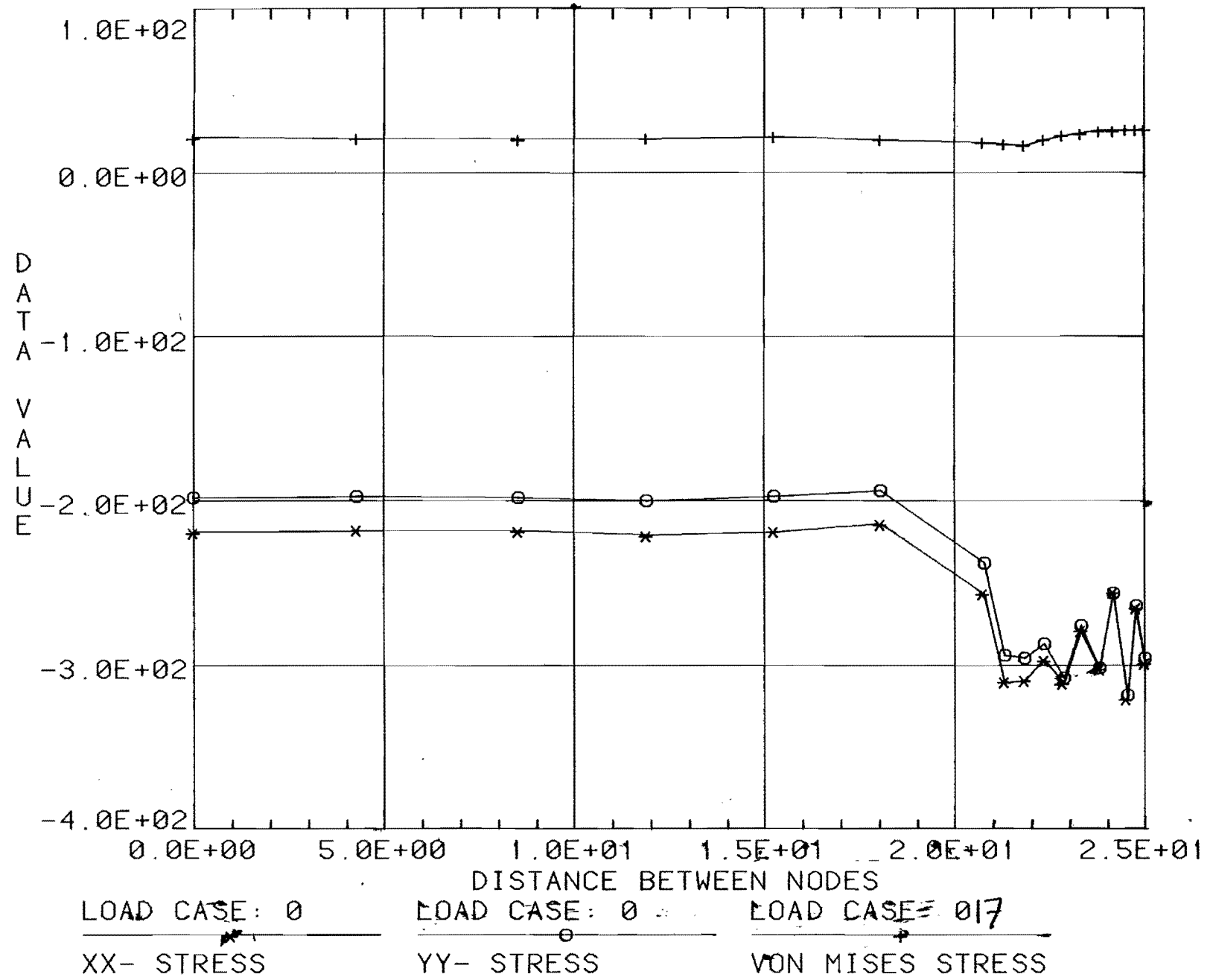
XX- STRESS YY- STRESS VON MISES STRESS

STAP 16



STAP 17

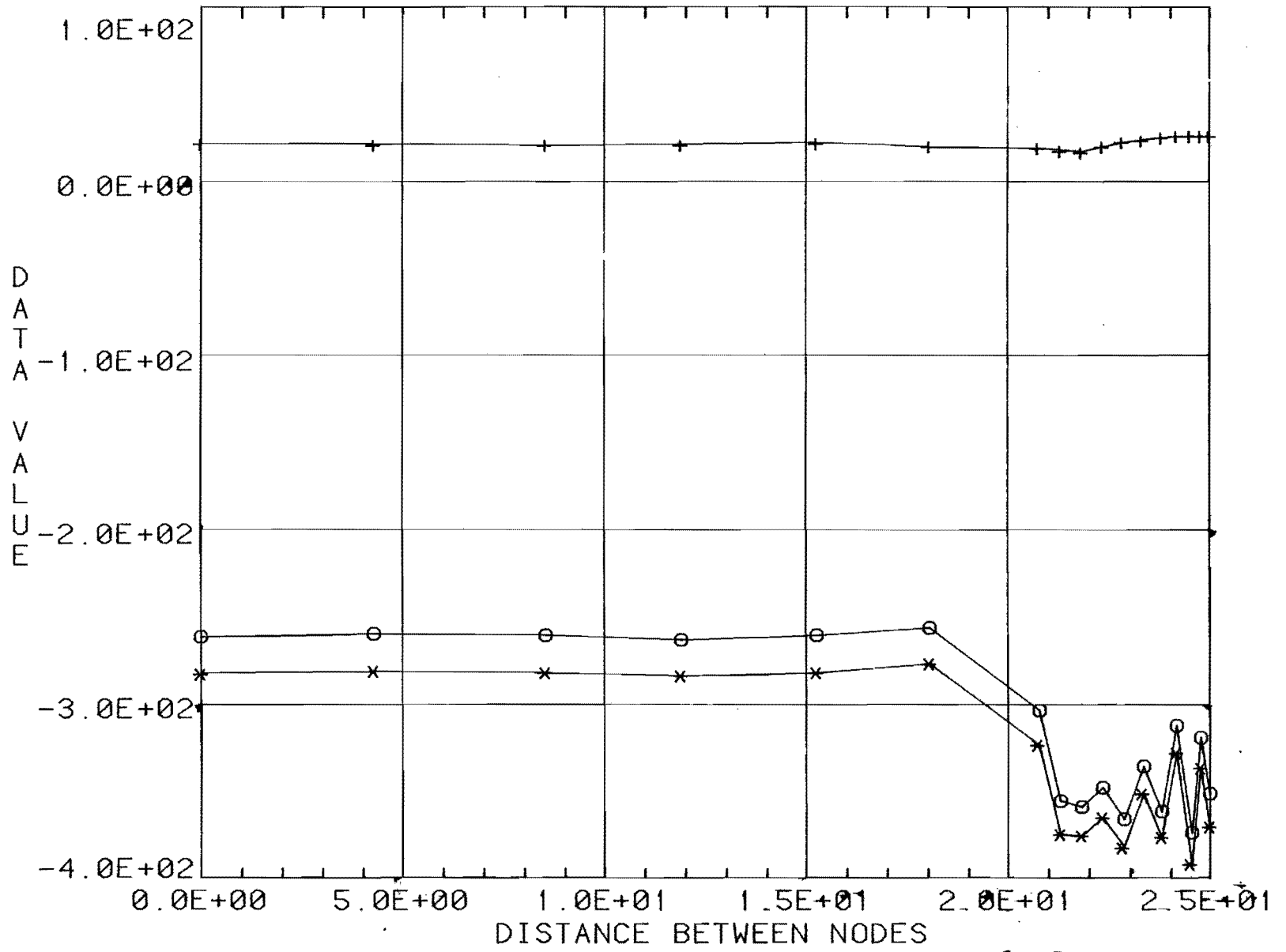
VLAK X=0



-67-

STAP 18

VLAK X=0

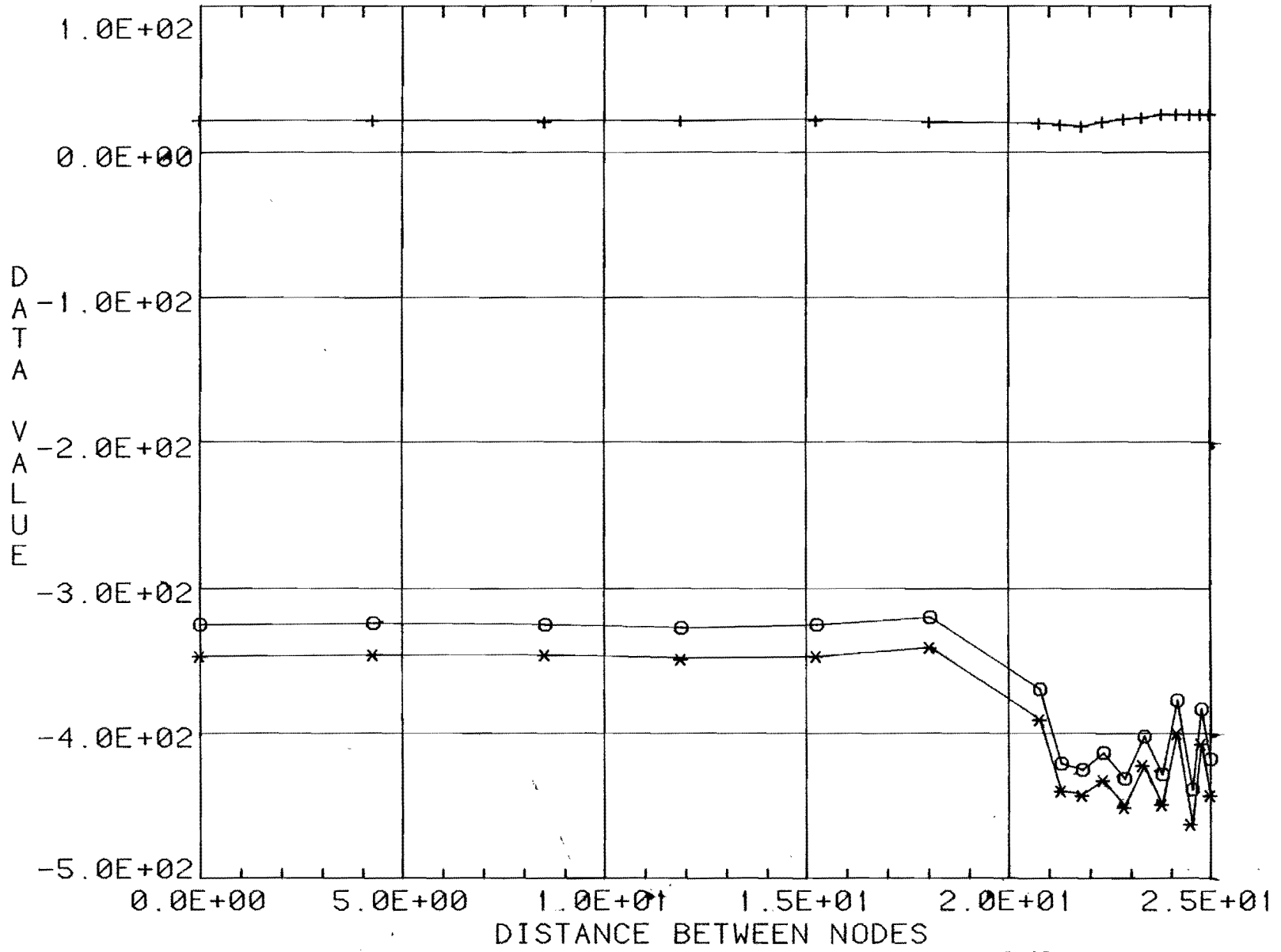


LOAD CASE: 0 LOAD CASE= 0 LOAD CASE= 018

XX- STRESS YY- STRESS VON MISES STRESS

STAP 19

VLAK X=0



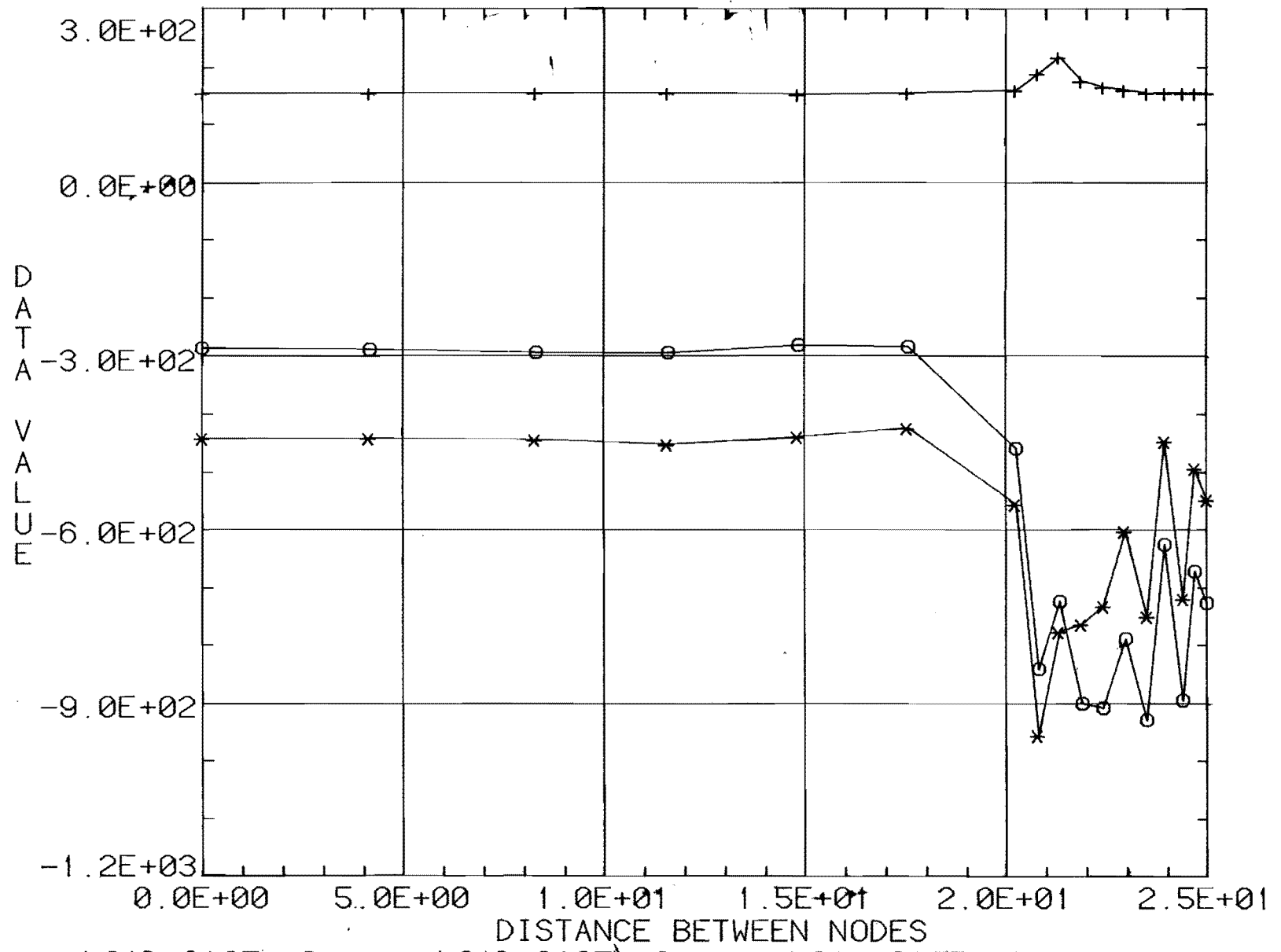
LOAD CASE: 0 LOAD CASE: 0 LOAD CASE: 019
XX- STRESS YY- STRESS VON MISES STRESS

Bylage IV

Spanningen Aluminium

VLAK X=0

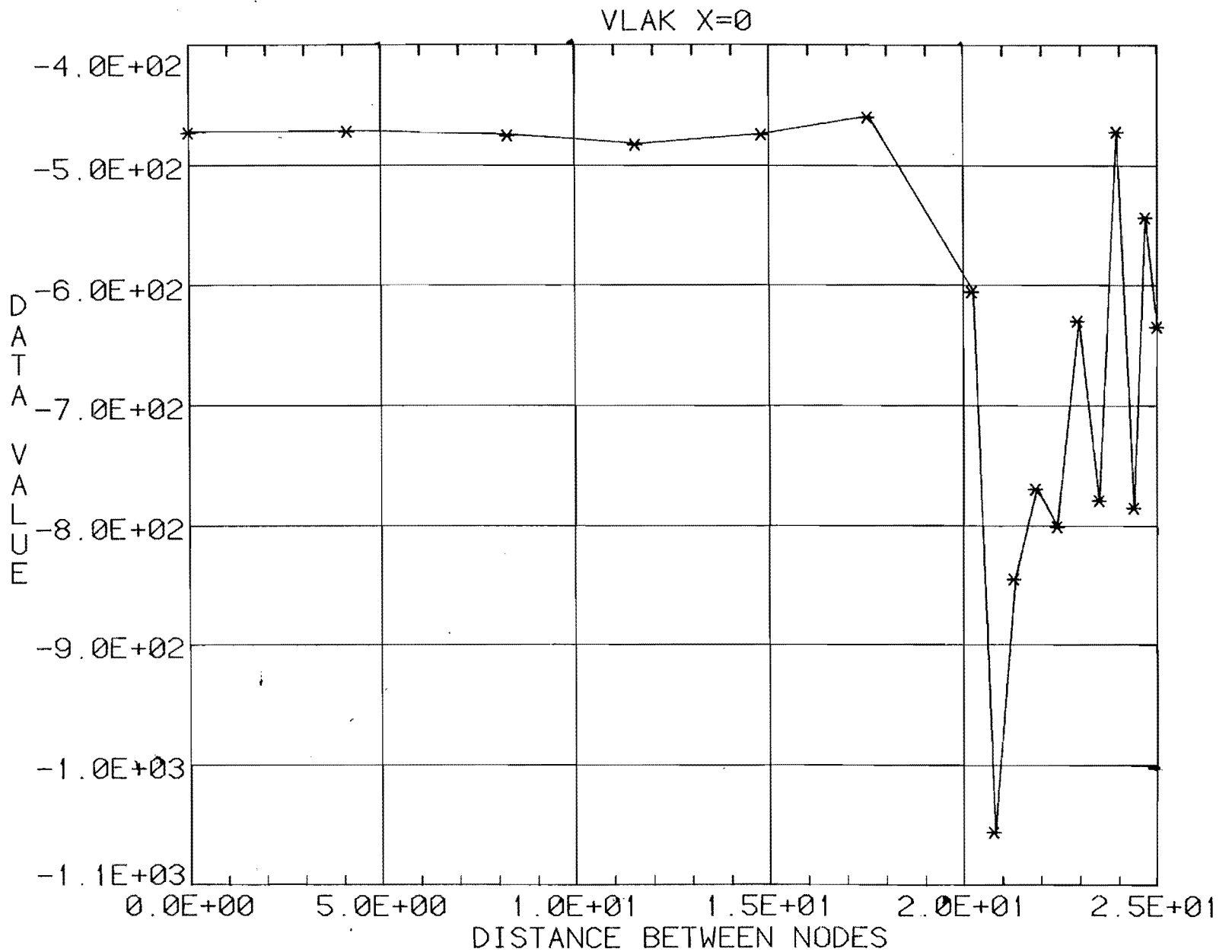
STAP 12



LOAD CASE: 0 LOAD CASE: 0 LOAD CASE: 0

XX- STRESS YY- STRESS VON MISES STRESS

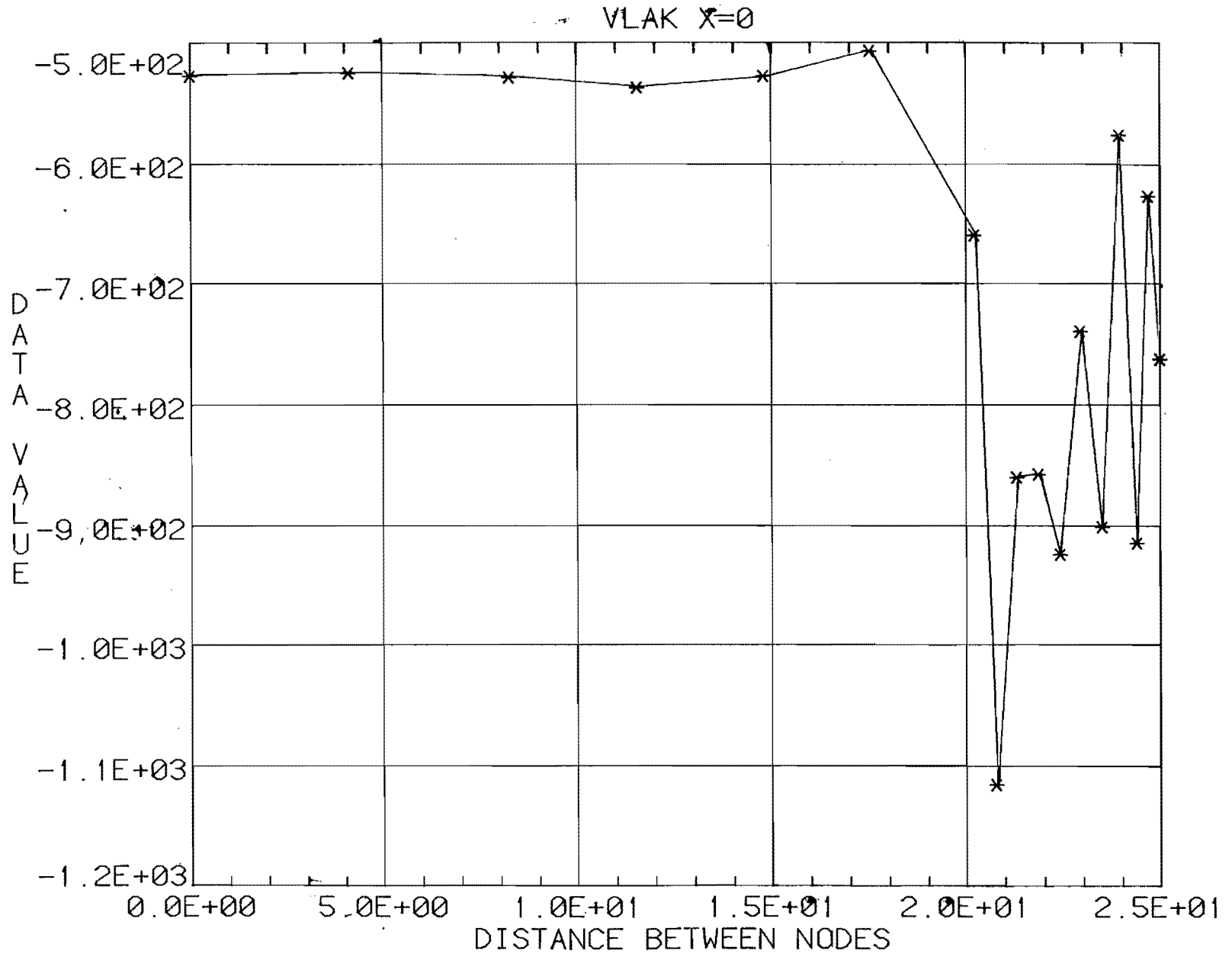
STAP 13



LOAD CASE: 0

XX- STRESS

STAP 14

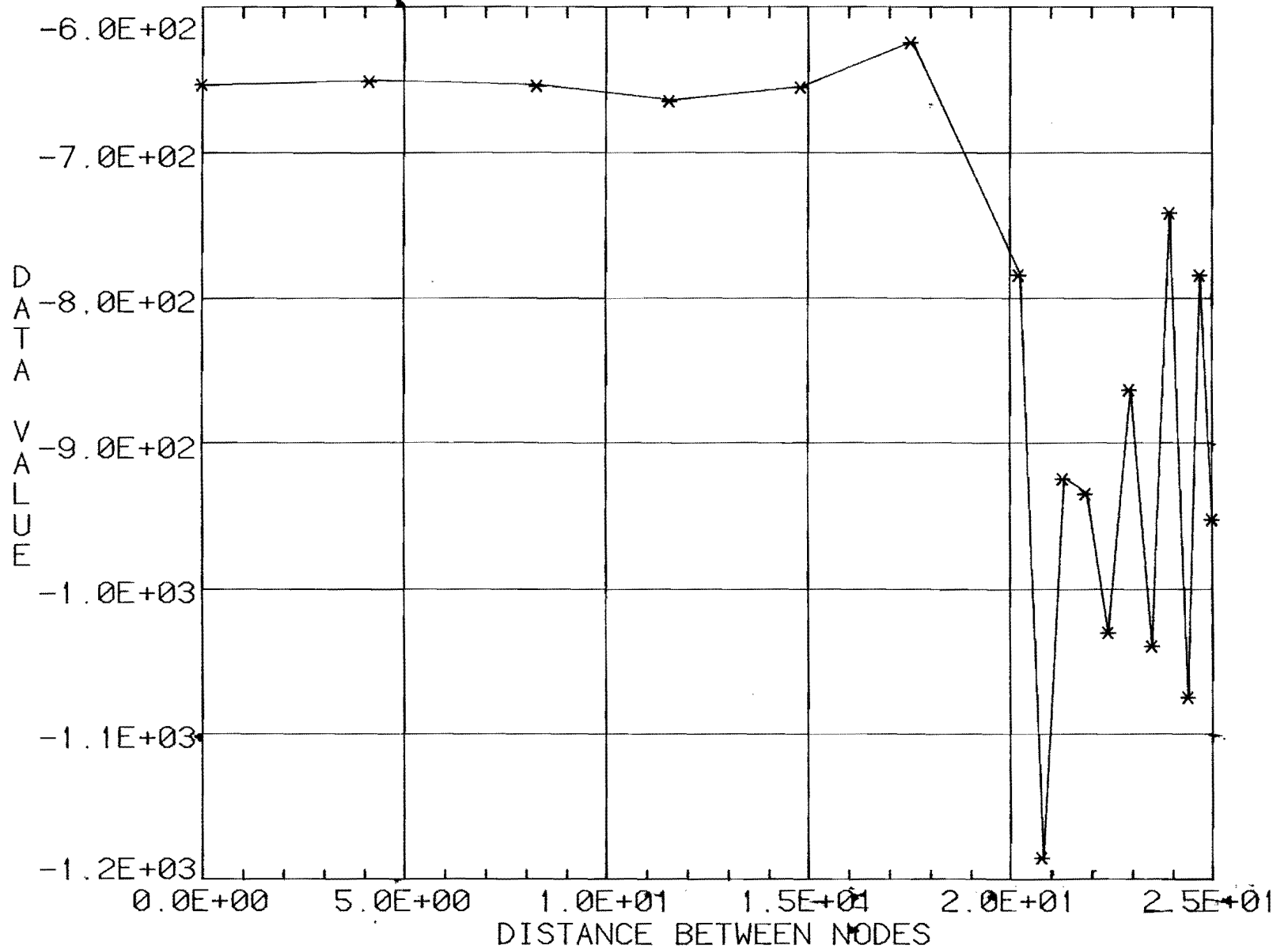


LOAD CASE = 0

XX- STRESS

STAP 15

VLAK X=0

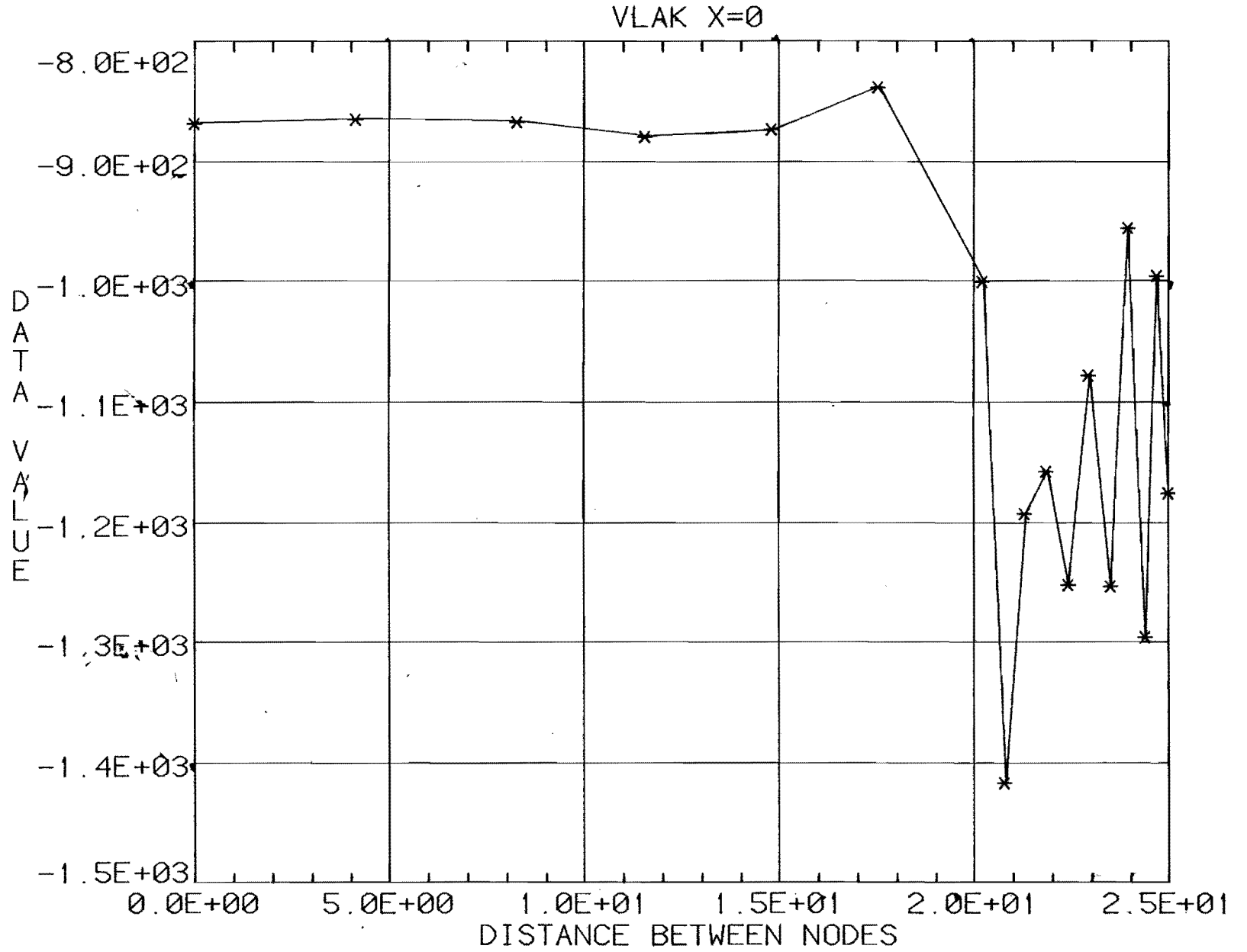


LOAD CASE = 0

XY STRESS

-74-

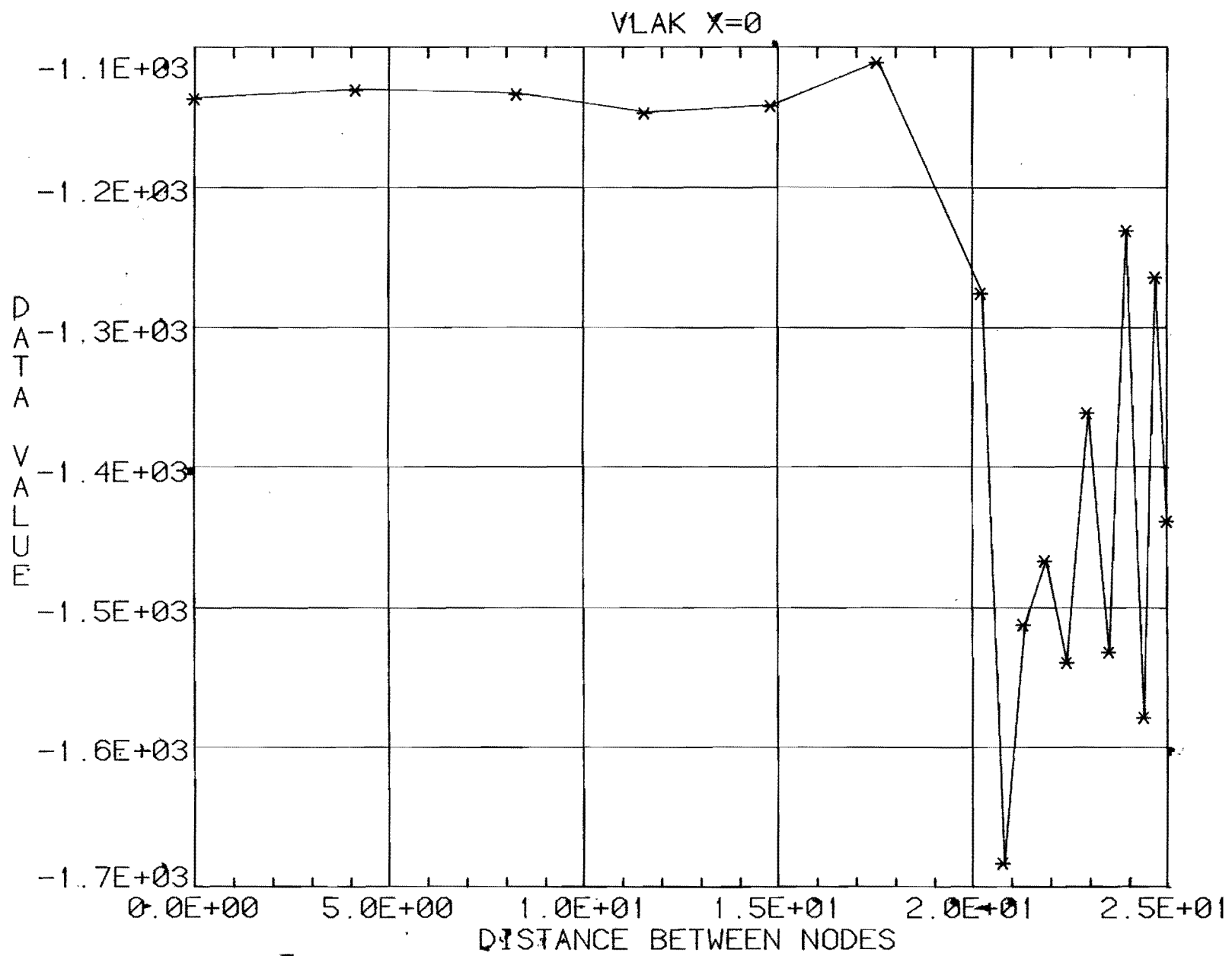
STAP 16



LOAD CASE= 0

XX- STRESS

STEP 17

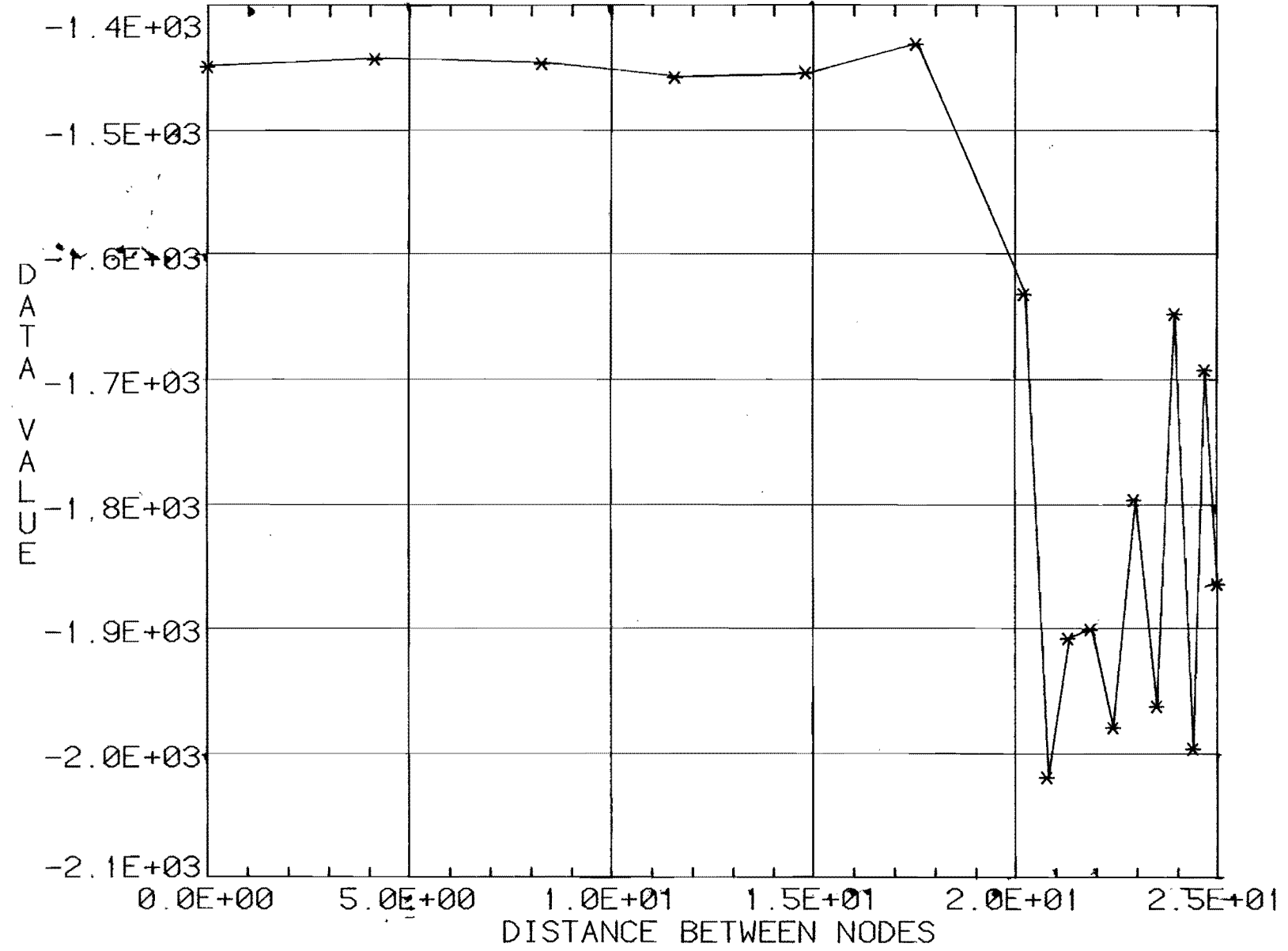


LOAD CASE = 0

XX- STRESS

STAP 18

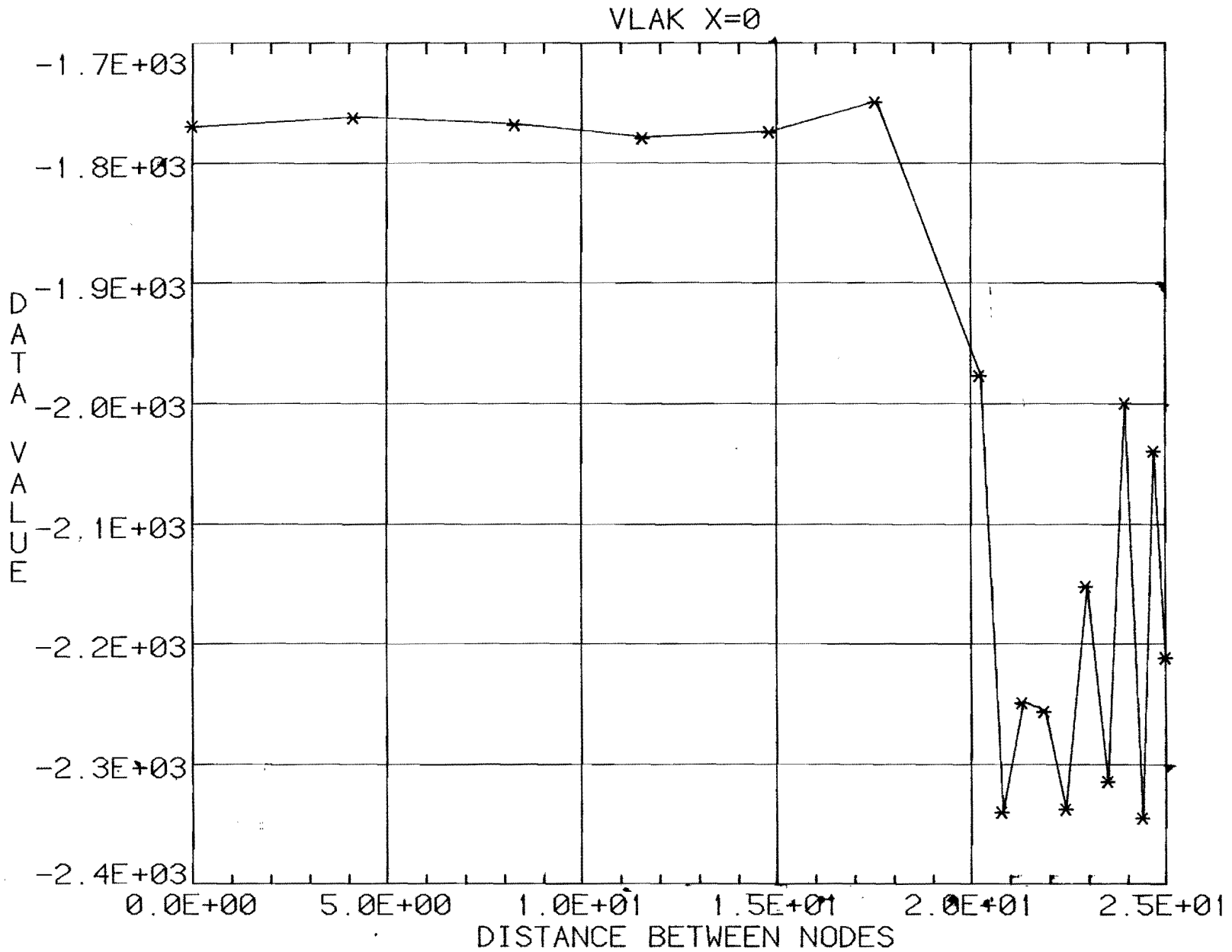
VLAK X=0



LOAD CASE: 0

XX- STRESS

STAP 19



LOAD CASE= 0

XX- STRESS

-8-