

Onderzoek naar het scheurgedrag van een stenenmal

Citation for published version (APA):

Beekhuis, S. L. J. (1988). *Onderzoek naar het scheurgedrag van een stenenmal*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPA0552). Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1988

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.

BE 443591

ONDERZOEK NAAR HET SCHEURGEDRAG
VAN EEN STENENMAL

Auteur : S.L.J Beekhuis

Onderzoeksnr. : WPA 0552

SAMENVATTING

Dit is een rapport dat het onderzoek naar de faaloorzaken van een stenenmal behandelt. Het onderzoek is uitgevoerd door S.L.J Beekhuis in het kader van een 4.1 onderzoeksopdracht van de vakgroep WPA van de Technische Universiteit Eindhoven in opdracht van de machinefabriek Mason.

Het rapport behandelt de mogelijke faaloorzaken die kunnen leiden tot het scheuren van een stenenmal tijdens de produktie van betonstenen. Deze mogelijke faaloorzaken zijn :

- faalorzaken gelegen in in het produktieproces van de mal
- faaloorzaken die ontstaan door de krachten die op de mal werken gedurende het produceren van stenen

Uit deze mogelijke faaloorzaken wordt de meest waarschijnlijke oorzaak geselecteerd en er wordt gekeken of deze gekozen oorzaak inderdaad de scheur kan veroorzaken en tevens wat hier aan te doen is.

De geselecteerde oorzaak is de statische belasting die op de mal werkt gedurende het produktieproces van de betonstenen. De onderzoeksmethode is de Eindige Elementen Methode. Uit het onderzoek komen oplossingen naarvoren die een algemene oplossing van het scheurprobleem inhouden.

INHOUD

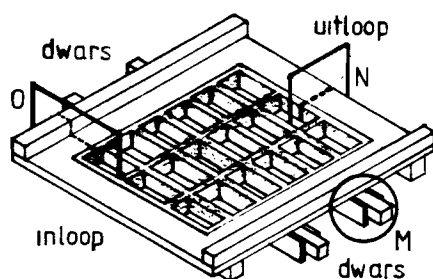
| | | |
|-----|---|----|
| 1 | - <u>INLEIDING</u> | 1 |
| 2 | - <u>DE FAALoorzaak</u> | 6 |
| 2.1 | - <u>Inleiding</u> | 6 |
| 2.2 | - <u>DE PROCESKRACHTEN</u> | 6 |
| | a - de soorten belastingen | 6 |
| | b - de stootbelasting | 8 |
| | c - de dynamische belasting | 9 |
| | d - de statische belasting | 11 |
| 2.3 | - <u>HET PRODUKTIEPROCES VAN DE MAL</u> | 13 |
| | a - de aanwezigheid van restspanningen in de konstruktie | 13 |
| | b - strukturveranderingen van het basismateriaal | 14 |
| 2.4 | - <u>DE OORZAAK</u> | 15 |
| 3 | - <u>HET ONDERZOEK</u> | 17 |
| 3.1 | - <u>Inleiding</u> | 17 |
| 3.2 | - <u>MODELFORMING</u> | 17 |
| | a - de belasting | 17 |
| | b - de mal | 19 |
| | c - de randvoorwaarden | 20 |
| 3.3 | - <u>BEREKENINGEN MET MARC</u> | 22 |
| | a - uitgangspunten | 22 |
| | b - het model | 23 |
| | c - de uitkomsten | 24 |
| | d - konklusies | 25 |
| 3.4 | - <u>BEREKENINGEN MET IDEAS</u> | 26 |
| | a - verbeteringen aan het model | 26 |
| | b - het model | 26 |
| | c - de berekeningsresultaten | 29 |
| | d - konklusie | 32 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4 | - <u>OPLOSSINGEN</u> | 36 |
| 5 | - <u>NAWOORD</u> | 39 |
| A | - <u>BIJLAGE</u> | |
| | A1 - MESH VAN DE MAL | |
| | A2 - VERPLAATSINGSPLOTS VAN DE MAL | |
| | A3 - SPANNINGSPLOTS BIJ VASTE INKLEMMING VAN DE MALOREN | |
| | A4 - SPANNINGSPLOTS BIJ SCHARNIERENDE INKLEMMING VAN DE MALOREN | |

1 - INLEIDING

De opdracht die in dit stageverslag behandeld wordt is afkomstig van de machinefabriek **MASON**. Dit bedrijf maakt machines en onderdelen voor de betonindustrie. Een van de produkten die gemaakt worden is de betonmal.

De betonmal is een negatieve mal die zorgt voor de vormgeving van de zijkant van de betonstenen. In dit verslag wordt een mal als voorbeeld gebruikt : de 50-steens belseklinkermal. Figuur 1 laat een schets van deze mal zien.



De mal is een samenstelling van twee hoofdonderdelen. Te weten de omkasting en het vormraster. Het vormraster is in de tekening grijs aangegeven.

fig.1. De belseklinkermal
schematisch.

De omkasting bestaat uit drie verschillende onderdelen :

- de omkasting aan, in c.q uitloopkant van de mal (zo genoemd vanwege het feit dat de vulwagen de mal hier in en uitrijdt)
- de omkasting aan de dwarskant van de mal
- de maloren M

Het vlak O dat de dwarskant van de omkasting doorsnijdt laat de
konstruktie van de omkasting zien (fig.2). Deze bestaat uit een afdekplaat
A, een strip C van het vormraster, een omkastingsbalk B en een rail D.

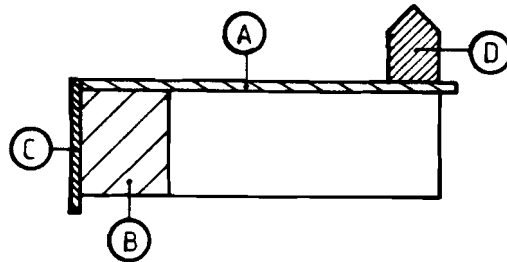


fig.2. Doorsnede omkasting aan de dwarskant

De in/uitlooptkant heeft een iets andere konstruktie. Figuur 3 laat de
doorsnijding van het vlak N met de omkasting aan die kant zien. De
afdekplaat A is hier korter en de rail ontbreekt.

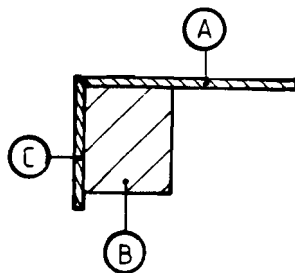


fig.3. Doorsnede omkasting aan de in/uitlooptkant

Verder bezit de mal nog componenten voor de ophanging in de stenenvormmachine, de zgn. maloren. In figuur 1 is dat gedeelte aangegeven bij de cirkel M. Figuur 4 en 5 laten in detail zien hoe de konstruktie is opgebouwd.

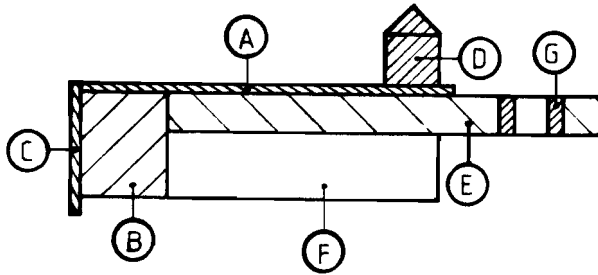


fig.4. Dwarsdoorsnede van
van de maloor

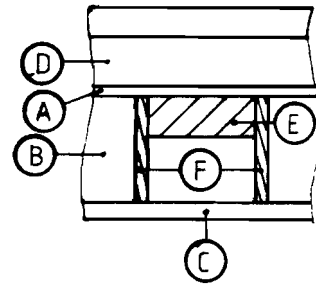


fig.5. Vooraanzicht van
de maloor

Aan de omkastingsbalk B en de afdekplaat A wordt maloorbalk E bevestigd. Aan deze hele konstruktie worden twee schetsplaten F toegevoegd ter ondersteuning van de maloorbalk. G is een nylonbus.

De drie hierboven beschreven onderdelen vormen samen de omkasting van de mal die zorgt voor extra stijfheid en de verbinding met de stenenvormmachine. De mal zelf maakt deel uit van een stenenvormmachine.

Figuur 6 laat een schets van deze stenenvormmachine zien. Het vormen van de betonstenen vergt verschillende stappen die door deze machine uitgevoerd worden.

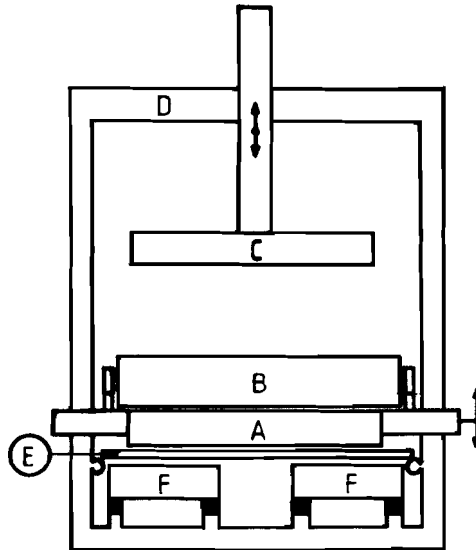


fig.6. De stenenvormmachine

Deze produktiestappen zijn :

- het toevoeren van een lege produktdrager

E

- het vastklemmen van de mal **A** op de ondergrond, bestaand uit produktdrager **E** en triltafels **F**
- het toevoeren van beton aan de vormmal d.m.v vulwagen **B** die over de mal heenrijdt en het beton stort en verdeelt
- het verwijderen van de vulwagen en het laten zakken van de stempelplaat **C**
- het verwijderen van de gevormde stenen door de stenen uit de mal te drukken
- het verwijderen van de stenen en de produktdrager

De voorgaande stappen ronden een productiecyclus af.

Tijdens de produktiecyclus treedt scheurvorming in de vormmal op. Figuur 7 geeft weer waar deze scheurvorming optreedt. De scheuren treden zowel op aan de inloop als aan de uitloopkant.

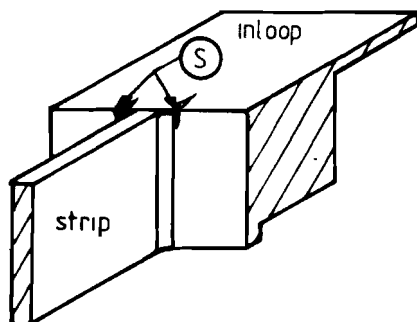


fig.7. Scheurvorming aan de in/uitloopkant

De plaatsen S geven de gebieden aan waar de scheurvorming begint. Zijn er eenmaal scheuren ontstaan in de mal dan bezwijkt deze op den duur helemaal.

In deze stage wordt nagegaan wat de oorzaak voor dit scheuren is en op welke manier dit scheuren van de mal vertraagd of in zijn geheel voorkomen kan worden.

In hoofdstuk 2 " DE FAALORZAAK " komen mogelijke oorzaken voor het scheuren van de mal aan bod en er wordt tevens een keuze gemaakt uit deze oorzaken.

In hoofdstuk 3 " HET ONDERZOEK " wordt nagegaan of de gekozen oorzaak inderdaad aanleiding kan geven tot het scheuren van de mal.

In hoofdstuk 4 " OPLOSSINGEN " worden mogelijke oplossingen aangedragen die ervoor zorgen dat de scheurvorming in de mal vertraagd of zelfs gestopt wordt.

In hoofdstuk 5 " NAWOORD " worden kantekeningen geplaatst bij het gedane onderzoek en de oplossingen.

2 - DE FAALLOORZAAK

2.1 - Inleiding

Het scheuren van de mal is terug te voeren tot twee mogelijke oorzaken. De scheurvorming kan liggen aan : - het produktieproces van de mal
- de krachten die op de mal werken tijdens de produktie van de stenen

Bij het produktieproces van de mal is het lassen de toegepaste verbindingstechniek. Het lasproces kan de oorzaak voor het scheuren van de mal zijn. De problemen die in dit verband, bij het toepassen van deze techniek, optreden zijn :

- inwendige spanningen die in de las gecreeerd worden door vervormingen, die ontstaan door het verhitten en afkoelen van de las en de lasomgeving
- het verhitten van het basismateriaal zorgt voor structuurveranderingen van het materiaal

De krachten die op de mal werken kunnen van een zodanige grootte zijn dat de mal, op de plaatsen waar de scheuren optreden, herhaaldelijk zwaar belast wordt. Onder invloed van deze belasting scheurt de mal op den duur.

In de nu volgende paragrafen wordt ingegaan op het belang van de bovengenoemde oorzaken en wordt tevens een oorzaak aangewezen als dader.

2.2 - De proceskrachten

a de soorten belastingen

Het stenenvormproces bestaat in het kort uit :

- het klemzetten van de vormmal op een trillende ondergrond
- het toevoeren van beton aan de vormmal

Het vormproces zorgt ervoor dat op de mal een aantal verschillende soorten van belastingen werken. Deze belastingen zijn te verdelen in drie verschillende groepen. Deze zijn :

- de stootbelasting
- de dynamische belasting
- de statische belasting

De op de mal werkende krachten en momenten moeten, willen ze als scheurveroorzaker in aanmerking komen, aan twee criteria voldoen.

Deze zijn :

- de goede grootte
- de goede belastingsrichting

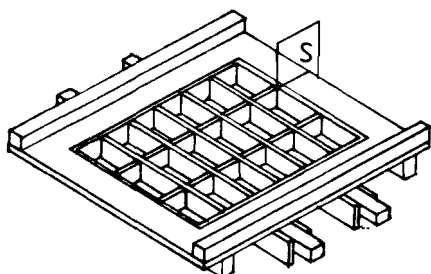


fig.8. Vormmal

Het vlak S (fig.8) doorsnijdt de inloop c.q uitloopbalk op de plaats waar deze scheurt.

De krachten die nodig zijn om de strippen op de bevestiging van strip aan omkasting uit te laten scheuren zijn in figuur 9, een uitvergroting van de in c.q uitloopbalk, schematisch aangegeven.

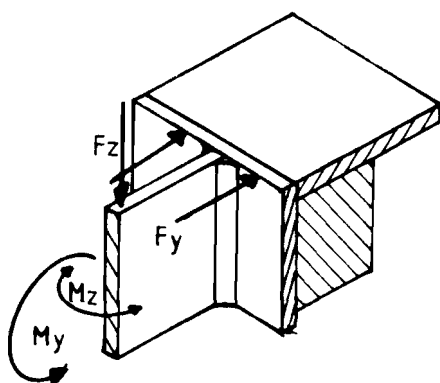


fig.9. Scheurveroorzakend
krachtenspel

De krachten F_y en F_z en het moment M_y moeten in de aangegeven richting werken om aan de bovenkant van de las een scheur te kunnen veroorzaken.

Het moment M_z kan in twee richtingen werken, deze richting bepaalt welke las scheurt.

In de volgende paragrafen worden de drie soorten belastingen nader besproken.

b de stootbelasting

Stootbelasting ontstaat tijdens het stenenvormproces op twee manieren. Iedere stootbelasting treedt op gedurende een specifieke fase van het produktieproces.

De eerste stootbelasting ontstaat als de mal op de ondergrond van de produktiemachine wordt aangedrukt. In figuur 10 is dit proces weergegeven.

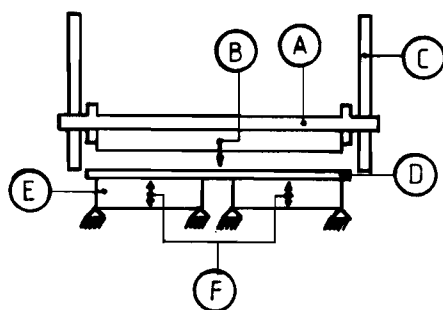


fig.10. Situatie van mal voor het aandrukken

De mal A wordt met bewegingsrichting B via twee geleiders C op een ondergrond aangedrukt. Deze ondergrond bestaat uit een produktdrager D en de triltafels E. De triltafels bewegen kontinu heen en weer met een bewegingsrichting F. De beweging van de tafels wordt veroorzaakt door excentermotoren die niet in het figuur zijn aangegeven.

Ergens tijdens het zakken van de mal zal de afstand van de mal tot de trillende ondergrond zo klein worden dat de mal door de ondergrond aangestoten wordt. De richting van de optredende versnelling van de mal is tegengesteld aan zijn bewegingsrichting.

De hierdoor opgeroepen vervormingen in de mal zorgen voor het ontstaan van krachten en momenten. De opgeroepen krachten en momenten in de mal hebben echter de foute richting om te kunnen leiden tot de scheurvorming.

De tweede stootbelasting ontstaat wanneer beton in de vormmal gestort wordt. Het storten van de beton en het verdelen van de beton over de mal gebeurt m.b.v een vulwagen die over de mal heenrijdt.

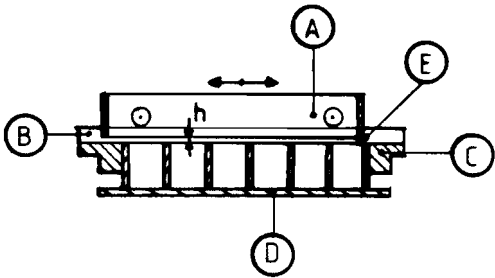


fig.11. Vulwagen rijdt
over de mal

figuur 11 laat zien hoe dit storten gebeurt. De onderkant van de vulwagen is open en het beton kan direkt in de mal vallen. Het verdelen van de mal gebeurt d.m.v strippen die aan de voor en achterkant van de vulwagen zijn gemonteerd.

De vulwagen loopt over rails **B** die op de mal zijn gemonteerd. Tussen de vulwagen **A** en de vormmal **C** is een bodemvrijheid **h** van 2 mm. Daar kiezel een bestanddeel vormt van beton kan het gebeuren dat, wanneer de kiezel **E** een doorsnede heeft van meer als 2 mm, de kiezel klem kan komen te zitten tussen vulwagen en de stilstaande vormmal.

Dit feit kan ervoor zorgen dat er een aanzienlijke kracht op de omkasting van de mal komt te werken tot het moment dat de kiezel verpulvert of breekt. Daar dit op elke plaats in de mal op kan treden, kan deze stootbelasting niet gezien worden als oorzaak. Op andere plaatsen in de mal treedt n.l geen scheurvorming op.

c de dynamische belasting

De mal wordt gedurende de hele tijd dat hij is vastgeklemd op de ondergrond dynamisch belast door de opgedrongen trilbeweging van de triltafels. De dynamische belasting van de vormmal wordt bepaald door het gehele systeem dat deelneemt aan de trilling.

In principe zijn er gedurende het stenenvormproces verschillende dynamische systemen. Het basissysteem bestaat uit :

- lege mal - de produktdrager - de triltafel -

Het dynamische basissysteem wordt gedurende het verloop van het stenenvormproces gekompliceerder. Eerst rijdt de vulwagen over de mal heen om het beton te storten. De vulwagen gaat nu deelnemen aan het dynamische proces omdat hij over rails rijdt die deel uitmaken van de mal. Is het beton gestort en verdeeld, dan wordt een stempelplaat op de vormmal neergelaten. Deze gaat dan ook deelnemen aan het trilproces.

In het onderstaande figuur is te zien hoe het systeem eruit ziet als de beton en de stempelplaat meedoen aan het trilproces.

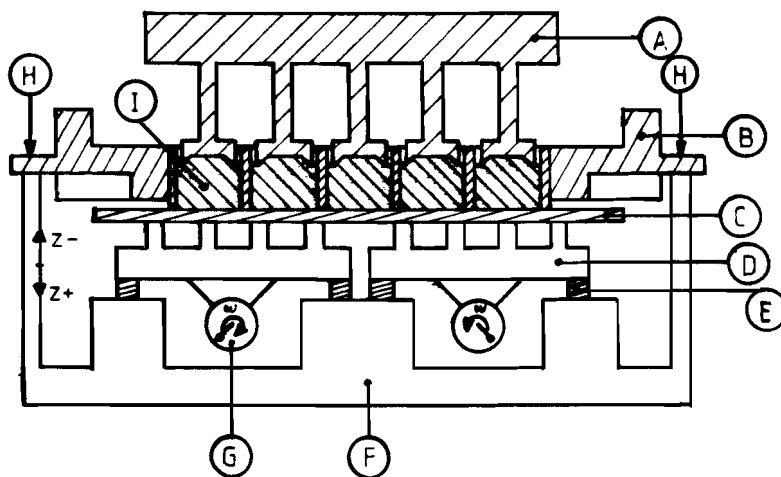


fig.12.Het trilsysteem

- | | | |
|-------------------|-----------------|-------------------|
| A - stempelplaat | D - triltafel | G - exentermotor |
| B - vormmal | E - rubber blok | I - beton |
| C - produktdrager | F - fundatie | H - aandrukkracht |

De dynamische belasting is normaal een belasting die in grote mate voor scheurvorming zorgt. De oorzaak is dan vermoeiing van het materiaal door herhaalde belastingswisselingen.

Drukbelastingen alleen zullen bij herhaalde belasting van een konstruktie niet zorgen voor scheurvorming. Daarvoor is altijd een trekbelasting nodig.

De vormmal kan niet vrij uitwijken in beide richtingen. Figuur 12 laat zien dat, wil de mal in positieve z-richting bewegen, deze tegengehouden wordt door de zijkanten van de triltafels. Deze zijkanten zijn n.l op rubber blokken opgelegd. De triltafel en dus ook de mal kunnen recht boven deze oplegging enkel een verwaarloosbare beweging in de positieve z-richting uitvoeren. In de negatieve z-richting kan de konstruktie zonder begrenzing uitslaan.

De optredende vervormingen van de konstruktie bepalen de optredende krachten en momenten in deze konstruktie. Dit betekent dat wanneer de vervormingen groot zijn de optredende krachten en momenten in de konstruktie ook groot zullen zijn.

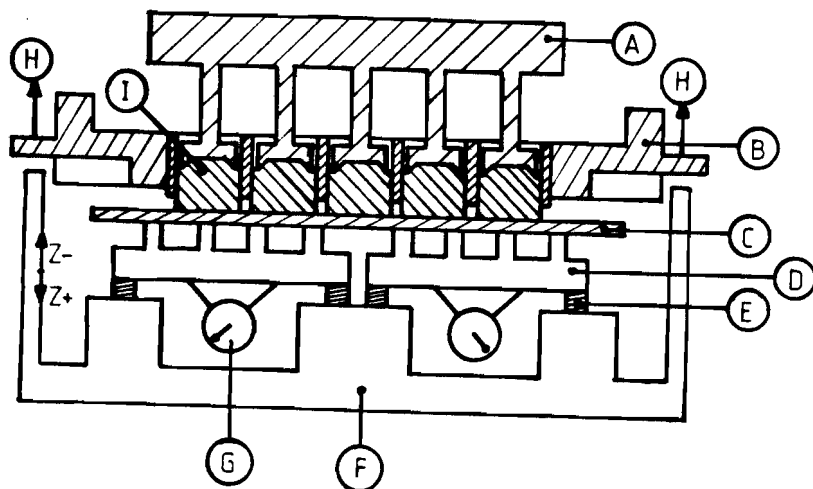
Alleen in de negatieve z-richting kan de mal vrij uitwijken, dit met uitzondering van de maloren die in de stenenvormmachine zijn vastgeklemd. In positieve z-richting zijn echter veel kleinere verplaatsingen mogelijk. Dit betekent dat door de dynamische belasting op de scheurplaatsen een wisselend hoge drukspanning werkt en een lage trekspanning. Aan de onderkant van de vormmal is de situatie omgedraaid dus een hoge trekspanning en een lage drukspanning.

Dit betekent dat scheurvorming in de konstruktie in principe aan de onderkant van de vormmal moet optreden als de oorzaak de dynamische belasting is. De mal scheurt hier echter niet dus is de oorzaak niet de dynamische belasting.

d de statische belasting

Een statische belasting van de mal treedt op als de stenen uit de mal verwijderd moeten worden. Het beton kleeft n.l aan het metaal van het vormraster. Bij het optillen van de vormmal zullen de stenen dus niet

vanzelf uit de vormmal vallen. Om toch de stenen te verwijderen blokkeert men de stempelplaat terwijl men de vormmal omhoog trekt. Dit proces is weergegeven in figuur 13.



De kodes in dit figuur zijn dezelfde als bij fig.12

fig.13. Situatie tijdens het uitdrukken van stenen

Om de stenen uit de vormmal te verwijderen moet de vormmal met een kracht **H** omhoog geduwd worden. Op de wanden van het vormraster werkt dan een t.o.v **H** omgekeerde wrijvingskracht. Deze kracht zorgt ervoor dat in de mal krachten en momenten optreden . Van alle belastingen heeft deze belasting de goede richting om voor scheurvorming te zorgen.

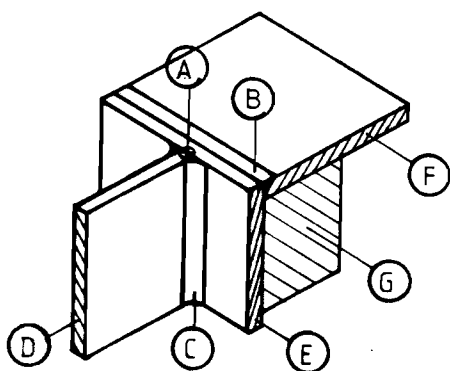
2.3 - HET PRODUKTIEPROCES VAN DE MAL

a de aanwezigheid van restspanningen in de konstruktie

Bij het lasproces ontstaan in de las spanningen doordat het lasmateriaal in vloeibare toestand in de lasnaad gebracht wordt. Bij het afkoelen van de las en de lasomgeving krimpt het lasmateriaal en veroorzaakt op deze manier vervormingen van de te lassen konstruktie als deze niet ingespannen is. Is de konstruktie wel ingespannen, dan ontstaan in de las zelf vervormingen en spanningen.

Deze restspanningen kunnen ervoor zorgen dat de konstruktie faalt bij een belasting lager dan de bedrijfsbelasting. Dit komt doordat de restspanningen op de spanningen, ontstaan door de opgelegde belasting, gesuperponeerd worden.

Figuur 14 laat een gedeelte van de omkasting van de inloop c.q uitloopkant van de mal zien. In hoeverre de optredende spanningen, die door het lassen in de konstruktie opgeroepen zijn, bepalend zijn voor het scheuren van de mal zal nu worden nagegaan.



Las A wordt het eerst aangebracht. Het is een hechtlas die zowel aan de boven als aan de onderkant van de binnenbak wordt aangebracht.

Het aanbrengen van deze las gebeurt in ingespannen toestand van de strippen D en E.

fig.14. Lassen in de omgeving van de overgang strip naar omkasting

Bij het korrigeren van de binnenbak (dit gebeurt om de bak haaks en op maat te krijgen) worden de hechtlassen ook nog belast door het verplaatsen van de reeds gehechte strippen.

Verdere lassen die gebruikt worden zijn lassen B die de bovenplaat F verbindt met de binnenbak, waarvan strip E een onderdeel is, en las C die zowel zorgt voor de eigenlijke verbinding van de strippen van het vormraster als voor het afronden van de hoeken van de betonstenen.

Dezelfde serie van lassen wordt gebruikt aan de dwarszijde van de mal. Daar zowel de lassen als de lasomgeving identiek zijn aan die van de inloop c.q uitloopkant van de mal zullen de restspanningen elkaar ook niet verontlopen. Dit betekent dat de restspanningen in de konstruktie wel mee zullen werken aan het scheuren doch niet de oorzaak van het scheuren zijn.

b structuurveranderingen van het basismateriaal

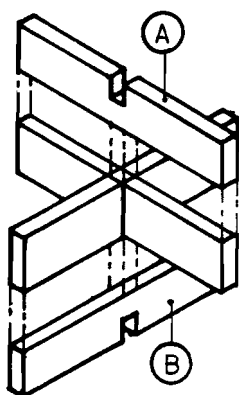
Door het tot hoge temperatuur verhitten en vervolgens aan de lucht afkoelen van de las zullen structuurveranderingen optreden in het basismateriaal. Dit kan een oorzaak zijn voor een grotere vatbaarheid voor scheurvorming.

Daar de omgeving van de lassen en het aantal lassen aan de rand van de binnenbak hetzelfde zijn, zal de structuurverandering van het materiaal ook identiek zijn. De temperatuursverhoging en de afkoeltijd zullen dan n.l identiek zijn. Dit betekent dat de structuurveranderingen ook niet als oorzaak aangezien kunnen worden. Ze zullen wel een ondersteunende rol spelen bij het scheuren doch zij zijn niet de oorzaak.

2.4 - DE OORZAAK

In de voorgaande paragrafen zijn mogelijke oorzaken voor het scheuren van de mal aangedragen. Het blijkt dat alleen de statische belasting, die ontstaat bij het uitdrukken van de stenen, als oorzaak aangewezen kan worden, daar deze de juiste belastingsrichting heeft.

Dit wordt mede ondersteund door het feit dat bij de vroegere konstruktie van de binnenbak ook in de binnenbak (het vormraster) scheurvorming bij de lassen optrad. Figuur 15 laat de oude konstruktie van de binnenbak zien. Voor de plaats die de langstrip en de dwarsstrip in de mal hebben wordt verwezen naar figuur 1.



Strip A is de strip die van de ene dwarskant van de mal naar de andere dwarskant loopt, de zgn dwarsstrip. Strip B loopt van de in naar de uitloopkant van de mal, dit is de zgn inloopstrip. Bij de nieuwe konstruktie wordt A de inloop en B de dwarsstrip.

Bij de nieuwe konstruktie komt het scheuren van de binnenbak niet meer voor.

fig.15. Konstruktie
vormraster

Aan de onderkant van de inloopstrip heerst een trekspanning. In de oude konstruktie wordt deze spanning door de las heengeleid. De las heeft dus een krachtdoorleidende funktie in dit geval. In de nieuwe situatie wordt de krachtdoorleidende funktie overgenomen door het materiaal dat sterker is dan de las. Er treedt nu geen scheuring meer op. Tevens betekent dit dat de dwarsstrip een kleinere spanning te verduren krijgt dan de inloopstrip.

Ook de richting van de belasting ligt vast door dit feit, daar aan de onderkant van de inloopstrip een trekspanning moet heersen moet de belasting op de strippen naar beneden gericht zijn.

Om te bewijzen dat de statische belasting werkelijk de oorzaak van het falen is heb ik gebruik gemaakt van de Eindige Elementen Methode. Met behulp van deze methode kam men berekenen hoe het verloop van de spanningen in de konstruktie is.

Weet men eenmaal het spanningsverloop dan kan men gericht veranderingen aanbrengen in de konstruktie. Door de nieuwe konstruktie opnieuw door te rekenen kan men kijken of de aanpassingen het gewenste effekt geven.

3 - HET ONDERZOEK

3.1 - Inleiding

De statische belasting die op de mal werkt zal zorgen voor het optreden van momenten en krachten in de mal. Het doel van dit onderzoek is na te gaan hoe de krachten door de konstruktie opgenomen worden en nagaan of ze inderdaad tot scheurvorming aanleiding kunnen geven. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van de Eindige Elementen Methode.

De berekeningen zijn doorgevoerd met twee software pakketen te weten :

- MARC
- IDEAS

De eerste werd gebruikt om een simpel model van de mal door te rekenen. De tweede voor een driedimensionaal model van de mal te vormen en te berekenen.

3.2 - MODELFORMING

a de belasting

De statische belasting op de mal ontstaat op het moment dat de stenen uit de mal verwijderd worden. De vormmal wordt over de stempelplaat getrokken. Dit verplaatsen van de vormmal t.o.v de bovenmal zorgt voor het optreden van een konstant verdeelde belasting op het bovenzvlak van de in het vormraster aanwezige stenen.

Deze belasting wordt door de zijkanten van de stenen doorgeleid naar de wanden van het vormraster. Deze belasting is de wrijving van de stenen langs de wanden van het raster

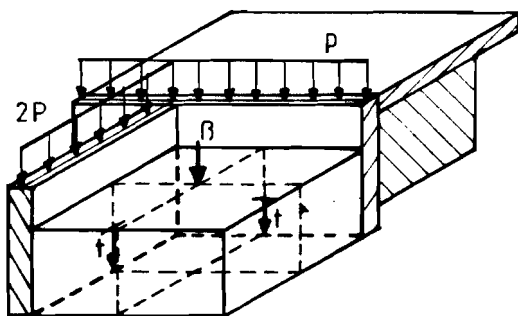


fig.16. Belastingssituatie mal

In figuur 16 zien we een gedeelte van het vormraster en de omkasting van de mal. B geeft de belasting op de bovenkant steen weer. t is de wrijvingskracht die door de belasting B op de wanden van het vormraster veroorzaakt wordt.

In het rekenmodel wordt de wrijvingskracht t gesimuleerd door een konstant verdeelde belasting p. Deze belasting werkt op de bovenkant van elke strip die deel uitmaakt van het vormraster.

Op de strippen die niet aan de rand van het vormraster liggen werkt een konstant verdeelde belasting van 2p doordat elke strip hier twee stenen als buur heeft. De wrijvingskracht die dan op de strip werkt is dus tweemaal zo groot.

De grootte van p, de belasting die op de mal werkt, is niet specifiek bepaald. Enkel een ondergrens voor p is bepaald. Men kan n.l zeggen dat, daar de stenen niet vanzelf uit de mal vallen, de minimale waarde die p aan zal nemen het gewicht van de steen is gedeeld door de omtrek van de steen.

In formulevorm is dit:

$$\begin{array}{l}
 \text{gewicht van de steen} - b \times h \times l \times \rho_0 \times g = F \\
 \text{belasting} - p \times \{ 2b + 2l \} = F
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 b \times h \times l \times \rho_0 \times g \\
 |p = \frac{\text{-----}}{2 \times \{ b + l \}}
 \end{array}$$

b, h en l zijn de breedte, hoogte en de lengte van de steen, ρ_0 is de soortelijke massa van het beton, g is de valversnelling, F de aantrekkingskracht van de aarde en p de konstant verdeelde belasting op de bovenkant van het vormraster.

De via deze formule berekende minimale belasting is 0.15 N/mm. De werkelijk optredende belasting is echter hoger dan dit minimum. In de berekeningen wordt een grotere belasting gehanteerd, bij MARC bedraagt deze 0.5 N/mm en bij IDEAS 1.5 N/mm, de grote is arbitrair gekozen.

b de mal

De mal en de belasting zijn symmetrisch om de assen 1 en 2, die de mal in vier gelijke parten verdelen. Het geheel is te zien in figuur 17. Voor berekeningen heeft men slechts een kwart van de gehele mal nodig, daar in de overige delen een gelijke toestand heerst. Het gebruikte gereduceerde model is in de tekening grijs aangegeven.

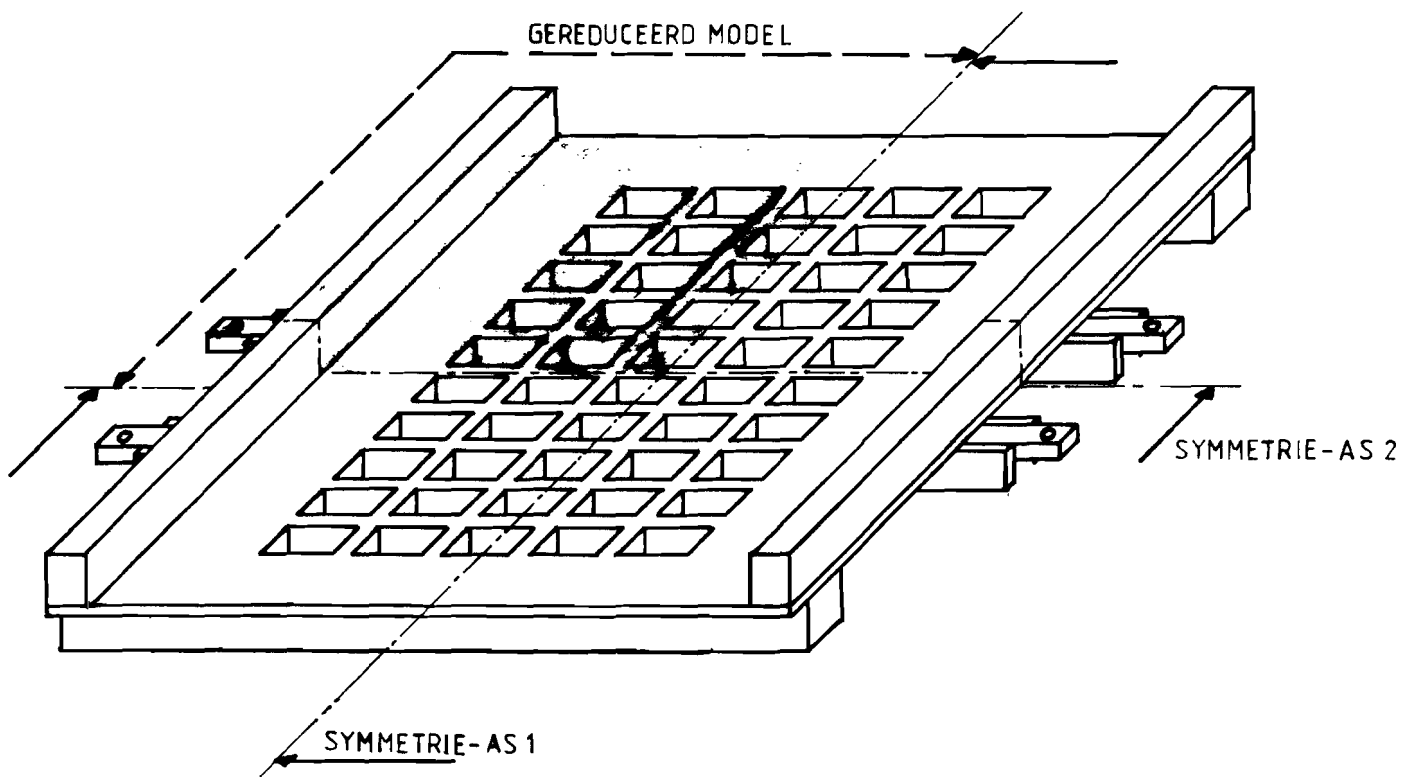


fig.17. De mal met zijn symmetrieassen

c de randvoorwaarden

Een kwart van de mal wordt gebruikt om berekeningen mee uit te voeren. Deze verkleining van het model levert aan de symmetrievlakken randvoorwaarden op. Figuur 18 laat het rekenmodel en de symmetrievlakken zien. De symmetrievlakken zijn gearceerd weergegeven.

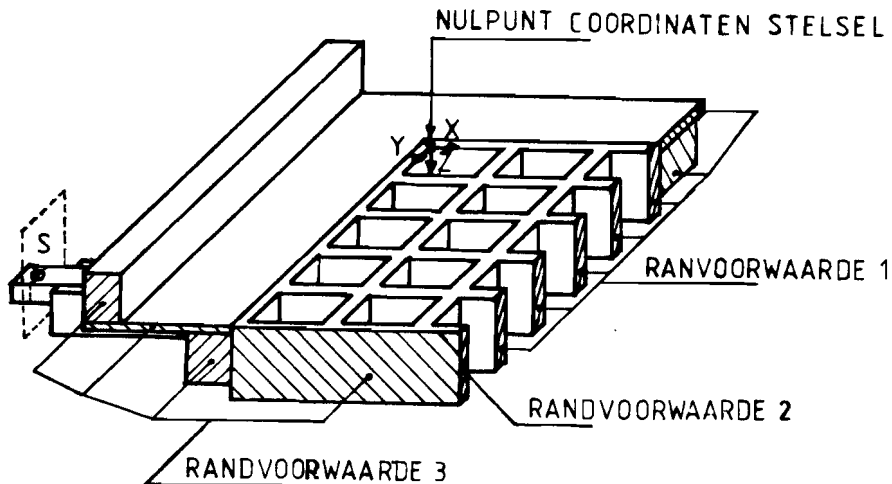
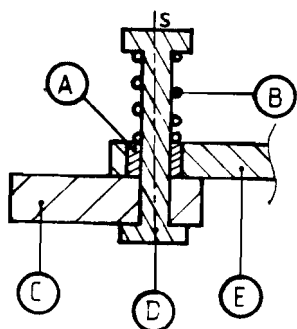


fig.18. Het rekenmodel

- randvoorwaarde 1 : alle verplaatsingen in de x-richting worden onderdrukt d.w.z nul gesteld
- randvoorwaarde 2 : alle verplaatsingen in de x en y-richting worden onderdrukt
- randvoorwaarde 3 : alle verplaatsingen in de y-richting worden onderdrukt
- randvoorwaarde 4 : de doorsnijding van vlak S met de maloor geeft het gebied aan waar de vormmal met de buitenwereld is verbonden. In dit gebied heersen speciale condities die apart behandeld zullen worden.

De ophanging van de maloor aan het frame van de stenenvormmachine zorgt voor een speciale moeilijkheid. De ophanging is n.l. noch een scharnierende noch een vaste inklemming. Figuur 19 laat een situatieschets van de ophanging zien.



De maloor **E** wordt verend bevestigd aan de ophanging **C** van de stenenvormmachine d.m.v. een bout **D** en een veer **B**. De bout ligt ingebed in een nylonhuls **A** die aan de maloor bevestigd is.

fig.19. Bevestiging maloor

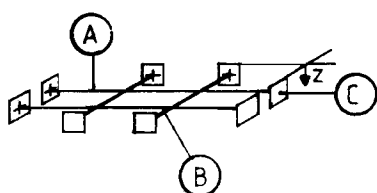
De ophanging van de maloor is in tegenstelling tot de constructie vrij slap. Men zou de ophanging in principe als een scharnier kunnen beschouwen. Het is echter veiliger de ophanging te zien als een inklemming in een elastische wand. Per pakket zal aangegeven worden welke soort inklemming gebruikt is.

3.3 - BEREKENINGEN MET MARC

a uitgangspunten

Het scheuren van de mal wordt in eerste instantie geweten aan het verschil in dragend vermogen van de inloop en dwarsstrippen waaruit het vormraster bestaat. Neemt men aan dat de omkasting stijver is dan het vormraster dan kan men grofweg stellen dat het raster in een wand is ingeklemd.

Figuur 20 laat zien hoe de gehele situatie er dan vereenvoudigd uit ziet. De belasting die op het raster werkt heeft als richting de positieve z-richting. De belasting zelf is konstant verdeeld over het raster.



De belasting per lengte-eenheid op strip A en B is dezelfde.

fig.20 vereenvoudigd raster

De inloopstrip B zal daar hij korter is dan de dwarsstrip A een hogere inwendige spanning te verduren krijgen dan A. Bij dezelfde verplaatsing in z-richting van hun gezamenlijk knooppunt is de vervorming in de kortere strip n.l. groter dus grotere vervormingen en ook grotere krachten en momenten in deze strip.

De werkelijke omkasting van de mal is niet oneindig stijf en moet daarom in het model reeel vertegenwoordigd worden. De interesse in dit deel van het onderzoek richt zich op de optredende momenten in de constructie. In de berekening is geen rekening gehouden met randeffekten en scheve buiging die kunnen optreden door de werkelijke geometrie van de mal.

b het model

De mal wordt gesimuleerd met behulp van staafelementen die aan elkaar gekoppeld kunnen worden. Figuur 21 toont zo'n staafelement.

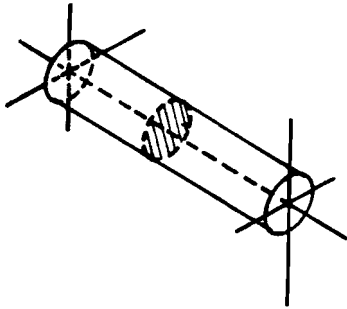


fig.21. Element 52

In de **MARC**-bibliotheek is dit element te vinden als element 52. Alle materiaal en geometriegegevens worden opgeslagen in dit element. De situering van de traagheidsassen is in de tekening aangegeven.

Het hele model van de mal ziet eruit volgens figuur 22. Het is een simpele benadering van de ruimtelijke structuur van de mal. Men kan met dit model echter al nagaan of het verschil in lengte van de dwarsstrips A en inloopstrips B de oorzaak voor het scheuren van de mal is.

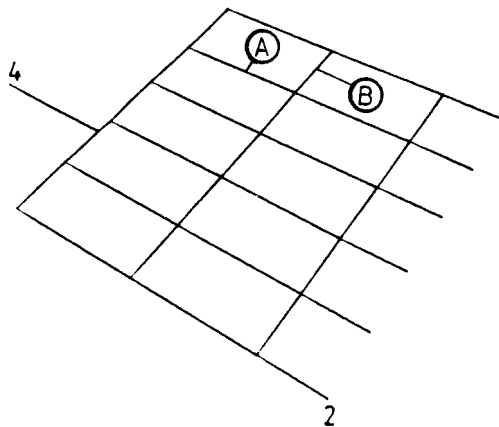


fig.22. Het MARC rekenmodel

De belasting op de omranding is arbitrair op 0.5 N/mm en die op het binnenliggende vormraster 1 N/mm gesteld

De randvoorwaarden die aan de mal zijn opgelegd zijn dezelfde als die in de paragraaf modelvorming onderdeel randvoorwaarden zijn opgesomd. Randvoorwaarde 4 is in deze berekening als stijve inklemming ingevoerd. Dit houdt in dat alle verplaatsingen en hoekverdraaiingen in dit gebied onderdrukt zijn.

c de uitkomsten

In figuur 23 zijn de uitkomsten van de berekening grafisch uitgezet op de plaats waar zij optreden. Het betreft hier torsiemomenten die op de omkasting werken en die veroorzaakt worden door de buigende momenten van het vormraster.

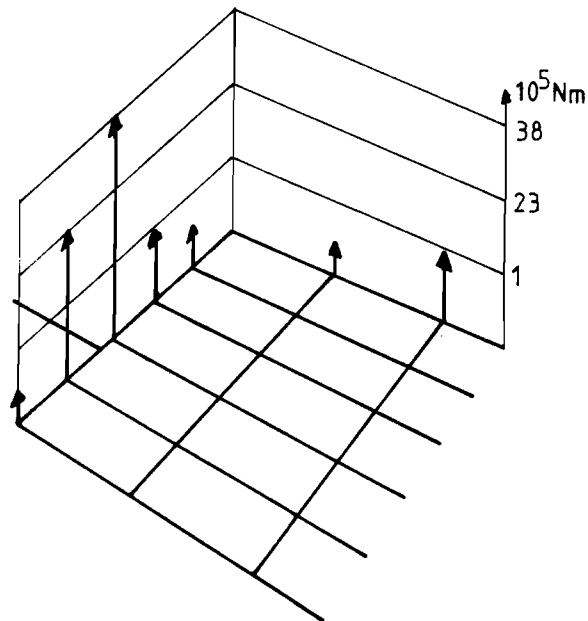


fig.23. Grafische weergave van torsiemomenten

Bij verhoging van de verdeelde belasting blijft de verdeling van de torsiemomenten gelijk, de grootte zal natuurlijk toenemen.

d konklusie

De grootste momenten, dus ook de grootste spanningen in de strips, treden op aan de dwarskant van de mal in de buurt van de maloor. Dit betekent dat de mal dus aan de dwarskant het eerst moet scheuren, daar de belasting hier het hoogst is. Het verschil in lengte van de vormrasterstrips is dus niet de oorzaak voor het scheuren van de mal.

Daar het echter om een simpel model van de werkelijke mal gaat kan het toch zijn dat bij verbetering van het model op de scheurplaatsen spanningspieken optreden, veroorzaakt door de ruimtelijke structuur van de mal. Om hier achter te komen moet men het model natuurgetrouwer maken door de mal als echt driedimensionaal objekt te modeleren.

3.4 - BEREKENINGEN MET IDEAS

a verbeteringen aan het model

De mal wordt nu als ruimtelijke structuur gezien, iets dat in het vorige gedeelte van het onderzoek niet is gedaan. De invloed van de afdekplaten wordt in rekening gebracht en er wordt gekeken naar de spanningsconcentraties die in de mal optreden.

b het model

De ruimtelijke structuur van de mal wordt benaderd m.b.v een drie dimensionaal element. Het element is een blok met langs de ribben de knooppunten. Deze knooppunten worden gebruikt voor het bepalen van de optredende belastingen en verplaatsingen. Tussen de knooppunten worden de verplaatsingen kwadratisch geïnterpoleerd.

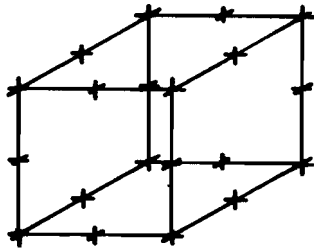


fig.24.Element 21

Hiernaast is een schets te zien van het gebruikte element. Een kwadratisch polynoom wordt toegepast vanwege het feit dat bij een konstantverdeelde belasting op constructie deze een kwadratisch verlopend verplaatsingsveld zal hebben. Een kwadratisch polynoom zorgt dus voor een goede benadering van dit veld.

Voor verdere informatie over het element wordt verwezen naar de MARC of IDEAS handleiding.

De belasting die in het model is aangebracht op het vormraster en de omkasting bedraagt 1.5 N/mm. Dit betekent dat er met een foute randbelasting is gewerkt. De goede belasting op de omranding is n.l 0.75 N/mm. Ook hier is de belasting wederom arbitrair gekozen.

De foute belasting is in het uiteindelijke model wel veranderd. Het is echter niet meer mogelijk geweest een berekening met het goede model door te voeren. Dit vanwege het feit, dat voor deze berekening een aanzienlijke hoeveelheid vrij beschikbare geheugenruimte op de komputer aanwezig moet zijn. Vanwege de drukte op het systeem was die er niet.

De verplaatsingen die aan het model zijn opgelegd zijn dezelfde als in de paragraaf modelvorming, onderdeel randvoorwaarden, aan de orde zijn geweest. Dit echter met uitzondering van randvoorwaarde 2 en 4.



fig.25.

Randvoorwaarde 2

Het vlak waar randvoorwaarde 2 wordt aangebracht ligt op de plaats waar de twee symmetrie-assen, die de mal in vier stukken verdelen, elkaar snijden. Figuur 18 laat deze situatie zien.

Figuur 25 geeft de situatie weer die in het model optreedt. De pijlen in de tekening geven aan dat de verplaatsingen in de aangegeven richting onderdrukt zijn.

Lijn 1 geeft de plaats aan waar de symmetrie-assen elkaar snijden. Alle verplaatsingen u, v en w in respectievelijk de x, y en z-richting zijn nul.

Op lijn 2 en 3 zijn alle verplaatsingen u in de x-richting onderdrukt d.w.z nul. De lijnen 1, 2 en 3 geven de plaats aan waar de knooppunten van de randelementen liggen.

Voor de doorsnijding van vlak S met de maloor, dit is randvoorwaarde 4, werden twee verschillende randvoorwaarden ingevoerd. De werkelijke inklemming is n.l elastisch, dit is in de berekening echter niet te simuleren.

Er is gekozen voor een berekening met een starre inklemming en een met een scharnierende. De werkelijke uitkomsten bij de belasting liggen dan tussen de spanningen berekend met de eerste soort inklemming en die berekend met de tweede.

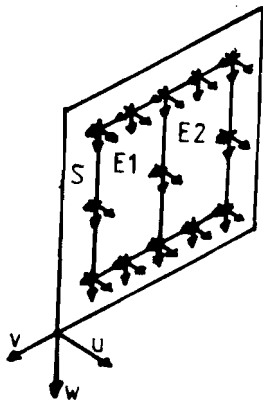


fig.26

Eerste inklemming vlak S

De eerste inklemming die gebruikt is, is een starre inklemming. Figuur 26 laat deze inklemming zien. Alle knooppuntverplaatsingen u , v en w in de x , y en z -richting van de elementen E1 en E2 zijn onderdrukt, dus nul.

Deze randvoorwaarde is bij de eerste berekening gebruikt.

De tweede inklemming die gebruikt is gaat ervan uit dat de mal op een lijn opgelegd is en dat de elementen vrij kunnen uitwijken in de x en y -richting. De verplaatsingen u en v zijn vrij voor het bovenste gebied. Figuur 27 laat zien hoe de knooppuntsverplaatsingen onderdrukt zijn.

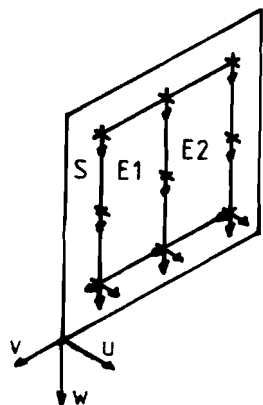


fig.27

tweede inklemming vlak S

Op de onderste rand van de elementen E1 en E2 zijn alle verplaatsingen u , v en w in de x , y en z -richting onderdrukt. De boven de onderste lijn gelegen knooppunten krijgen enkel de verplaatsingen in z -richting onderdrukt, w is hier dus nul.

De overige invoer bestaat uit de elasticiteitsmodulus $E = 2,1 \cdot 10^5$ N/mm² en de konstante van poisson = 0,3.

c de berekeningsresultaten

De uitvoer van het pakket IDEAS bestaat uit spannings en verplaatsingsplots. Deze plots zijn alle in de bijlage te zien. De interesse bij de spanningsplots gaat uit naar de hoogst optredende spanning bij de overgang van vormraster naar omkasting.

Figuur 28 laat zien van welk vlak de spanningslijnen zijn getekend. Dit vlak is de doorsnijding van strip A met vlak S. Het vlak d is de overgang van strip naar omkasting. De spanningen die in dit vlak optreden zijn bepalend voor de spanningen die de las te verwerken krijgt.

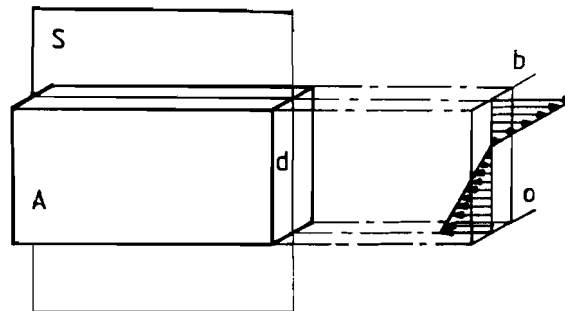


fig.28. Het plotvlak

De doorsnijding van het vlak d met het vlak waarin de spanningslijnen zijn getekend geeft het gebied aan dat ons interesseert. De uitslag in de tekening geeft globaal het verloop van de berekende spanningen weer. Aan de boven en onderkant van de strip treden de hoogste spanningen op. In de tekening zijn deze aangegeven met b en o.

Voor de overzichtelijkheid is gekozen voor een presentatie in tabelvorm die alleen de spanningen aan de boven en onderkant van de strip laat zien. De strips in deze tabel zijn benoemd naar de kant waarin ze in de omkasting overgaan, dus dwarsstrip en inloopstrip. De nummering van de strips gebeurt vanaf de hoek waar de inloop en dwarskant van de omkasting elkaar ontmoeten. De beide aanliggende strips krijgen n.r 1.

De eerste berekening is gemaakt met een vaste oplegging en een konstant verdeelde belasting van 1.5 N/mm. De spanningen die berekend zijn staan loodrecht op de kleinste dwarsdoorsnede van de strip. Tabel 1 laat de optredende spanningen zien van de strips die met de omkasting zijn verbonden.

Tabel 1

| | dwarsstrip | | | | | inloopstrip | |
|-------|------------|----|-----|-----|----|-------------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 |
| boven | -135 | 43 | -44 | 24 | 70 | 33 | 55 |
| onder | 55 | 80 | 220 | 159 | 70 | -25 | -42 |

We zien dat de optredende spanningen het hoogst zijn bij de dwarskant van de mal. Om na te gaan of dit bij een andere oplegging ook het geval is wordt de tweede berekening uitgevoerd met een scharnierende oplegging.

Bij de tweede berekening wordt alleen gekeken naar dwarsstrip 3 en inloopstrip 2. Dit vanwege het feit dat bij de eerste berekening in dwarsstrip 3 de hoogste trekspanning aan de dwarskant optrad en in inloopstrip 2 de hoogste trekspanning aan de inloopkant.

Tabel 2

| | | spanningen | | | | | | | | |
|---------------|-------|------------|-------|-------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|
| | | s_x | s_y | s_z | s_{xy} | s_{yz} | s_{zx} | s_1 | s_2 | s_3 |
| inloopstrip 2 | | | | | | | | | | |
| | boven | -123 | 100 | 34 | 0 | 10 | 7 | 85 | 26 | -143 |
| | onder | 153 | -78 | -43 | 15 | 1 | 1 | 131 | -41 | -61 |
| dwarsstrip 3 | | | | | | | | | | |
| | boven | -300 | -20 | -25 | 11 | -15 | -2 | 215 | -28 | -320 |
| | onder | 310 | 15 | 32 | -10 | 4 | 50 | 340 | 25 | 153 |

d konklusie

De berekeningen laten zien dat bij de dwarsstrips een trekspanning optreedt aan de onderkant van de strip. Bij de inloopstrips treedt een trekspanning op aan de bovenkant.

Verder blijkt dat in de dwarsstrips een grotere trekspanning optreedt dan in de inloopstrips. Dit betekent dat de mal aan de dwarskant in moet scheuren als de oorzaak de statische belasting is.

De dubbele aangenomen belasting op de rand van het vormraster zal ervoor zorgen dat de berekende spanningen in sommige strips te hoog uitvallen. Dwarsstrip 3 zal echter, ook wanneer men de goede belasting op de rand zet, hoger belast blijven dan inloopstrip 2.

Dit komt door omdat dwarsstrip 3 direkt aan de maloor bevestigd is. Deze strip gedraagt zich hierdoor stijver dan de rest van de strips van het vormraster. Doordoor zal deze strip een groot deel van de belasting dragen.

In de spaningsplots die gemaakt zijn (zie bijlage) is te zien dat aan de onderkant van de strips, bij de overgang naar de omkasting, de spanningslijnen opeens wegvallen. Wanneer we naar de onderkant van de omkasting kijken, dan zien we dat de enige ondersteuning die de strips ontvangen, gerealiseerd wordt door een 8 mm dikke strip. In figuur 29 is dit gebied fijn gearceerd.

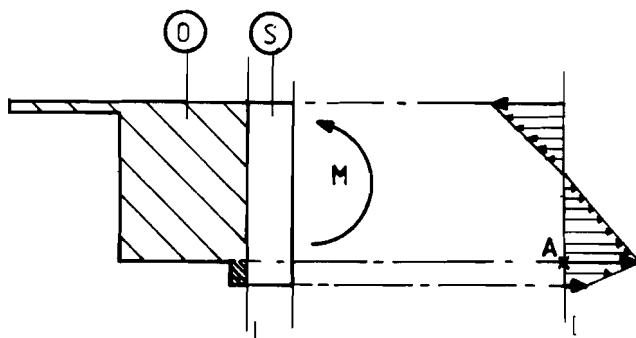


fig.29. Het werkelijke spanningsverloop

Het werkelijke spanningsverloop zal er uitzien zoals hierboven is geschetst. De spanningen die hier getekend zijn treden op bij de overgang van omkasting (O) naar strip (S). De lijn 1 geeft dit gebied weer.

De maximale spanning treedt dus niet op aan de onderkant van de strip doch in de strip c.q las zelf. Het vorige is in te zien als men als voorbeeld een trekstaaf langs de omtrek infreest. In figuur 30 is dit weergegeven.

De concentratie van de spanningslijnen bepaalt de hoogte van de optredende spanningen. We zien in de tekening dat de buitenhoeken geen of bijna geen spanning te verduren krijgen. Zoiets zal ook in de mal optreden.

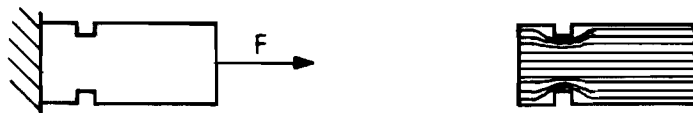


fig.30. Spanningsverloop bij een trekstaaf

Dat dit niet in de berekening tot uiting komt ligt aan het feit dat de elementenverdeling in het fijn gearceerde gebied, dat in figuur 29 is aangegeven, te grof is. Het bestaat n.l maar uit een element. De grote spanningsverschillen die in dit gebied optreden kunnen vermoedelijk niet goed berekend worden door een element.

Verfijning van de elementenverdeling in dit gebied is daarom gewenst. Dit is in dit onderzoek niet meer gedaan vanwege hetzelfde feit waarom ook geen berekeningen met het goede model zijn uitgevoerd, de vrije geheugencapaciteit op de komputer was n.l te klein.

Het voorgaande betekent dat aan de onderkant van de omkasting naar vormrasterstrip nooit scheurvorming zal optreden onder invloed van welke belasting dan ook. De grotere elasticiteit van de ondersteuning in dit gebied zorgt ervoor dat er aan de onderkant geen hoge spanningen opgebouwd kunnen worden in de strip c.q las.

Aan de bovenkant van de overgang omkasting-vormrasterstrip is de situatie anders. Men vindt hier geen overgang van een stijve ondersteuning naar een meer elastische. Hier kunnen zich dus wel hoge spanningen opbouwen.

Scheurvorming treedt op aan de bovenkant van de overgang omkasting naar vormraster omdat de las hier slechts aan een kant door materiaal gesteund wordt. Wanneer men zorgt dat de spanningen aan de bovenkant niet hoog kunnen oplopen dan zal de levensduur van de las verhoogd worden.

Wanneer men tabel 1 bekijkt dan zien we dat er twee plaatsen zijn waar aan de bovenkant van de strip een hoge spanning optreedt. De twee strips zijn dwarsstrip 5 en inloopstrip 2 met spanningen van respectievelijk 70 en 55 N/mm².

Dit betekent dat de las bij dwarsstrip 5 het hoogst belast wordt en dus het eerst moet scheuren. Dit gebeurt echter niet vanwege het feit dat bij de berekeningen die doorgevoerd konden worden met het model de belasting op deze strip 1.5 N/mm bedroeg terwijl dit 0.75 N/mm had moeten zijn.

De werkelijke spanningen die in de dwarsstrip zullen optreden moeten dus lager zijn. Het is dus waarschijnlijk dat in de inloopstrip 2 de hoogste trekspanning optreedt en dat hier dus scheurvorming in eerste instantie zal optreden.

Men kan aannemen dat het scheuren van de lassen, die de vormrasterstrips met met de omkasting verbinden, veroorzaakt wordt door het verschil in konstruktie tussen de boven en onderkant van de omkasting, bij de overgang omkasting naar vormrasterstrips.

Aan de onderkant van de vormrasterstrip zal n.l nooit veel spanning opgebouwd kunnen worden vanwege het feit dat de stijfheid van de omkasting hier laag is. Aan de bovenkant is de omkasting stijver hetgeen inhoudt dat de spanningen hier hoog kunnen oplopen.

In de berekeningen is verder nog te zien dat de inklemming van de mal een grote invloed heeft op de optredende spanningen in de vormrasterstrips.

Bij een starre inklemming is de spanning op inloopstrip 2 een faktor $(100/55) = 1.9$ lager terwijl de spanningen in de dwarsbalk een faktor $(32/22) = 1.4$ lager is dan de optredende spanning bij een scharnierende inklemming. Door de inklemming dus zo star mogelijk te maken kan men de optredende spanningen in de vormrasterstrips verkleinen.

4 - OPLOSSINGEN

Om scheurvorming te voorkomen of te vertragen zijn twee oplossingen mogelijk. Deze zijn :

- de maloren star inklemmen
- de bovenkant van de overgang omkasting naar vormrasterstrips veranderen

De eerste oplossing, het star inklemmen van de maloren, wil ik alleen aanstippen vanwege de volledigheid. Aan deze methode kleven n.l twee nadelen. Deze zijn :

- De maloor krijgt een grotere belasting te verduren als men hem star inklemt. De belasting kan zo'n vorm aannemen dat er overbelasting optreedt en de maloor faalt.
- De bevestiging van de maloren aan de machine moet aangepast worden. Dit betekent dat dit onderdeel van de stenenvormmachine veranderd moet worden. Alle oude in omloop zijnde machines inclusief de machines van de concurrentie moeten aangepast worden wil men deze oplossing gebruiken.

Het enige voordeel van deze oplossing is dat de mal niets veranderd hoeft te worden.

De tweede oplossing, de bovenkant van de overgang omkasting naar vormrasterstrip veranderen, is een oplossing die ervan uit gaat dat men de zelfde overgang aan de bovenkant moet scheppen als nu aan de onderkant van de overgang bestaat.

Aan de onderkant van de mal treedt n.l geen scheurvorming op. Dit betekent, daar de belasting aan de onderkant effectief afgetopt wordt, dat de konstruktie van de overgang hier beter is. Figuur 31 laat zien hoe de oplossing eruit ziet.

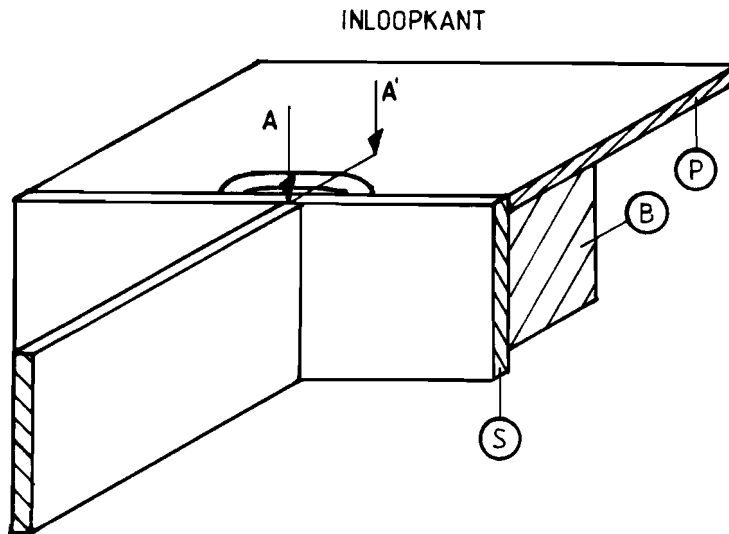


fig.31. Nieuwe konstruktie in/uitloopkant

De oplossing houdt in dat men de afdekplaat P eenvoudig infreest bij de overgang, waar de vormrasterstrips de strip van de omkasting S ontmoeten. Figuur 32 laat een doorsnede zien.

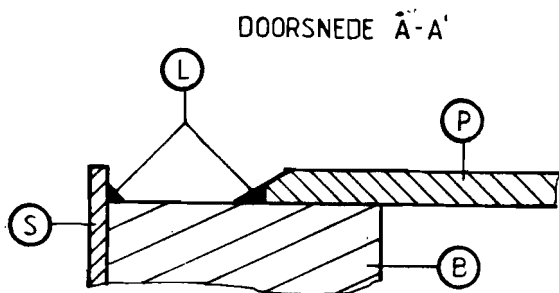


fig.32. Doorsnede oplossing

De afdekplaat loopt niet meer door tot aan de omkastingstrip S. De situatie aan de overgang omkasting vormrasterstrip is nu dezelfde als aan de onderkant. De optredende randbelastingen worden hier nu ook afgetopt.

Dit vanwege het feit dat de stijfheid aan de bovenkant van de overgang omkasting vormrasterstrip nu lager is, er is dus minder spanningsopbouw mogelijk.

De lassen L moeten langs de hele konstruktie aangebracht worden en dienen om het beton te verhinderen tussen de verschillende onderdelen te dringen en op deze manier een wig te vormen die de delen uit elkaar drukt. Inplaats van de konstruktie te lassen kan men ook met kit werken om de afdichting te bewerkstellen. Dit heeft tevens het voordeel dat er geen extra lasspanningen geïntroduceerd worden.

Aan deze oplossing zijn twee nadelen verbonden. Deze zijn :

- Het beton zal in het gat, dat ontstaan is door de afdekplaat in te frezen, achterblijven. De hoeveelheid beton die in het gat achterblijft is niet noemenswaardig daar de diepte van het gat slechts 8 mm is. Tijdens het trillen zal de beton er uitgegrild worden. Het gat reinigt zich zelf op deze manier. Dit komt o.a door de schuine lassen of kitvoeg die ervoor zorgen dat de beton niet in een hoek kan blijven plakken.

- Kiezel die in het gat terecht komt kan zorgen voor stootbelasting als de bewegende vulwagen de kiezel probeert mee te slepen. We hebben echter al gezien dat dit op andere strips geen uitwerking heeft dus in dit geval is de stootbelasting ook verwaarloosbaar.

In feite blijkt dus dat de optredende nadelen niet van belang zijn voor het functioneren van de konstruktie. Daarom kan de tweede oplossing als een simpele en doeltreffende oplossing gezien worden. Men kan deze oplossing makkelijk in de praktijk testen op deugdelijkheid en de aanpassingen en kosten die voor deze konstruktieve verandering van de mal nodig zijn zijn goedkoop en eenvoudig uit te voeren.

5 - NAWOORD

Het onderzoek geeft geen duidelijke aanwijzing dat de statische belasting de scheuroorzaak is. Toch kan men, met de uit het onderzoek verkregen resultaten, al veranderingen aan de mal doorvoeren. Uit het onderzoek komt n.l naar voren dat aan de onderkant van de mal de hoogste trek en drukspanningen optreden.

Wanneer de mal bij de dynamische belasting hetzelfde vervormingsprofiel heeft als bij de statische belasting dan zullen aan de onderkant van de mal weer de hoogste spanningen optreden. De mal moet dus onder invloed van deze hoge spanningen het eerst scheuren aan de onderkant

Daar dit niet gebeurt kan men aannemen dat aan de onderkant van de mal de spanningen niet zo hoog oplopen als uit de berekeningen blijkt. Dat de spanningen hier niet hoog oplopen is alleen te danken aan de speciale ondersteuning van de vormrasterstrips. Een andere oorzaak is naar mijn mening niet relevant daar de voorwaarden, zoals materiaaltoestand en interne spanningen in de strips, aan de boven en onderkant hetzelfde zullen zijn.

Men kan nogmaals **E.E.M** berekeningen uitvoeren met de verfijnde mesh en de goede belasting. Op de bijgeleverde tape staat al de gehele mesh zonder verfijning, deze moet men even aanbrengen hetgeen een werk van ongeveer twee dagen is. Men kan nu direkt kijken of de geopperde theorie korrekt is.

Men moet wil men de berekeningen doorvoeren wel afspraken maken met het rekencentrum m.b.t vrij beschikbare geheugencapaciteit. Met het oude model was de benodigde ruimte ongeveer 170.000 blocks, met het nieuwe model zal dit meer zijn men moet dan rekenen op 250.000 blocks. Deze moeten vrij beschikbaar zijn anders loopt het programma vast. De benodigde rekentijd zal ongeveer 9 uur cpu bedragen, dit betekent dat men bij on-line gebruik kan rekenen op een rekentijd van 14 uur.

Verder kan men de geopperde veranderingen aan de mal doorvoeren en kijken of deze effectief zijn. Is dit het geval dan is het niet interessant of de statische belasting de oorzaak is of niet, het probleem is dan toch verholpen. Daar de kosten die gemaakt moeten worden om de mal te veranderen klein zijn is dit de beste en goedkoopste methode. Een nadeel is echter dat men een tijd moet wachten voordat men zekerheid heeft of de oplossing werkt.

Past men deze laatste manier toe, dan moet men wel weten wat de faaltijd van de oude mal is. Men moet dus aan elke producent vragen om dit bij te houden zodat men weet of de nieuwe mal inderdaad beter is als de oude. Dus getalswaarden verzamelen over de gebruiksduur van de mal tot het falen van deze.

- BIJLAGE -

- A1 - MESH VAN DE MAL
- A2 - VERPLAATSINGSPLOTS VAN DE MAL
- A3 - SPANNINGSPLOTS BIJ VASTE INKLEMMING VAN DE MALOREN
- A4 - SPANNINGSPLOTS BIJ SCHARNIERENDE INKLEMMING VAN DE MALOREN

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

25-MAY-87 09:42:43

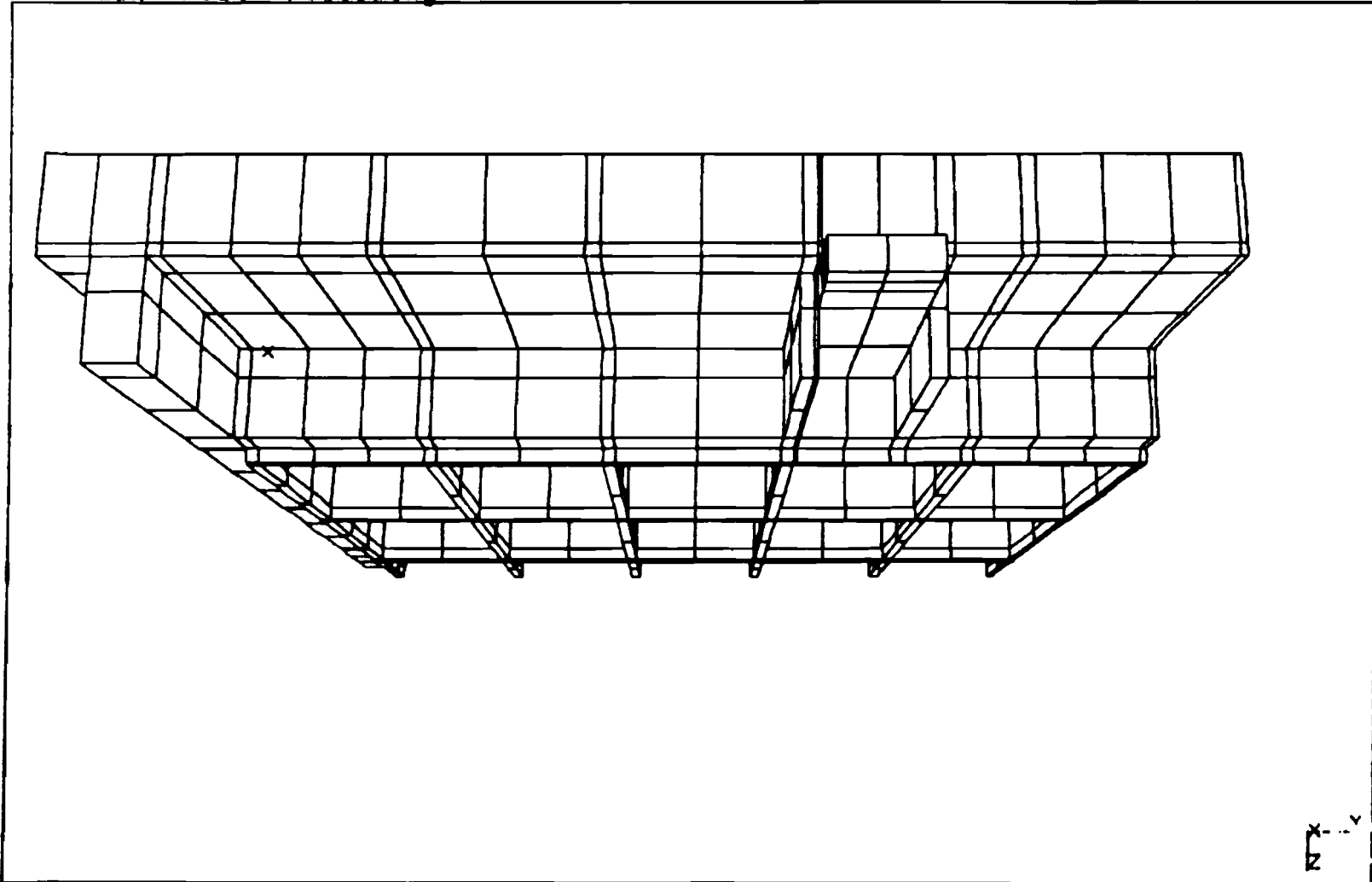
DATABASE: MAL

UNITS = MM

VIEW: No stored VIEW

DISPLAY: No stored OPTION

Task: Post Processing



SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

25-MAY-87 10:17:05

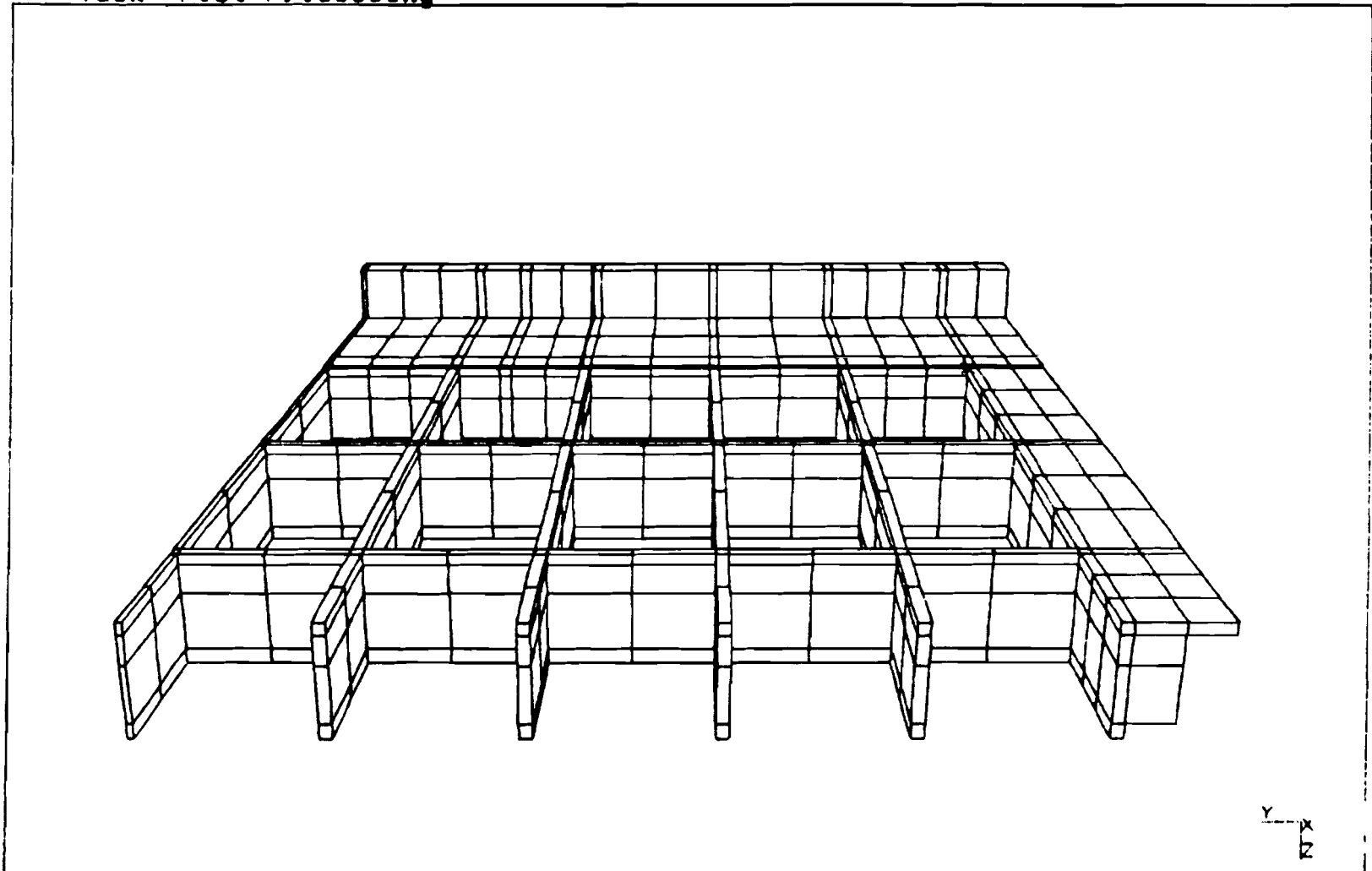
DATABASE: MAL

UNITS = MM

VIEW: No stored VIEW

DISPLAY: No stored OPTION

Task: Post Processing



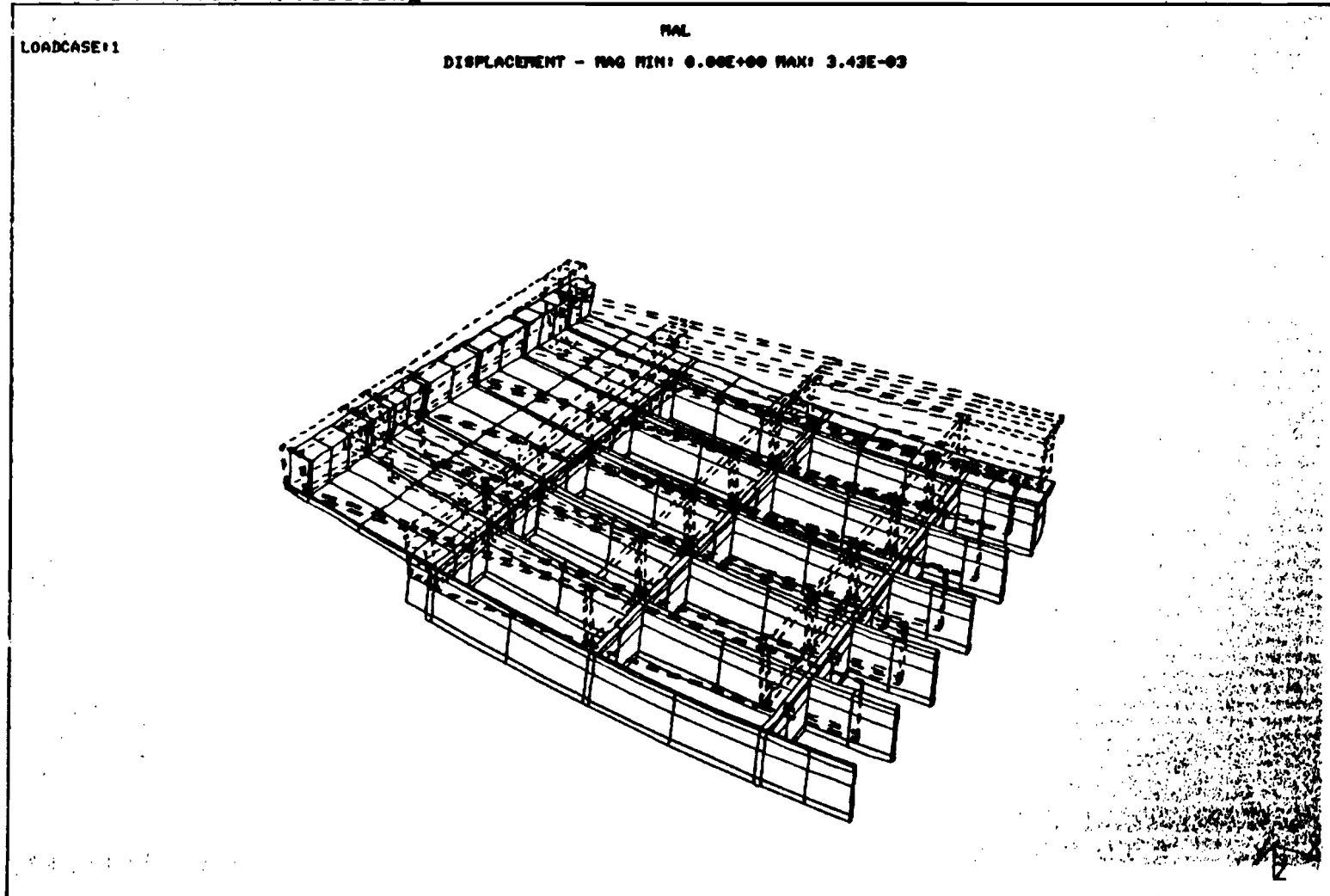
A2 - VERPLAATSINGSPLOTS VAN DE MAL

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

21-MAY-87 20:42:50

DATABASE: MAL
VIEW: No stored VIEW
Task: Post Processing

UNITS - MM
DISPLAY: No stored OPTION

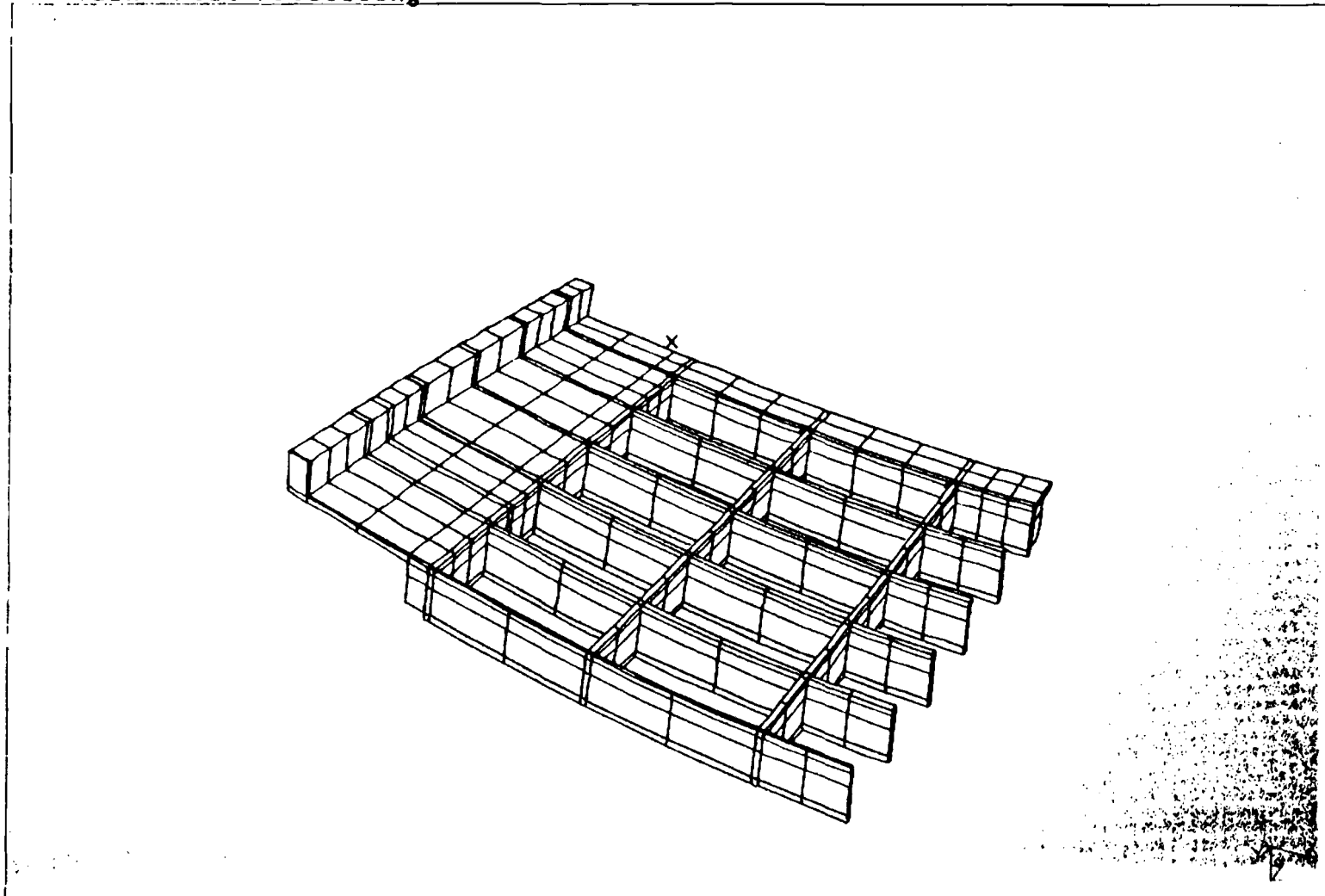


SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

21-MAY-87 20:42:50

DATABASE: MAL
VIEW: No stored VIEW
Task: Post Processing

UNITS - MM
DISPLAY: No stored OPTION



SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

25-MAY-87 10:56:16

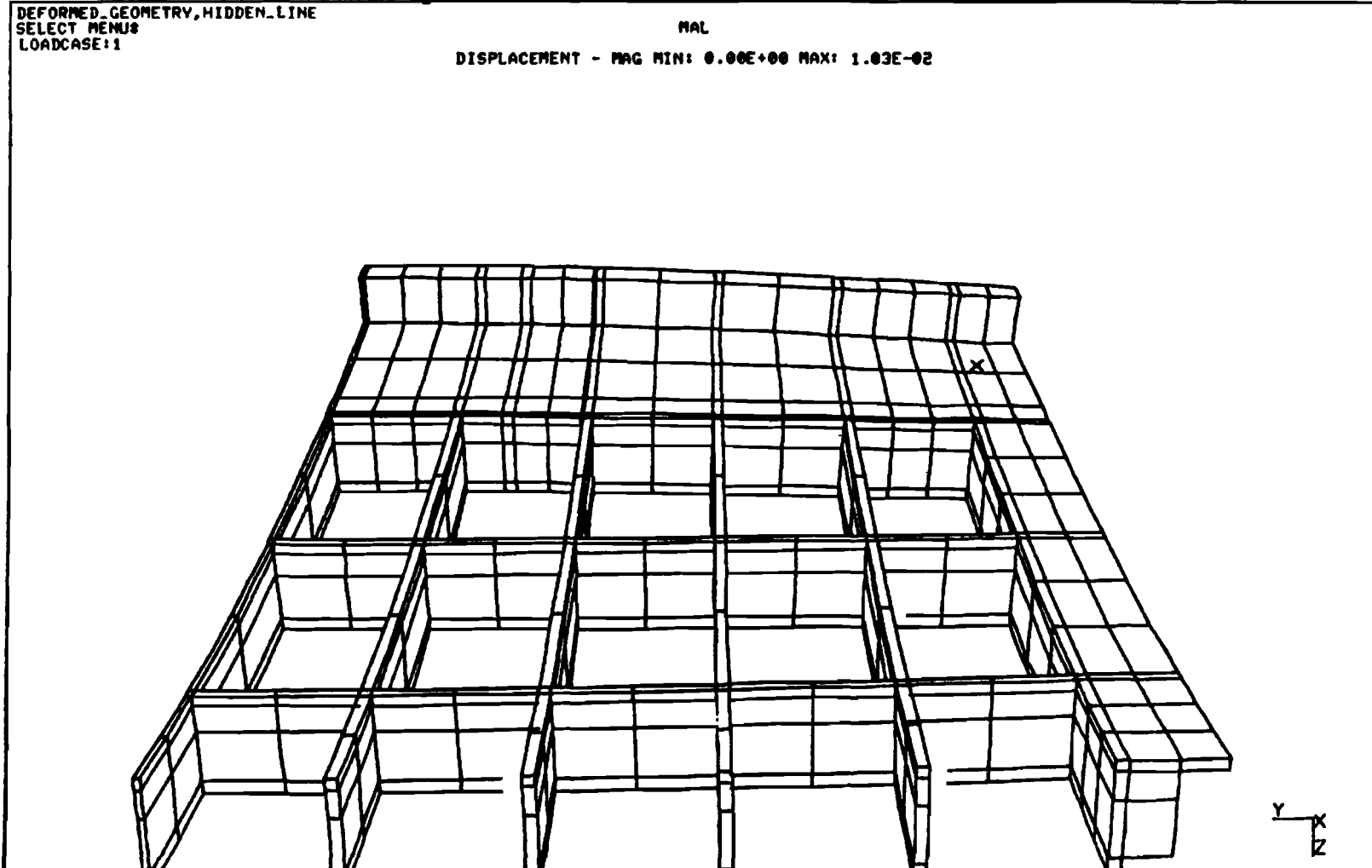
DATABASE: MAL

VIEW: No stored VIEW

Task: Post Processing

UNITS = MM

DISPLAY: No stored OPTION



SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

26-MAY-87 20:25:20

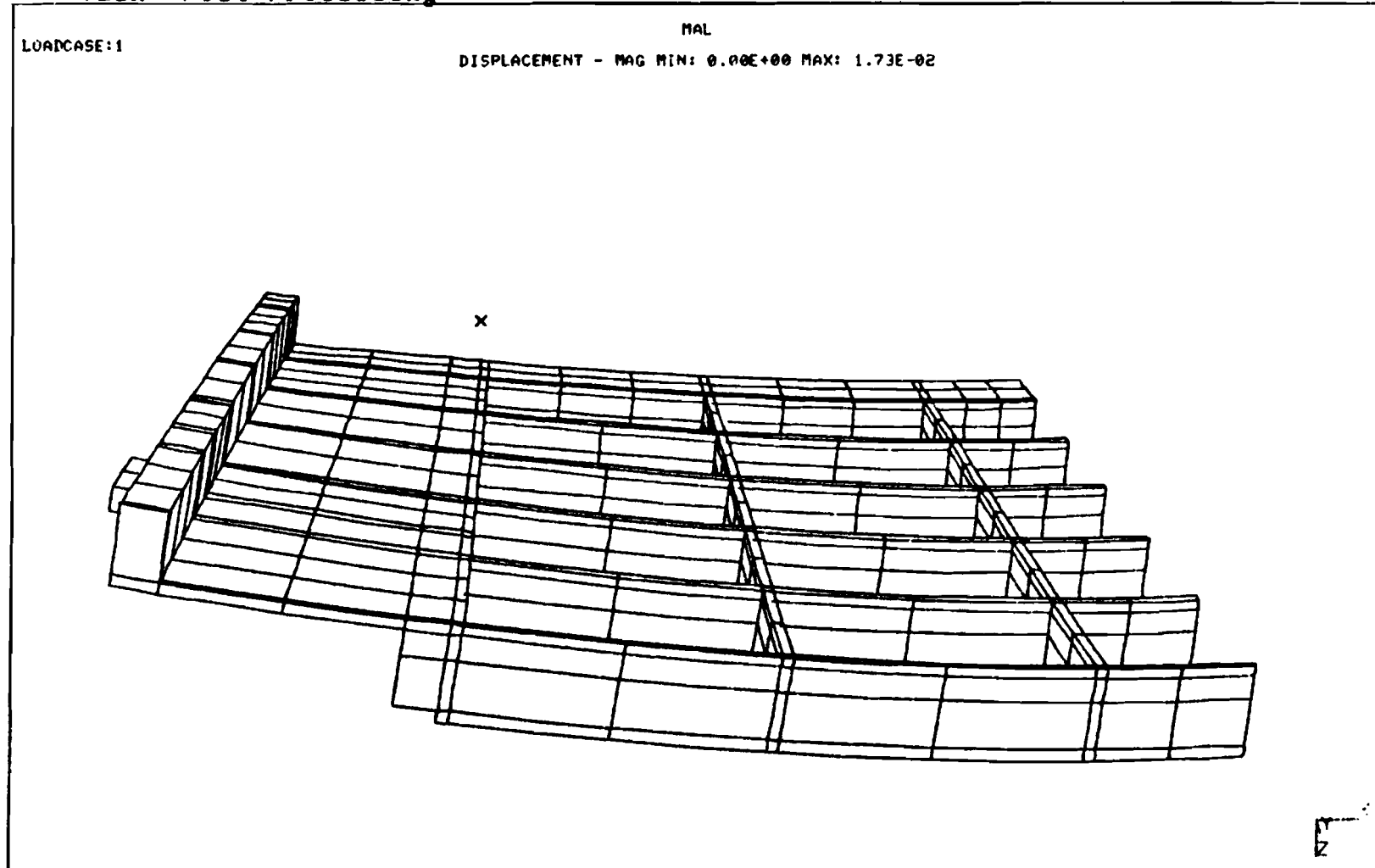
DATABASE: MAL

UNITS = MM

VIEW: No stored VIEW

DISPLAY: No stored OPTION

Task: Post Processing



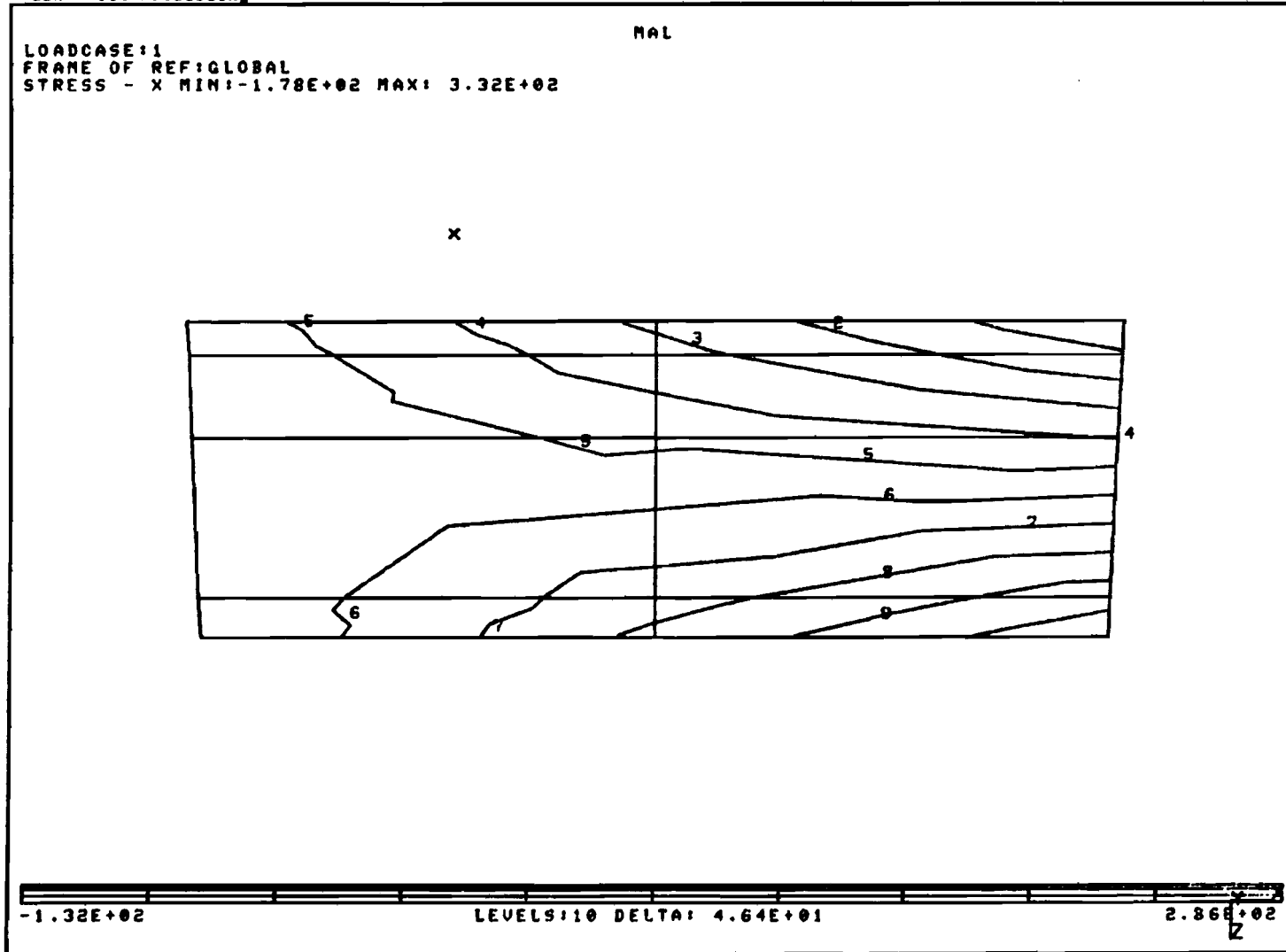
A3 - SPANNINGSPLOTS BIJ VASTE INKLEMMING MALOREN

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

25-MAY-87 08:30:29

DATABASE: MAL
VIEW: No stored VIEW
Task: Post Processing

UNITS - MM
DISPLAY: No stored OPTION



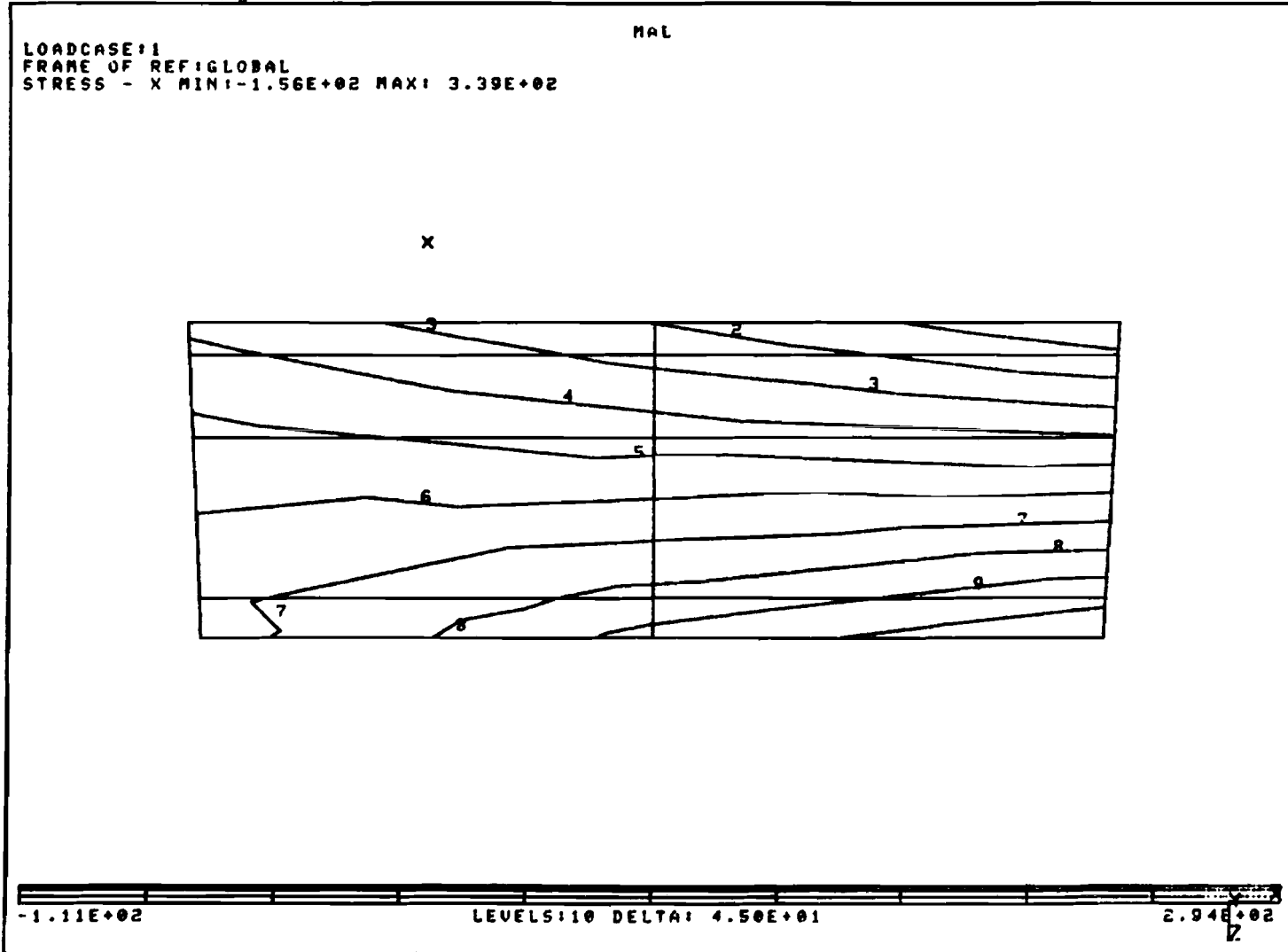
DWARS 5

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

25-MAY-87 08:20:18

DATABASE: MAL
VIEW: No stored VIEW
Task: Post Processing

UNITS - MM
DISPLAY: No stored OPTION



DVAR 4

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

25-MAY-87 08:16:21

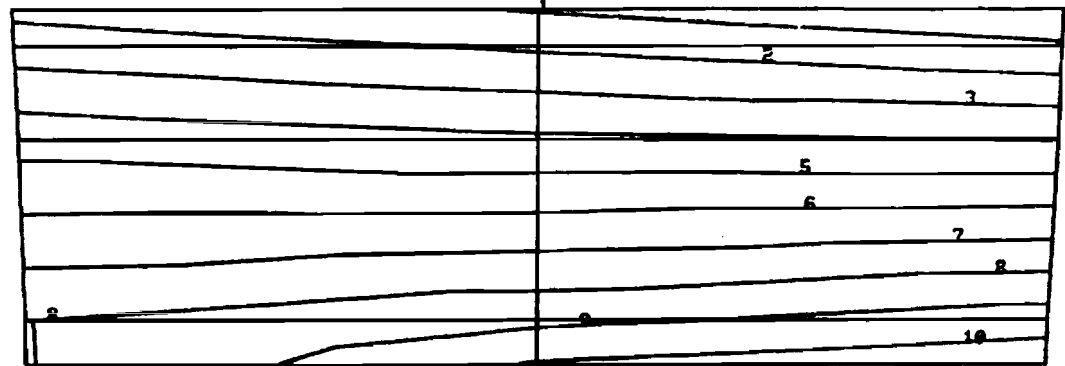
DATABASE: MAL
VIEW: No stored VIEW
Task: Post Processing

UNITS - MM
DISPLAY: No stored OPTION

MODEL: LOADCASE: 1 FILE
SELECT: TYPE OF REF: GLOBAL
STRESS - X MIN: -1.32E+02 MAX: 3.43E+02

MAL

x



-8.86E+01

LEVELS: 10 DELTA: 4.32E+01

3.00E+02

Z

DWARS 3

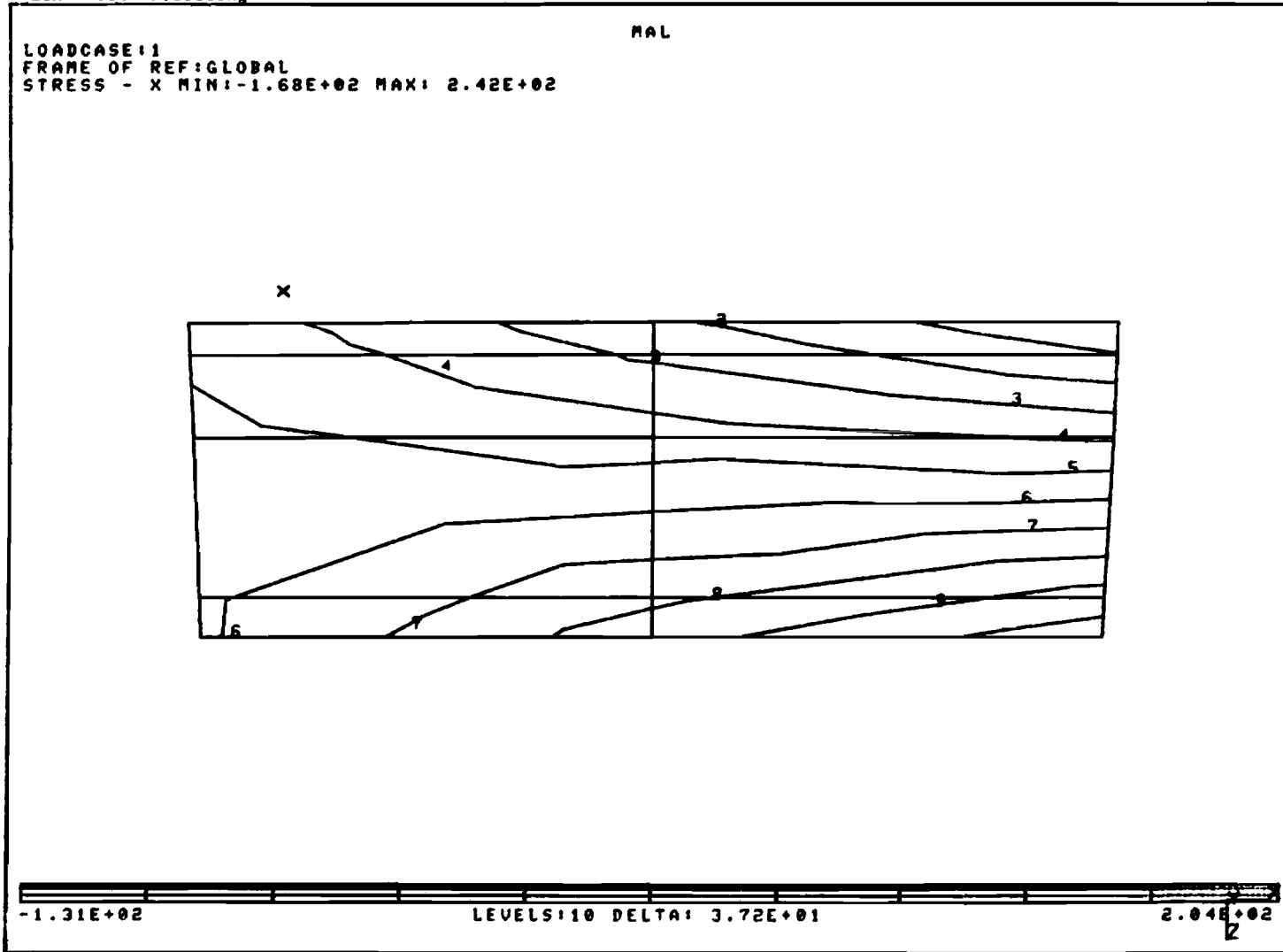
A3.3

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

25-MAY-87 08:08:57

DATABASE: MAL
VIEW: No stored VIEW
Task: Post Processing

UNITS - MM
DISPLAY: No stored OPTION



DWARS 1

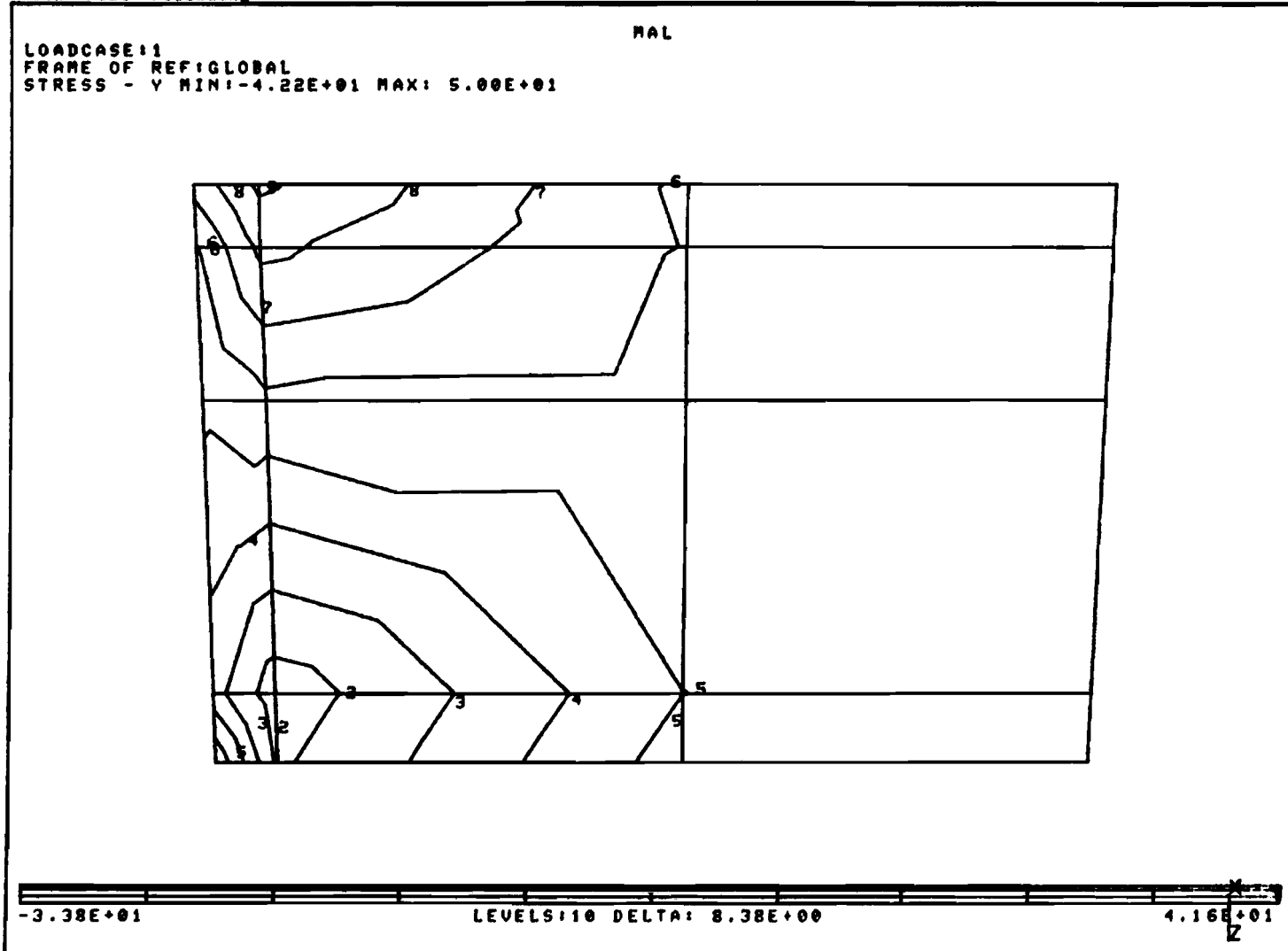
A3.5

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

25-MAY-87 08:36:53

DATABASE: MAL
VIEW: No stored VIEW
Task: Post Processing

UNITS - MM
DISPLAY: No stored OPTION



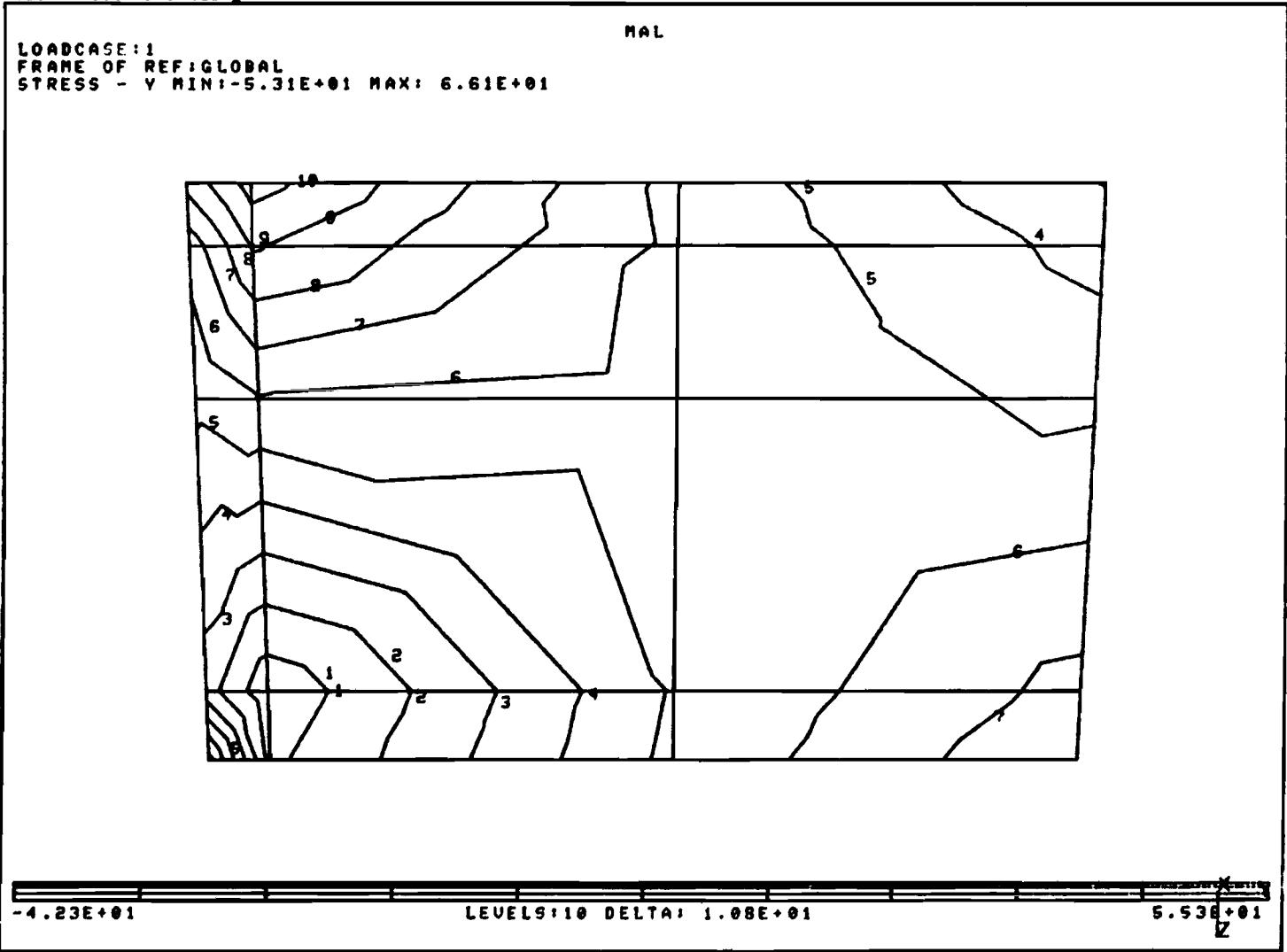
INLOOP 1

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

25-MAY-87 08:41:00

DATABASE: MAL
VIEW: No stored VIEW
Task: Post Processing

UNITS - MM
DISPLAY: No stored OPTION



INLOOP 2

A3.7

A4 - SPANNINGSPLOTS BIJ SCHARNIERENDE INKLEMMING MALOREN

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

29-MAY-87 19:16:50

DATABASE: DUARS3

UNITS - MM

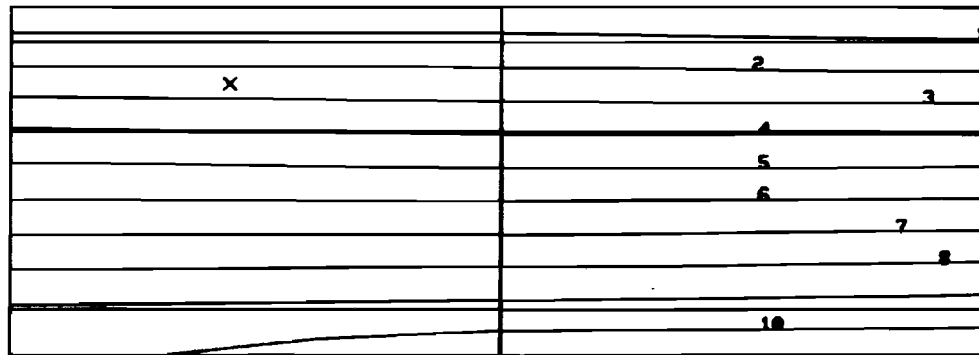
VIEW:UOORAANZICHT (modified)

DISPLAY:No stored OPTION

Task: Post Processing

LOADCASE:1
FRAME OF REF:GLOBAL
STRESS - X MIN:-3.53E+02 MAX: 4.47E+02

REL

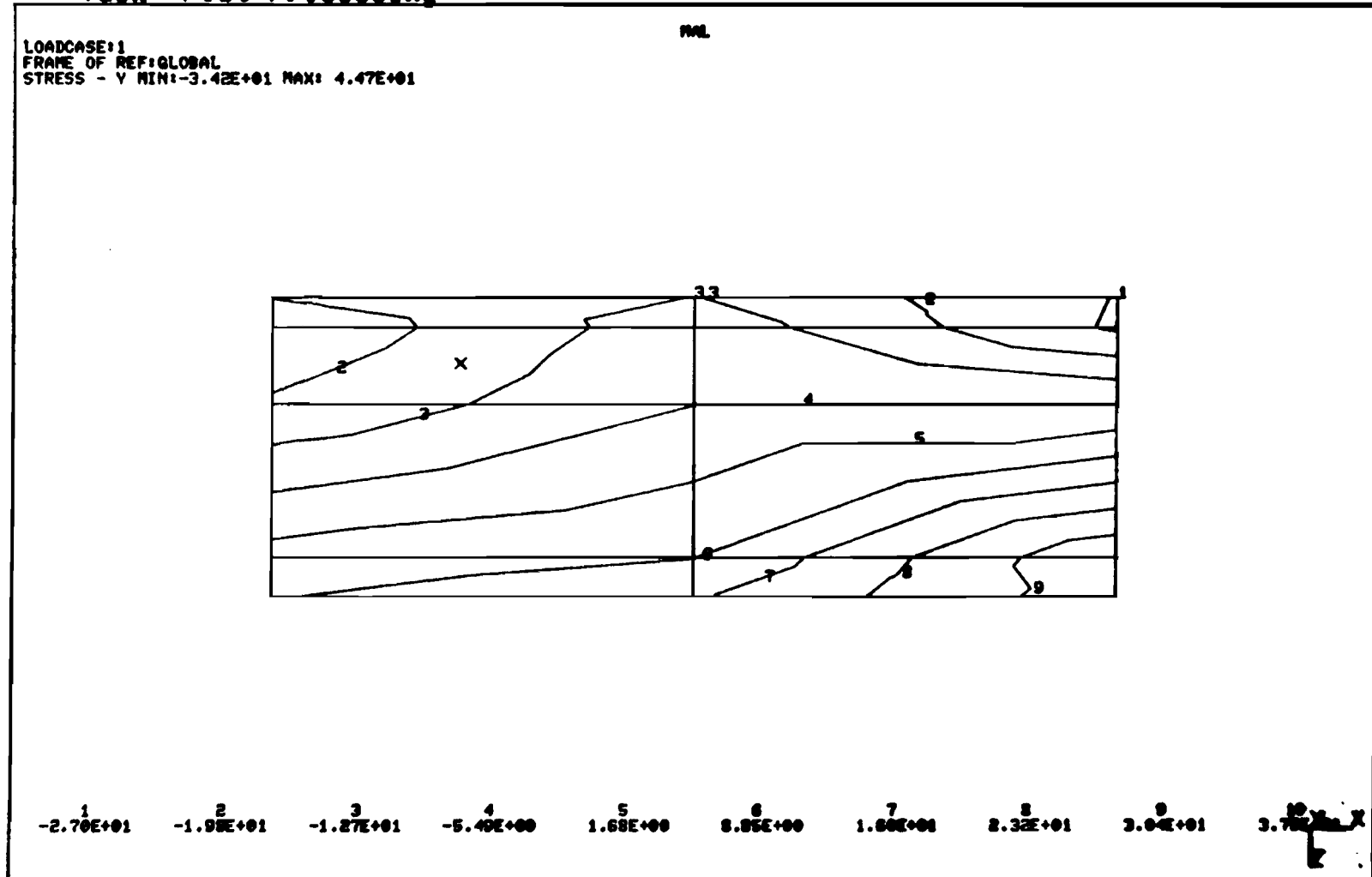


| | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| -2.80E+02 | -2.07E+02 | -1.30E+02 | -6.20E+01 | 1.07E+01 | 8.34E+01 | 1.56E+02 | 2.25E+02 | 3.00E+02 | 3.74E+02 |

2

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing
DATABASE: DWARS3
VIEW:UOORAANZICHT (modified)
Task: Post Processing

29-MAY-87 19:18:18
UNITS - MM
DISPLAY:No stored OPTION

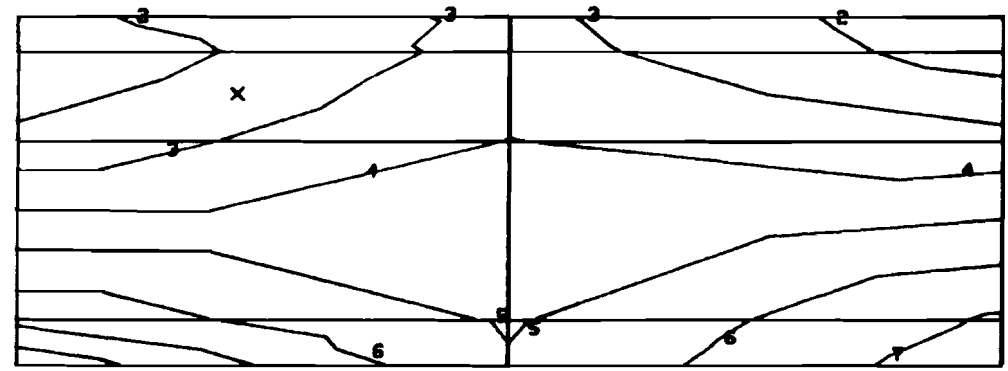


SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing
DATABASE: DWARS3
VIEW:VOORAAZICHT (modified)
Task: Post Processing

29-MAY-87 19:19:12
UNITS - MM
DISPLAY: No stored OPTION

LOADCASE:1
FRAME OF REF:GLOBAL
STRESS - Z MIN:-3.88E+01 MAX: 6.61E+01

PKL



1 -2.93E+01 2 -1.97E+01 3 -1.00E+01 4 -6.43E-01 5 8.90E+00 6 1.84E+01 7 2.80E+01 8 3.75E+01 9 4.71E+01 10 5.65E+01

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

29-MAY-87 19:20:37

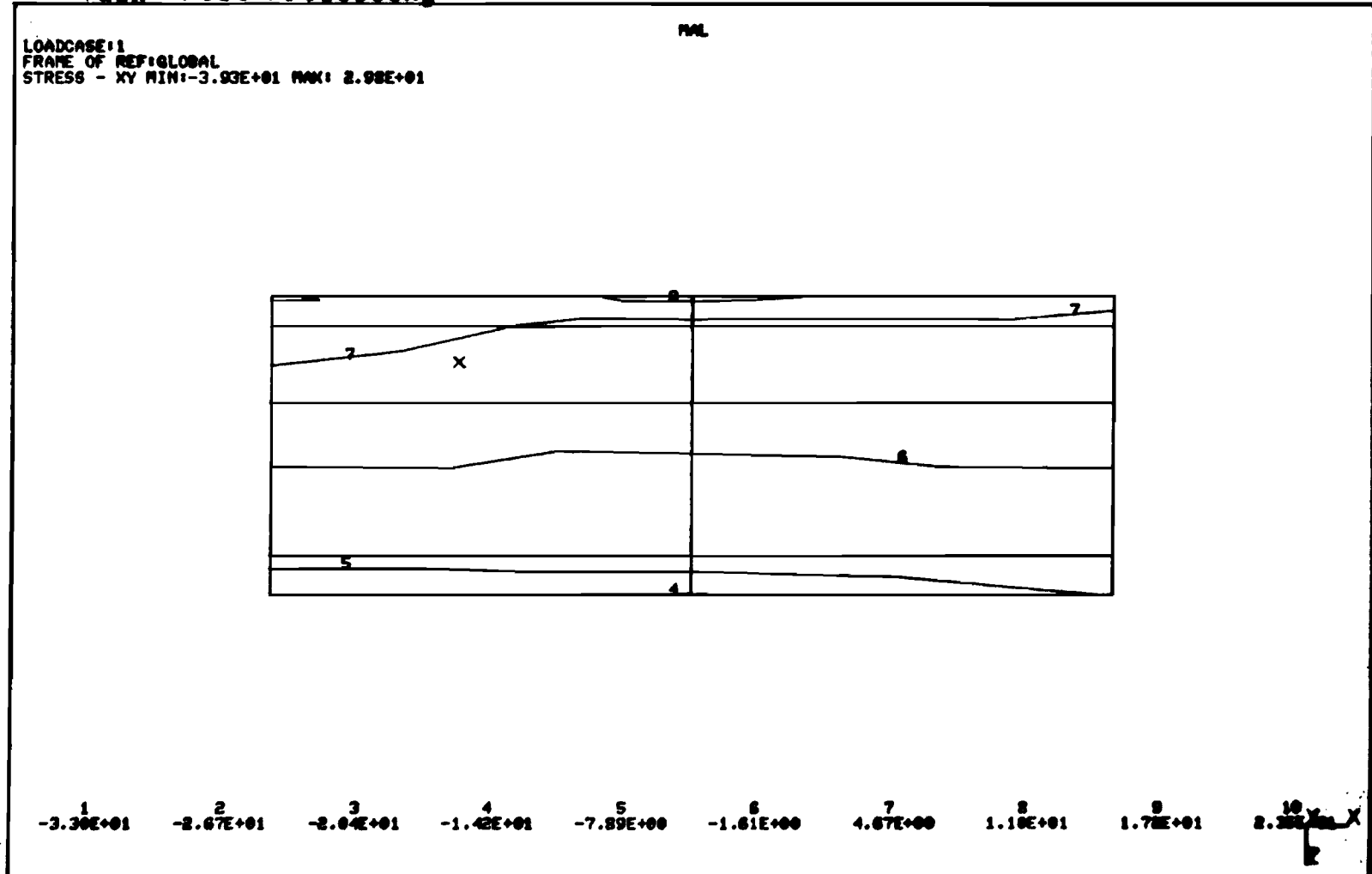
DATABASE: DWARS3

VIEW:VOORAANZICHT (modified)

UNITS: MM

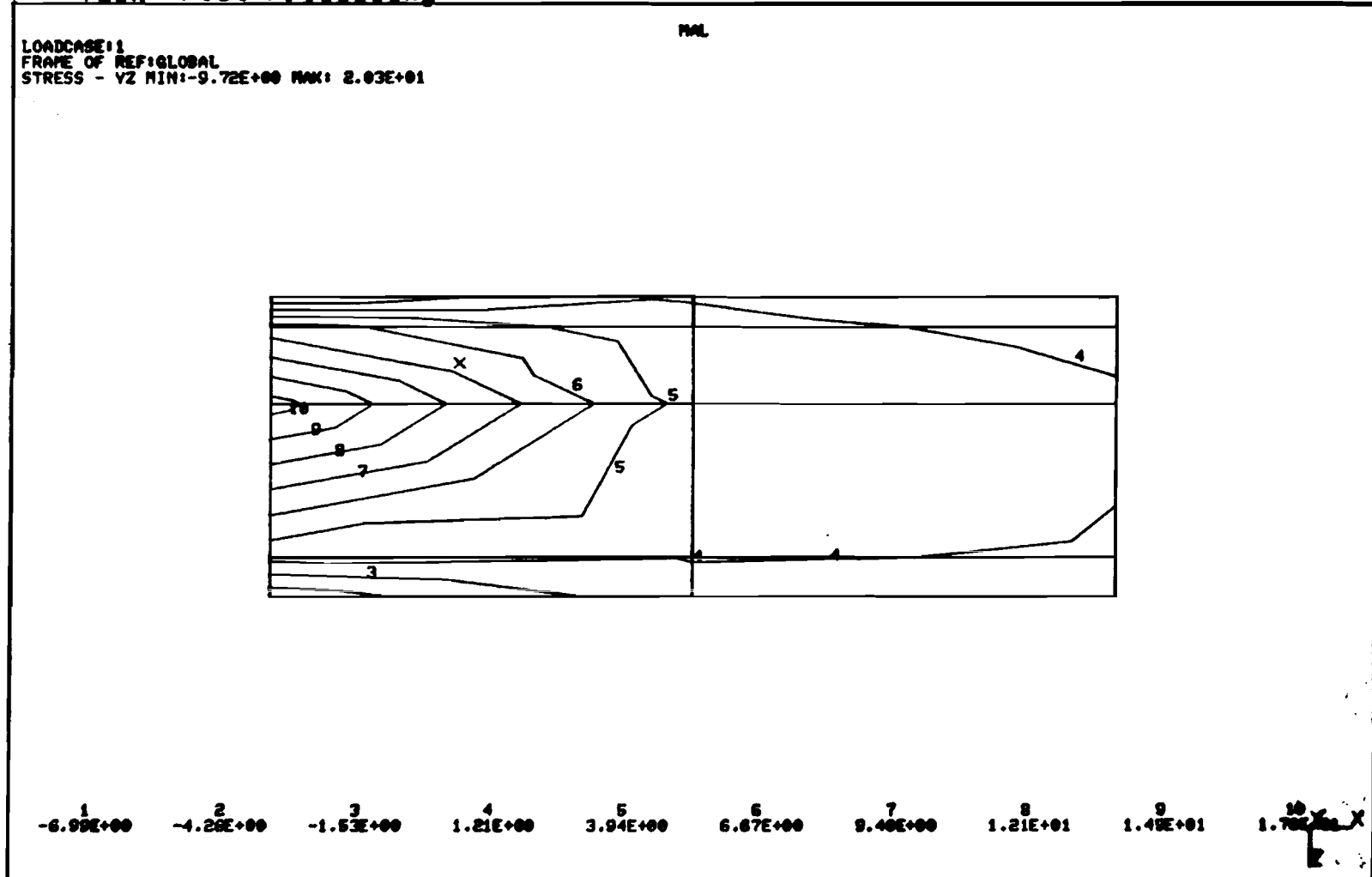
DISPLAY: No stored OPTION

Task: Post Processing



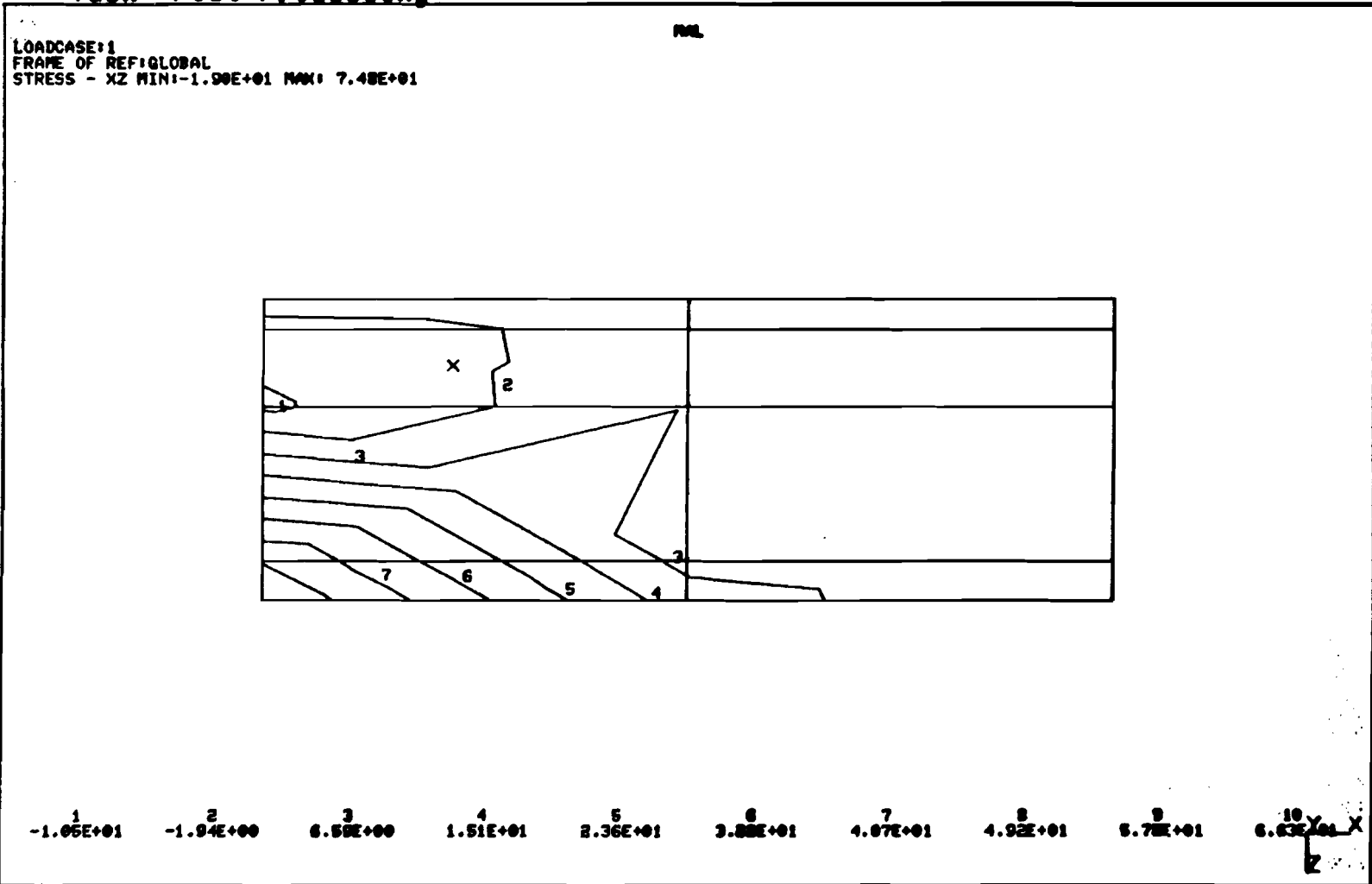
SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing
DATABASE: DUARS3
VIEW:VOORAANZICHT (modified)
Task: Post Processing

29-MAY-87 19:23:19
UNITS - MM
DISPLAY:No stored OPTION



SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing
DATABASE: DWARS3
VIEW: VOORAAZICHT (modified)
Task: Post Processing

29-MAY-87 19:22:09
UNITS - MM
DISPLAY: No stored OPTION



SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

29-MAY-87 18:48:32

DATABASE: INLOOP2-443

UIE0:ZIJAANZICHT (modified)

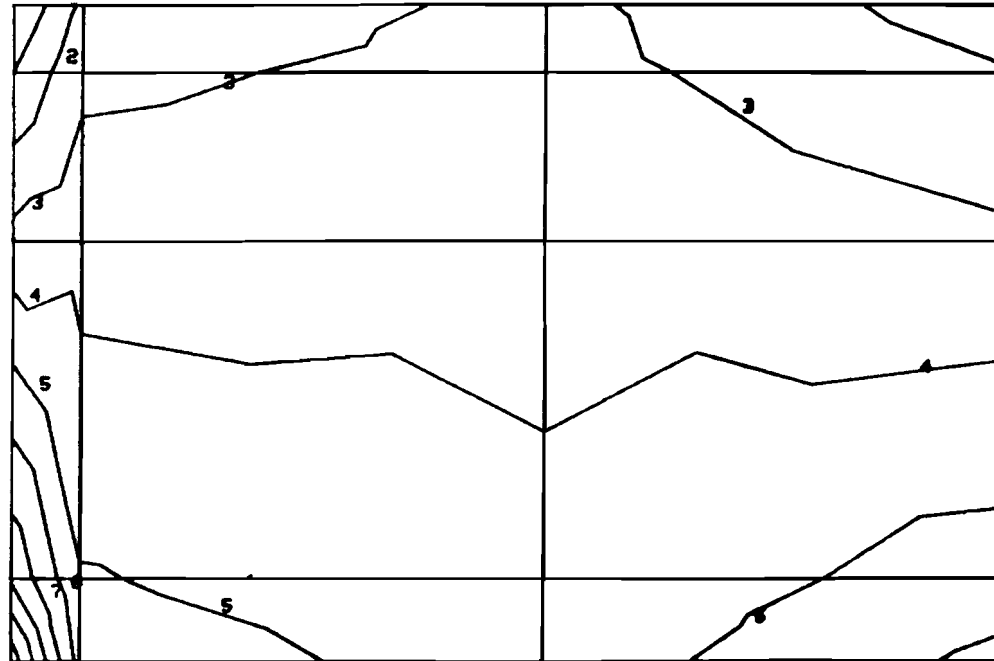
UNITS - MM

DISPLAY: No stored OPTION

Task: Post Processing

CONTOUR CUTTING_PLANE_DI
LOADCASE:1
FRAME OF REF:GLOBAL
STRESS - X MIN:-2.62E+02 MAX: 4.99E+02

MM



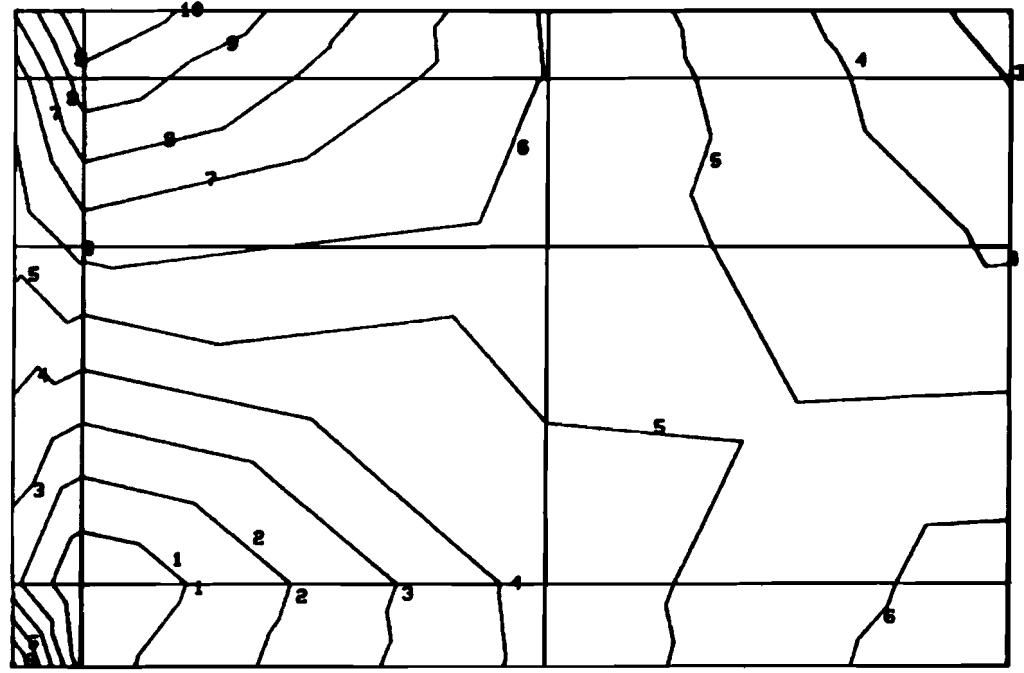
-1.93E+02 -1.23E+02 -5.43E+01 1.48E+01 8.40E+01 1.53E+02 2.82E+02 2.91E+02 3.61E+02 4.30E+02

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing
DATABASE: INLOOPS-443
VIEW: ZIJAANZICHT (modified)
Task: Post Processing

29-MAY-87 18:46:01
UNITS - MM
DISPLAY: No stored OPTION

LOADCASE: 1
FRAME OF REF: GLOBAL
STRESS - Y MIN: -7.79E+01 MAX: 1.00E+02

MM



1 -6.17E+01 2 -4.58E+01 3 -2.94E+01 4 -1.38E+01 5 3.01E+00 6 1.98E+01 7 3.54E+01 8 5.10E+01 9 6.79E+01 10 8.39E+01

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

29-MAY-87 18:49:27

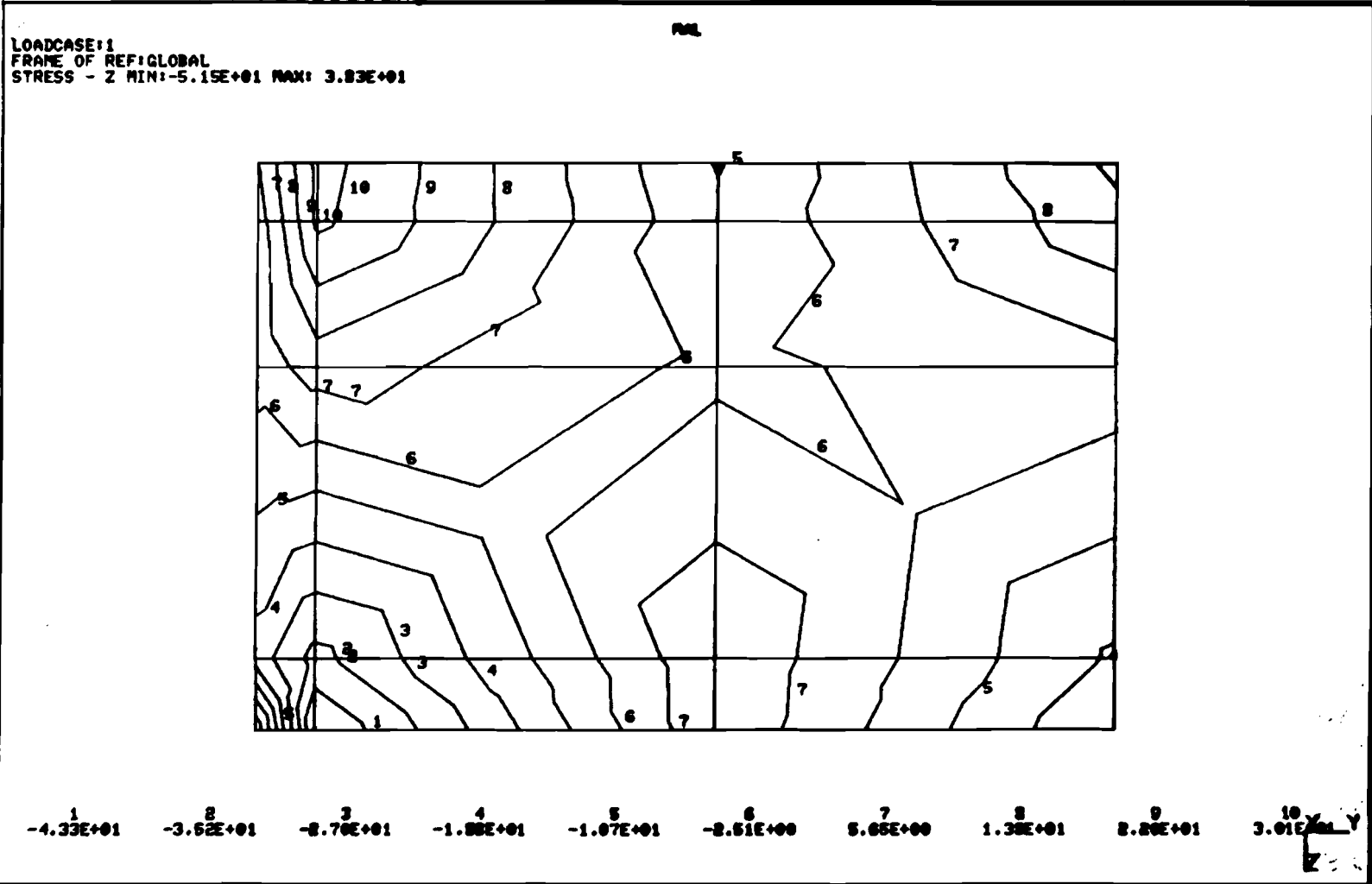
DATABASE: INLOOP2-443

VIEW: ZIJAANZICHT (modified)

UNITS - MM

DISPLAY: No stored OPTION

Task: Post Processing



14.9

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

29-MAY-87 18:50:36

DATABASE: INLOOP2-443

UNITS - MM

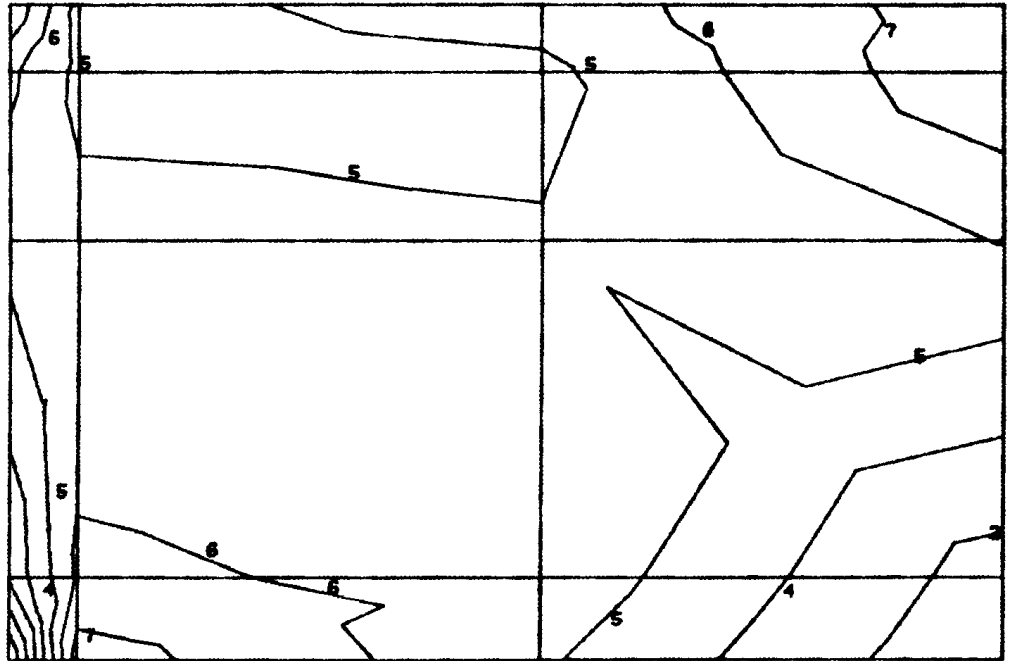
VIEW: ZIJAANZICHT (modified)

DISPLAY: No stored OPTION

Task: Post Processing

CONTOUR, CUTTING_PLANE_DISPLA, FREE_FACE
SELECT MENU
LOADCASE: 1
FRAME OF REF: GLOBAL
STRESS - XY MIN: -3.81E+01 MAX: 4.68E+01

MM



1 -2.29E+01 2 -1.58E+01 3 -7.61E+00 4 2.72E-02 5 7.66E+00 6 1.53E+01 7 2.29E+01 8 3.08E+01 9 3.81E+01 10 X Y Z

SDRC I-DEAS 3.4A: Pre/Post Processing

29-MAY-87 18:52:47

DATABASE: INLOOP2-443

VIEW: ZIJANZICHT (modified)

UNITS - MM

DISPLAY: No stored OPTION

Task: Post Processing

