

MINISTERUL ÎNVĂȚĂMĂNTULUI  
UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE CONSTRUCȚII

596. 680  
125 G

Ing. VALENTIN DRUZENCO

CONTRIBUȚII LA ALCĂTUIREA ȘI CALCULUL  
STRUCTURILOR DIN BARE CU EFORTURI  
INITIALE

TEZA DE DOCTORAT

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

Conducător științific  
prof.dr.ing. ALEXANDRU IOAN CARABA

TIMIȘOARA 1994

**Motto:** În ciuda tuturor  
slăbiciunilor, trebuie să credem  
că există în noi ceva nobil care  
într-o zi va triumfa, altminteri n-  
ar mai merita osteneala să trăim”

**J. GREEN**

## CUPRINS

	Pag
1. ELEMENTE GENERALE SI DE DEFINIRE A DOMENIULUI CERCETAT	6
1.1. Informații bibliografice existente la nivelul anului 1993 în literatură, în domeniul de cercetare	6
1.1.1. Efecte de legătură la rezervoare	6
1.1.2. Efecte de legătură la îmbinări cu suduri în relief	8
1.1.3. Efecte de legătură în pretensionare cu conlucrare	8
1.1.4. Efecte de legătură la grinziile căilor de rulare și grinziile de contrafrânare.	9
1.2. Definirea domeniului și a sferei de cuprindere a tezei de doctorat.	10
1.3. Principii fundamentale și legi de bază care guvernează domeniul cercetat.	10
1.3.1. Ipoteze în privința materialelor	10
1.3.2. Noțiunea de subbară	11
1.3.3. Ipoteze de bară	12
1.4. Interferența domeniului tezei de doctorat cu practica proiectării și execuția elementelor și structurilor din oțel alcătuite din bare.	12
2. MODELAREA FIZICA	14
2.1. Materiale folosite și caracteristici fizico-mecanice ale acestora	14
2.2. Ipoteze admise și legi fizice aplicate în cercetarea pe model	15
2.2.1. Ipoteze admise	15
2.2.2. Legi fizice	16
2.3. Alcătuirea modelelor fizice și testarea lor	16
2.4. Analiza și interpretarea rezultatelor	21
3. FORMULAREA MATEMATICA SI DEDUCEREA RELATIILOR PRELIMINARE DE CALCUL	27
3.1. Legi și teoreme care guvernează calculul	27
3.2. Principii și teoreme admise în privința materialelor	27
3.3. Formularea teoriei matematice pentru fenomenul studiat. Deducerea relațiilor preliminare de calcul	31
3.3.1. Incadrarea matematică a fenomenului studiat	31
3.3.2. O metodă de integrare numerică cu noduri fixe (varianta 1)	33
3.3.3. Determinarea polinoamelor de interpolare Lagrange-iană pentru sistemele de noduri fixe $A_{3,3}; A_{4,4}; A_{5,5}$ .	36
3.3.4. O metoda de integrare numerica cu noduri fixe (Varianta 2)	40
3.3.5. Model matematic- realitate fizică	47

	Pag
3.4.Determinarea relațiilor preliminare de calcul pentru diagramele de eforturi pe bara ca structură static nedeterminată pe baza formulării teoriei matematice	[57]
3.4.1.Calculul diagramelor de eforturi pentru bara alcătuită din două subbare	[57]
3.4.1.1.Ipoteze și faze de calcul	[57]
3.4.1.2.Aplicarea fazelor de calcul folosind polinomul de interpolare Lagrange-iană $P_2(x)$	[62]
3.4.1.3.Aplicarea fazelor de calcul folosind polinomul de interpolare Lagrange-iană $P_3(x)$	[67]
3.4.1.4.Aplicarea fazelor de calcul folosind polinomul de interpolare Lagrange-iană $P_{4,5}(x)$	[72]
3.5.Concluzii	[79]
4. ELABORAREA TEORIEI PENTRU ALCĂTUIREA SI CALCULUL BARELOR SI A STRUCTURILOR DIN BARE CU EFORTUEI INIȚIALE DE CONLUCRARE	[80]
4.1.Alcătuirea barelor și a structurilor din bare	[80]
4.1.1.Alcătuirea barelor	[81]
4.1.2.Alcătuirea nodurilor structurilor din bare cu eforturi inițiale de conlucrare	[83]
4.2.Procedee de introducere a eforturilor inițiale de conlucrare în bare	[86]
4.3.Ipoteze admise pentru deducerea relațiilor finale de calcul	[87]
4.4.Formularea teoriei de calcul a barelor și a structurilor din bare cu eforturi inițiale de conlucrare	[88]
4.4.1.Aspecte generale	[88]
4.4.2.Calculul diagramelor de eforturi pe subbare	[88]
4.4.3.Influența proprietăților materialului de conlucrare asupra stării de eforturi din bara cu conlucrare solicitată axial centric	[122]
4.4.4.Legi admise pentru deducerea relațiilor finale de calcul	[174]
4.5.Rigidizarea barelor cu conlucrare solicitate axial	[171]
4.6.Calculul capacității portante a barei cu eforturi inițiale de conlucrare, solicitată la întindere centrică	[176]
4.7.Calculul capacității portante a barei cu eforturi inițiale de conlucrare, solicitate la compresiune centrică	[171]
4.7.1.Aspecte speciale ale barei cu conlucrare solicitată la compresiune centrică	[171]

	Pag
4.7.2.0 metodă de dimensionare la compresiune centrică a barei standard	[17]
4.7.3. Relații finale de calcul a barei cu conlucrare solicitată la compresiune centrică	[178]
4.7.4. Influența eforturilor inițiale de conlucrare asupra barei solicitate la compresiune axială	[179]
4.7.5. Bare cu conlucrare având rezistențe superioare de rupere la solicitarea centrică axială relativ la rezistența de rupere a materialului de bază	[180]
4.7.6 Propuneri pentru aplicarea rezultatelor cercetării în proiectarea elementelor de construcții metalice	[182]
4.7.7 Aplicația numerică nr.1	[184]
4.7.8 Aplicația numerică nr.2	[186]
5. INVESTIGAȚII EXPERIMENTALE PE BARE	[189]
5.1. Pregătirea programului experimental	[189]
5.2. Utilaje, instalații și aparate folosite în cercetarea experimentală	[195]
5.3. Investigații experimentale pe bare	[201]
5.4. Concluzii	[232]
6. SINTEZA REZULTATELOR ȘI A CONTRIBUȚIILOR PERSONALE	[235]

## NOTATII

$E$	- Modul de elasticitate longitudinal
$\mu$	- Coeficientul de contracție(unflare);coeficientul lui Poisson
$G$	- Modul de elasticitate transversal
$L$	- Lungimea barei
$\gamma$	- Lungime specifică
$A$	- Aria secțiunii transversale a subbarei
$I$	- Momentul de inerție al secțiunii transversale al subbarei
$\varepsilon$	- Lungire specifică
$\sigma_c$	- Limita de curgere
$\sigma$	- Efort unitar normal
$\sigma$	- Grosimea materialului de conlucrare a subbarei
$M$	- Moment încovoietor
$T$	- Forță tăietoare
$W$	- Energia elastică
$W^*$	- Energia elastică supusă la legături
$\tau$	- Efort unitar tangențial
$\sigma_1, \sigma_2$	- Eforturi unitare principale
$\sigma_{os}$	- Mărimea tensiunii normale în suprafața de rupere
$\tau_0$	- Mărimea tensiunii tangențiale
$l_p$	- Lungimea pendulului
$A_b$	- Aria secțiunii transversale a barei
$A_r$	- Aria secțiunii transversale însumate a plăcuțelor de rigidizare
$\sigma_r$	- Efortul unitar de rupere
$\sigma_y$	- Efortul unitar normal în pendul
$S, J$	- Citiri pe mira de invar
$s, j$	- Citiri pe scala gradată a tamburului micrometric
$\Delta H$	- Diferența de nivel (alungire pendul)
$\Delta H^*$	- Diferența de nivel dintre planele de viză
$c_0$	- Distanța de echilibru interatomic
$\sigma_{te}$	- Rezistența teoretică la rupere
$R$	- Rezistența de calcul

## 1. ELEMENTE GENERALE SI DE DEFINIRE A DOMENIULUI CERCETAT

### 1.1. Informatii bibliografice existente la nivelul anului 1993 in literatura, in domeniul de cercetare.

Construcțiile metalice, ca de altfel orice construcție, sunt alcătuite din elemente legate între ele, intermitent sau continuu.

Efectul legăturilor rezidă uneori în împiedicarea unor deformații și în apariția unor eforturi suplimentare.

În scopul reținerii principiilor fundamentale care guvernează domeniul cercetat, în cele ce urmează se vor exemplifica unele efecte ale legăturilor pe baza informațiilor bibliografice existente în literatură.

#### 1.1.1. Efecte de legatură la rezervoare.

Peretele unui rezervor cilindric vertical se deformează alungindu-se proporțional cu efortul și invers proporțional cu grosimea virelei. În zona de legatură a peretelui cilindric cu fundul plan, deformarea liberă a peretelui nu se poate produce iar eforturile în stadiul de membrană sunt perturbate. Această împiedicare a deformațiilor generează apariția unor eforturi suplimentare; momente și forțe tăietoare (fig.1).

Din prezentarea în [1] a calculului eforturilor suplimentare reținem fazele de principiu ( $f_{p1}, f_{p2} \dots f_{p5}$ ).

$f_{p1}$ ) Introducerea eforturilor suplimentare.

La marginea inferioară a peretelui au fost introduse momentul încovoietor  $M$  și forța tăietoare  $T$ .

$f_{p2}$ ) Scrierea ecuațiilor de echilibru static.

Pentru un element de lățime unitară și de înălțime  $dx$  (fig.1), proiecția pe normală conduce la:

$$\frac{N_1}{r_1} + \frac{dT}{dx} = P_x \quad (1)$$

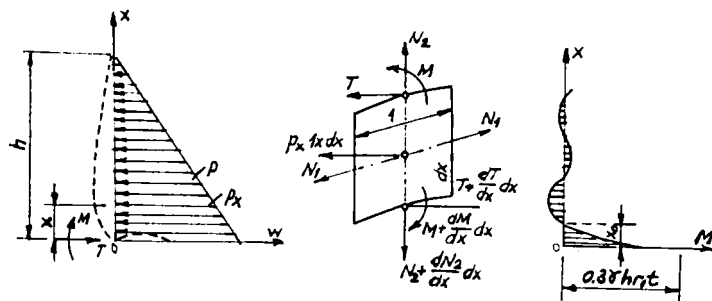


Fig.1.1 Efecte de legătură la rezervoare

f<sub>p3</sub>). Exprimarea legilor constitutive (a relațiilor între eforturi și deformații).

Alungirea specifică a unei fâșii inelare în funcție de deplasarea după raza  $W$  și efortul  $N_1$  este:

$$\frac{W}{r_1} = \frac{N_1}{Et} \quad (2)$$

Relația între momentul  $M$  și deformația  $W$  este:

$$M = D \frac{d^2 W}{dx^2}, \quad D = \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)} \quad (2')$$

de unde rezultă:

$$T = \frac{dM}{dx}; \quad \frac{dT}{dx} = \frac{d^2 M}{dx^2} = D \frac{d^4 W}{dx^4} \quad (2'')$$

f<sub>p4</sub>). Acordul relațiilor de echilibru static cu legile constitutive. Relația între formulele (1) de echilibru static și legile constitutive (2) este:

$$\frac{d^4 W}{dx^4} + \frac{Et}{Dr_1^2} W = \frac{p_x}{D} \quad (3)$$

f<sub>p5</sub>). Impunerea condițiilor de deformație, pentru soluționarea ecuației (3) rezultate din acordul relațiilor de echilibru static cu legile constitutive.



Observatie. Determinarea eforturilor suplimentare generate de împiedicarea deformațiilor s-a putut efectua prin punerea condiției ca la legătura dintre fund și perete deformațiile să fie aceleași.

1.1.2. Efecte de legătură la îmbinări cu suduri în relief.

Efectele de legătură influențează repartizarea eforturilor tangențiale în lungul cordoanelor de sudură laterale din îmbinări supuse la forțe axiale.

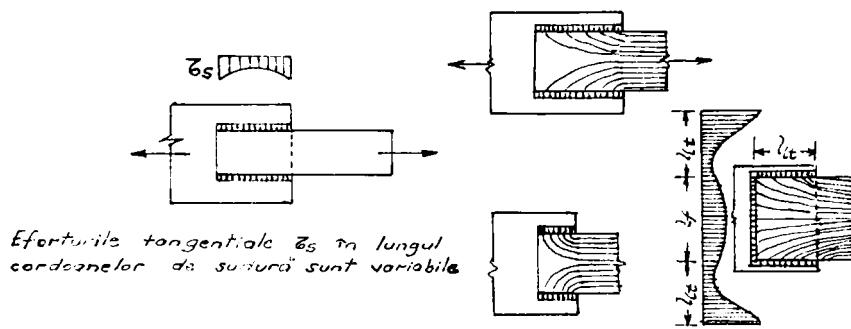


Fig.1.2 Caracterul devierii eforturilor în cusături

Dacă eforturile unitare din cordoanele de sudură sunt mai mici decât limita de proporționalitate a metalului după, atunci eforturile tangențiale  $\tau_s$  în lungul cordoanelor de sudură nu sunt constante (fig.1.2).

Variația pantei curbei este cu atât mai accentuată cu cât raportul dintre lungimea și grosimea cusăturii crește. În domeniul plastic, odată cu creșterea deformațiilor, eforturile unitare tind să se uniformizeze [1].

1.1.3. Efecte de legătură în pretensionarea cu conlucrare

Efectul de legătură a fost experimentat în cadrul pretensionării cu conlucrare.

Pretensionarea cu conlucrare este definită în [2] constând în predeformarea elastică a elementului metalic în sens contrar deformației produsă de încărcarea utilă și blocarea acestei deformații prin legarea elementului deformat cu un alt element rigid; acest element rigid poate fi un element metalic de

asemenia predeformat (fig.3).

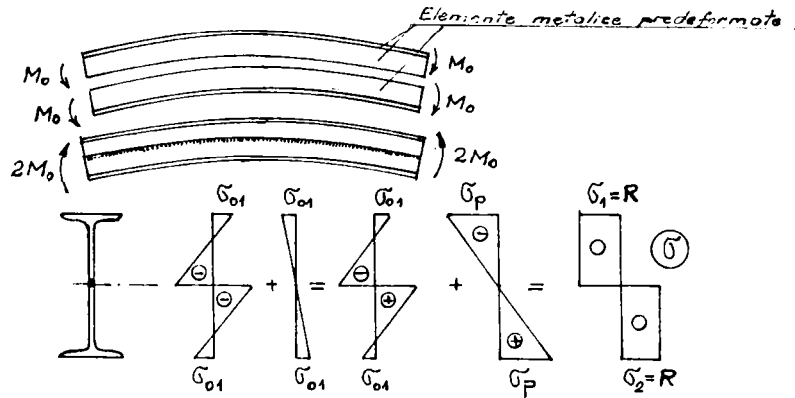


Fig.1.3 Pretensionare cu conlucrare

Dacă prin încărcarea inițială cu  $M_0$  în fibrele extreme ale fiecărui element, care în urma asamblării devin fibrele medii a secțiunii totale, este atinsă limita de calcul  $R$ , și prin suprapunerea efectului încărcării utile în fibrele extreme ale secțiunii vor fi de asemenea atinse rezistențele de calcul; diagrama finală a eforturilor normale  $\tilde{\sigma}$  va fi o diagramă bidreptunghiulară.

Valoarea maximă a momentului de încovoiere din încărcarea utilă care va putea fi preluat de grinda dublu T pretensionată cu conlucrare va fi:

$$M_{p,max} = (R + \tilde{\sigma}_{01})W \quad (4)$$

fata de  $M_{p,max} = RW$  cât este valoarea momentului de încovoiere maxim al grinzii nepretensionate.

În [2] se precizează că pentru o secțiune pretensionată cu conlucrarea a doua elemente 1/2 dublu T 40 sperul de capacitate față de valoarea momentului de încovoiere preluat de profilul dublu T 40 este de cca 17%.

#### 1.1.4. Efecte de legătură la grinzile căilor de rulare și grinzile de contrafrânare.

Un efect spațial de legătură este detaliat în [3] în "Studiul conlucrării spațiale a grinzii de rulare cu grinda de contrafrânare în ipoteza că ambele sunt cu inimă plină".

Din exemplificările de mai sus rezultă că efectele de legătură introduc, în anumite condiții de încărcare, o stare de eforturi <sup>unitare</sup> suplimentare defavorabile sau favorabile pentru comportarea

construcției în exploatare.

Studiul efectului de legătură și a calculului eforturilor suplimentare generate de conlucrarea elementelor are aspecte specifice distincte pentru cazuri distincte.

### 1.2. Definierea domeniului și a sferei de cuprindere a tezei de doctorat.

Domeniul tezei de doctorat este cel al efectelor de legătură, adică al fenomenelor care rezultă din cauza legării elementelor metalice de construcții între ele.

Sfera de cuprindere a tezei de doctorat include studiul efectelor de legătură din bară, alcătuită din elemente identice (numite subbare), solicitată axial și interferența unei astfel de bare, cu eforturi inițiale de conlucrare, cu calculul și alcătuirea structurilor din bare.

### 1.3. Principii fundamentale și legi de bază care guvernează domeniul cercetat.

#### 1.3.1. Ipoteze în privința materialului.

1). Ipoteza omogenității și izotropiei. Corpurile au aceleași proprietăți fizico-mecanice în orice punct, respectiv după oricare direcție dusă într-un punct dat al materialului.

Dar elementele de construcții, care sunt corpuri reale, nu sunt perfect omogene și nici perfect izotrope.

Ipoteza 1, se aplică ca fiind exactă la calculul elementelor de construcție din oțel.

2). Ipoteza elasticității perfecte. Până la anumite valori ale eforturilor unitare, materialele studiate de Teoria elasticității (în special oțelul) se considera perfect elastice. Deformațiile cauzate prin aplicarea forțelor, dispar odată cu anularea acestora și corpul revine la forma și dimensiunile inițiale. Pentru solicitările în domeniul elastic se consideră că între eforturi unitare și deformații există o relație liniară, legea lui Hooke. Ca o consecință a acestei relații, în problemele de Rezistența materialelor și Teoria elasticității se poate aplica principiul suprapunerii efectelor.

3). Ipoteza continuității structurii. Structura materiei din care este alcătuit corpul se consideră convențional continuă, cu toate că fizica modernă infirmă acest lucru. Admițând această ipoteză, avem posibilitatea să operăm cu funcții continue

ceea ce este mult mai simplu și mai ușor în practică decât dacă am considera corpul ca un ansamblu de particule discrete, separate. Structura discontinuă care pentru studierea sa un aparat matematic mai complicat.

4). Ipoteza micilor deformații. Deformațiile corpurilor produse sub acțiunea solicitărilor sunt mici și neglijabile în comparație cu dimensiunile generale ale corpurilor. Aceasta face ca ecuațiile de echilibru din Mecanica construcțiilor să poată fi studiate pentru corpul deformat la fel ca pentru cel nedeformat. În felul acesta, deformațiile de ordin superior care apar în relațiile de calcul pot fi neglijate în raport cu deformațiile de bază (la puterea întâi).

5). Ipoteza secțiunilor plane (Ipoteza lui J. Bernoulli). Secțiunile plane și normale pe axa barei înainte de deformare rămân plane și normale pe tangenta la axa medie deformată a barei după deformare.

Ipoteza secțiunilor plane rămâne valabilă pentru deformațiile produse de eforturile unitare normale. Se neglijează efectul eforturilor unitare tangențiale.

### 1.3.2. Noțiunea de subbară.

Definim subbara ca fiind oricare din elementele identice care legate între ele printr-un anumit procedeu formează o bară.

Natura legăturii frecvent întâlnită în lucrare este cordonul de sudură electrică.

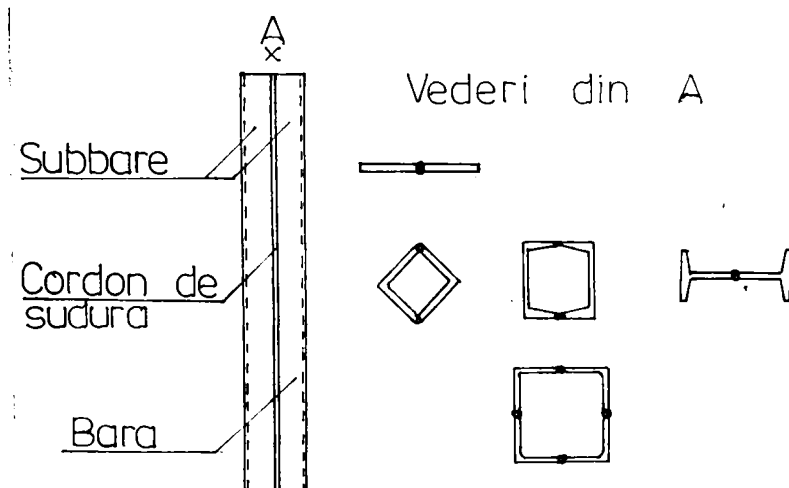


Fig.14 Detalii de alcătuire a barelor

### 1.3.3. Ipoteze de bară.

6). Lungimea subbarei este mare în comparație cu dimensiunile secțiunii transversale.

7). Bara este o structură simetrică.

8). Forțele exterioare axiale acționează asupra subbarelor și nu acționează asupra legăturii dintre subbare.

9). Legătura dintre subbare se schematizează printr-o infinitate de penduli având lungimea mică în raport cu lățimea subbarei (fig.15).

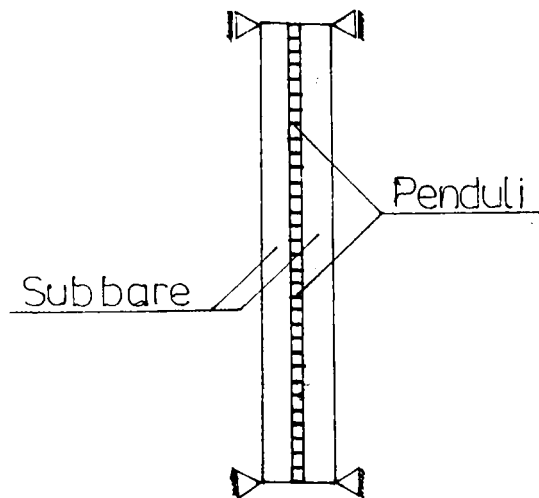


Fig 1.5 Schematizarea legăturii subbarelor

10). Bara este o structură indefinit static nedeterminată interior.

11). Tensiunile remanente din sudare se consideră nule, deoarece ele pot fi anulate în urma unui tratament de detensionare.

### 1.4. Interferența domeniului tezei cu practica proiectării și execuția elementelor și structurilor din oțel alcătuite din bare.

Barele solicitate axial din structuri pot fi alcătuite din unul sau două profile compuse prin sudură în cazul solicitărilor reduse ori din profile mari (U sau dublu T) solidarizate între ele continuu sau discontinuu în cazul solicitărilor mari.

În cazul solicitărilor mari pot fi folosite și elemente alcătuite din platbande sau fâșii de tabla groasă sudate între ele (fig.16).

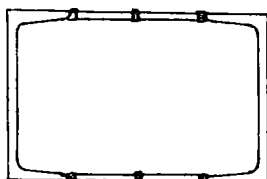


Fig.1.6 Detaliu de alcătuire a unei bare în cazul solicitărilor axiale mari

În cazul barelor alcătuite din profile solidarizate între ele continuu, efectul de legătură (conlucrarea) generează sub încărcări o stare de eforturi și deformații suplimentare care va avea o influență favorabilă sau defavorabilă asupra comportării barelor în particular și implicit asupra comportării structurii alcătuite din bare în general.

În cazul barelor (grinzilor) cu inima plină solicitate la încovoiere, având tălpile (întinse respectiv comprimate) consolidate în zonele <sup>în</sup> care momentul încovoietor este maxim cu benzi de oțel solidarizate continuu între ele, efectul de legătură generează de asemenea sub încărcări o stare de eforturi suplimentare.

Deoarece în cazul barelor care alcătuiesc structurile din oțel se folosesc profile compuse prin sudură solidarizate continuu sau discontinuu, este necesar să se cunoască eforturile suplimentare generate prin efectele de legătură (conlucrarea) și să se studieze influența lor asupra comportării barelor și a structurii în ansamblul ei în exploatare.

## 2. MODELAREA FIZICA

### 2.1. Materiale folosite si caracteristici fizico-mecanice ale acestora.

Corpurile reale aflate sub acțiunea unor forțe exterioare se deformează. Între deformația corpului și forțele exterioare ce acționează asupra lui există relații matematice. Cunoașterea relațiilor de dependență între încărcări exterioare și modificarea geometriei corpului sau între acțiuni exterioare și forțe interioare necesită investigarea cu caracter experimental, pe modele fizice care să ofere informații, prin observații și măsurători directe.

Rezistența corpurilor reale cu tensiuni inițiale de conlucrare are caracter teoretico-experimental iar experimentul este necesar pentru verificarea rezultatelor obținute în urma studiilor teoretice.

În disciplinele tehnice legate de mecanică, se folosește un aparat matematic dezvoltat.

În mulțimea relațiilor model matematic - realitate fizică, în multe cazuri modelarea fizică a generat modelul matematic care reflectă fenomenul fizico-mecanic.

Dar modelarea fizică este relevantă doar dacă caracteristicile fizico-mecanice ale materialului folosit sunt identice cu caracteristicile fizico-mecanice ale oțelului de construcții metalice. De aceea este necesar să prezentăm materialele folosite în modelarea fizică și caracteristicile fizico-mecanice ale acestora.

Materialul folosit în modelarea fizică este polimerul în forma unei structuri reticulate spațiale presupusă continuă.

Continuitatea materialului se referă la caracterul reticulat-spațial al polimerului folosit.

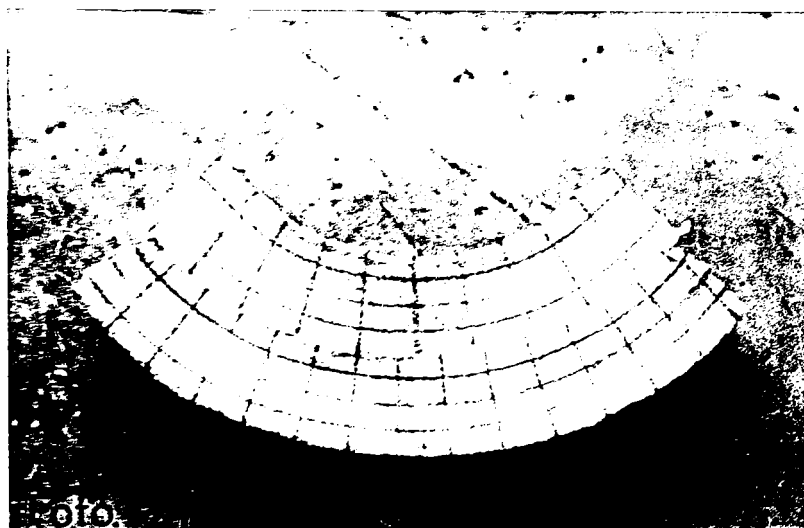
Materialul folosit este omogen referindu-ne la structura nediferențiată, conform procesului tehnologic de elaborare. Deși barele care alcătuiesc structura reticulată au un caracter local anizotrop, un macrovolum de polimer se poate considera izotrop.

Materialul folosit în modelarea fizică este elastic, având proprietatea de a-și modifica forma și dimensiunile sub acțiunea unor forțe exterioare și de a reveni de la sine la forma și dimensiunile inițiale după încetarea acțiunii forțelor exterioare care l-au deformat - dacă mărimea forțelor exterioare este limitată.

Experimentele efectuate pe bare din polimeri, având forma secțiunii transversale dreptunghiulară relevă, la solicitarea de întindere sau compresiune, următoarele proprietăți:

- Lungirea barei la întindere (compresiune) este proporțională cu forța de întindere (compresiune) și cu lungimea barei și invers proporțională cu modulul de elasticitate și cu aria secțiunii transversale. În zona de elasticitate valoarea stricțiunii variază proporțional cu efortul normal la întindere (existența coeficientului lui Poisson).

- Secțiunile plane și normale pe axa barei înainte de deformare rămân plane și normale pe tangenta la axa medie deformată și după deformare (foto 2.1).



## 2.2. Ipoteze admise și legi fizice aplicate în cercetarea pe modele.

Căutarea a noi forme structurale pentru construcții reclamă soluționarea unor noi probleme de statică și de rezistență a materialelor.

De aceea, în cercetarea pe modele vom admite ipoteze specifice rezistenței materialelor și vom aplica legi constitutive.

### 2.2.1. Ipoteze admise.

1.1) Corpurile care alcătuiesc modelele fizice sunt corpuri cu fibră medie, având una din dimensiuni (lungimea) mult mai mare decât celelalte două, iar axa lor - mulțimea centrelor de greutate a secțiunilor transversale este dreaptă iar secțiunea transversală



lă constantă.

I.2). Corpurile sunt în echilibru static sub acțiunea forțelor exterioare.

I.3). Deformațiile corpurilor sunt:

- suficient de mici încât condițiile de echilibru ale modelelor fizice să poată fi studiate pe formele lor inițiale nedeformate.

- suficient de mari pentru o măsurare precisă a deplasărilor punctelor modelului.

I.4). Materialul din care sunt alcătuite corpurile fiecărui model cercetat sunt omogene și izotrope.

I.5). Eforturile unitare nu depășesc limita elastică a materialelor folosite.

I.6). Materialele se supun legii lui Hooke (elasticitate liniară).

I.7). Secțiunile plane și normale pe axa barei înainte de deformare rămân plane și normale pe tangenta la axa medie deformată și după deformare (Ipoteza lui Bernoulli).

I.8). Influența eforturilor unitare și a deformațiilor specifice produse de forțele normale pe axa barelor nu se neglijează.

### 2.2.2. Legi fizice.

L.1. Starea de tensiune a corpurilor ce alcătuiesc modelele fizice este stare plană de tensiune.

L.2. Tensiunile  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\tau_{xy}$  se determină cu relațiile:

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\mu^2} \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \mu \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad (2.1)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\mu^2} \left( \frac{\partial v}{\partial y} + \mu \frac{\partial u}{\partial x} \right) \quad (2.2)$$

$$\tau_{xy} = G \cdot \gamma_{xy} = \frac{E}{2(1+\mu)} \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad (2.3)$$

### 2.3. Alcatuirea modelelor fizice și testarea lor

Modelele fizice au fost concepute ca având trei roluri:

R.1. rolul de a furniza informații calitative și parțial cantitative în scopul înțelegerii fenomenelor.

R.2. rolul de a înlocui noile forme <sup>structurale,</sup> reale, adică barele cu tensiuni inițiale de conlucrare, printr-un model ipotetic

R.J. Rolul de verificare calitativa si partial cantitativa a rezultatelor obtinute in urma studiilor teoretice. 15

Noua formă structurală este bara compusă cu conlucrare, adică o bară alcătuită din subbare legate cap la cap între ele și pe fețele laterale, în general pe toata lungimea lor. (foto 22).



Dacă o bară compusă din subbare, având secțiunea transversală simetrică, nelegate între ele este solicitată la întindere centrică, atunci fenomenul de contracție transversală se manifestă simetric în raport cu planul de simetrie al fiecărei subbare (fig. 2.1).

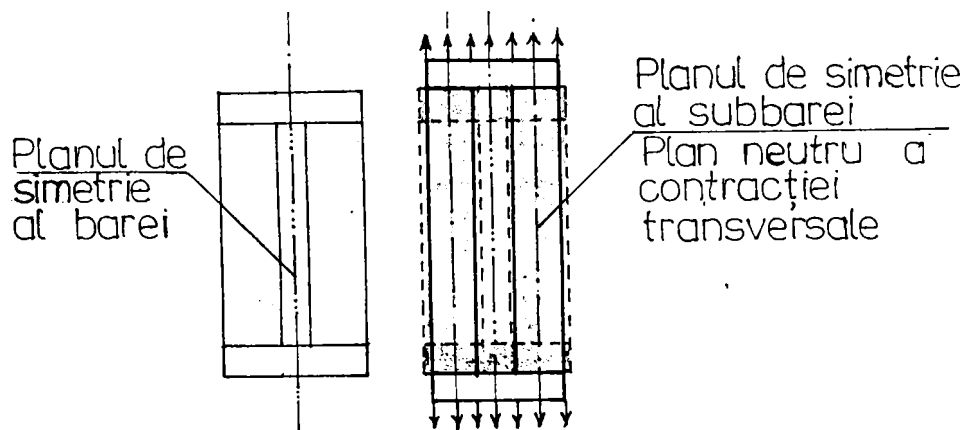


Fig. 2.1 Planul neutru al contracției transversale

596.680  
125 G

Dacă o bară compusă din subbare cu conlucrare, având secțiunea transversală simetrică, legate între ele cap la cap pe toată lungimea fețelor laterale este solicitată la întindere, atunci fenomenul de contracție se manifestă simetric în raport cu planul de simetrie al barei.

În practică, bara compusă din subbare legate între ele cap la cap pe fețele laterale, pe toată lungimea barei, și solicitată la întindere este o bara cu tensiuni inițiale (care apar de la început, oricât de mică ar fi solicitarea) de conlucrare.

Pentru a demonstra propoziția de mai sus, vom considera faptul că în practică fiecare subbară este rezemată la capete iar dacă distrugem legăturile dintre subbarele barei din fig.2.2a atunci se produce un salt al echilibrului, subbarele trecând în poziția de echilibru ilustrată în fig.2.2.b.

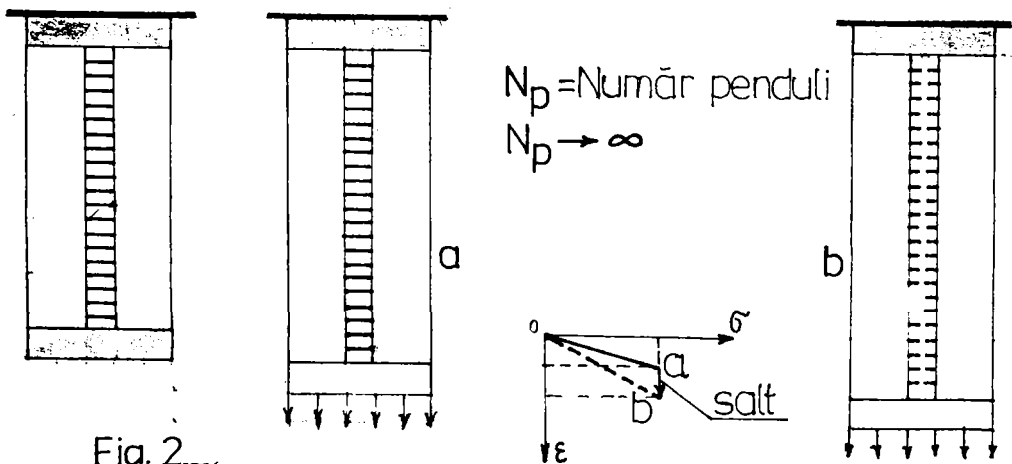


Fig. 2.2. Saltul echilibrului prin anularea conlucrării subbarelor

În scopul înțelegerii fenomenului de conlucrare, a înlocuirii formei structurale cu un model ipotetic de calcul și a verificării lui, au fost concepute grupele A2, B2, C2, D2, A4, B4, C4, D4, de modele fizice (tab.2.1 și tab.2.2).

TABELUL 2.1

Denumirea grupelei mo- delului fi- zic	Denumirea elementu- lui stu- diat	Natura solicita- rii exte- rioare	Caracteristici de alcătuire a elementului studiat			Elemente variabile în cadrul grupelei de modele fi- zice	Detaliu cercetat	
			Nr. sub- barelor	Natura le- găturii dintre sub- bare	Materiale de subbară			de reazem
A <sub>2</sub>	Bara	Intindere	2	Adeziv (Aracetin)	Polimer	beton	Lungimea barei	Influența lungimii ba- rei asupra deformației și a alungi- rii totale a barei
B <sub>2</sub>	Bară	Intindere	2	Adeziv (Aracetin)	Polimer	beton	I, A	Influența creșterii a- ricii și a mo- mentului de inerție asu- pra deforma- ției și a a- lungirii to- tale a barei
C <sub>2</sub>	Bara	Intindere	2	Cordon de polimer	Polimer	beton	-	Influența conlucrării asupra dia- gramei (G, E)
D <sub>2</sub>	Bara	Intindere	2	Penduli din polimer	Polimer	beton	-	Model ipotet- tic de cal- cul

TABELUL 2.2

Denumirea grupeii modelului fizic	Denumire elementu- lui studi- at	Natura solicitării exterioare	Caracteristici de alcătuire a elementului		Elemente va- riabile în cadrul gru- pei de mode- le fizice	Detaliul cercetat	
			Nr. sub- barelor	Natura le- găturii dintre sub- bare			
A <sub>4</sub>	Bara	Intindere	4	Adeziv polimer	beton	Lungimea ba- rei	Influența lungimii ba- rei asupra deformației și a alungi- rii totale a barei.
B <sub>4</sub>	Bara	Intindere	4	Țeavă polimer	beton	I, A	Influența variației a- riei și a mo- mentului de inerție asu- pra deforma- ției și a a- lunșirii to- tale a barei
C <sub>4</sub>	Bara	Intindere	4	Cordon de polimer	beton	-	Influența conlucrării asupra dia- gramei {G <sub>ε</sub> }
D <sub>4</sub>	Bara	Intindere	4	Fenduli de polimer	beton	-	Model ipote- tic de cal- cul

#### 2.4. Analiza și interpretarea rezultatelor.

Din acțiunea de testare a modelelor fizice se vor reține și prezenta rezultatele relevante pentru studiul fenomenului de conlucrare în cazul barei, alcătuite din subbare, solicitată axial.

RR.1. Bara cu conlucrare, are, în domeniul elastic, la solicitarea axială centrică, alungiri specifice reduse față de bara fără conlucrare (fig.2.3).

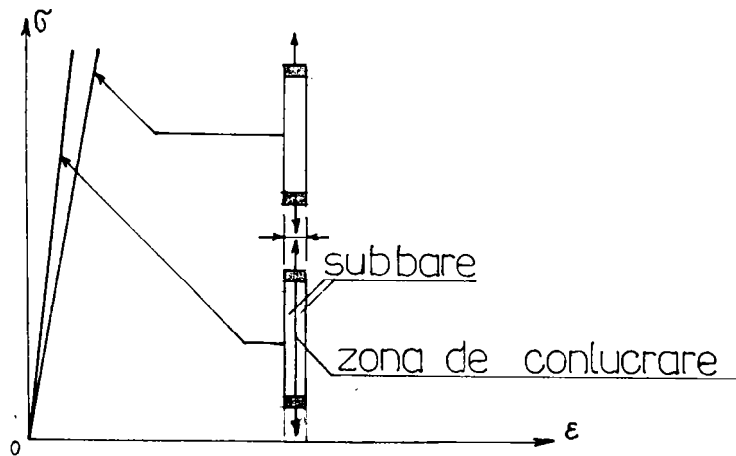


Fig. 2.3 Graficul  $\{\sigma, \epsilon\}$  al barelor cu sau fără conlucrare

RR.2. Alungirea specifică a barei cu conlucrare solicitată axială centric se poate reduce dacă lungimea barei crește, (fig.2.4).

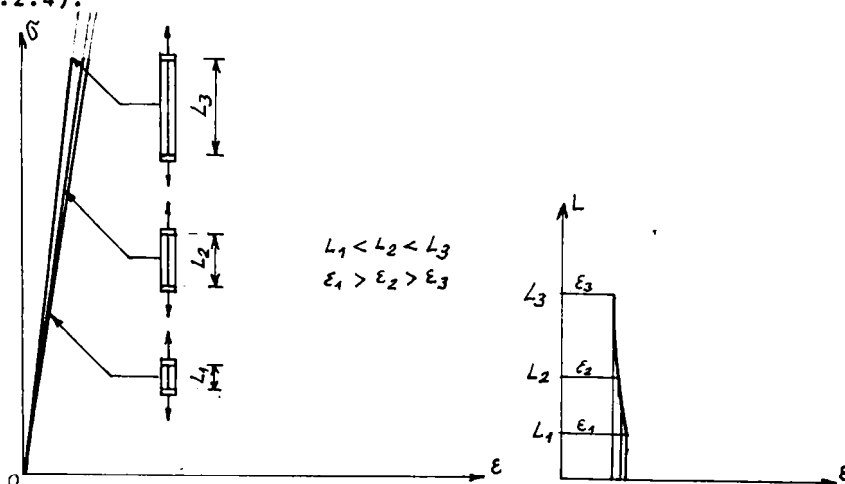


Fig 24 Variația alungirii barei cu conlucrare în funcție de lungimea barei

RR.3. Alungirea specifică a barei cu conlucrare se poate reduce dacă momentul de inerție al subbarei crește (fig.2.5).

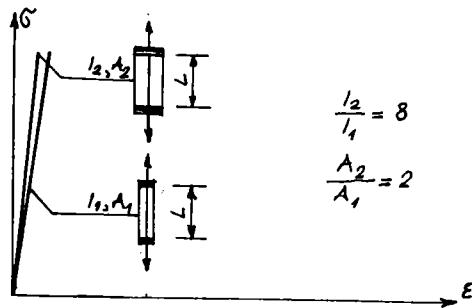


Fig 2.5 Variația alungirii specifice a barei cu conlucrare în funcție de momentul de inerție al subbarei

RR.4. În cazul înlocuirii zonei continue de conlucrare cu zone intermitente de conlucrare realizate cu ajutorul pendulilor care leagă fețele laterale ale subbarelor, bara alcătuită din subbare este o bară cu eforturi inițiale de conlucrare la solicitarea axială, dacă numărul pendulilor este suficient de mare. Această afirmație se bazează pe rezultatele experimentale care confirmă că dacă zona de conlucrare continuă dintre subbare este secționată transversal încât legătura dintre subbare să devină de tip pendular, deformata barei sub încărcarea exterioară centric axială nu înregistrează practic modificări (fig.2.6.).

Bara alcătuită din subbare legate între ele cu o înfișitate de penduli este modelul fizic al barei cu conlucrare.

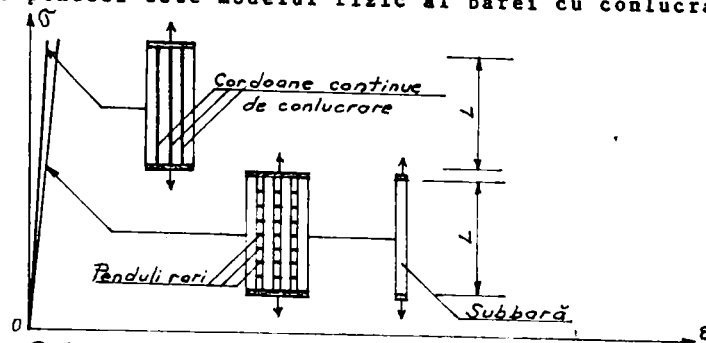
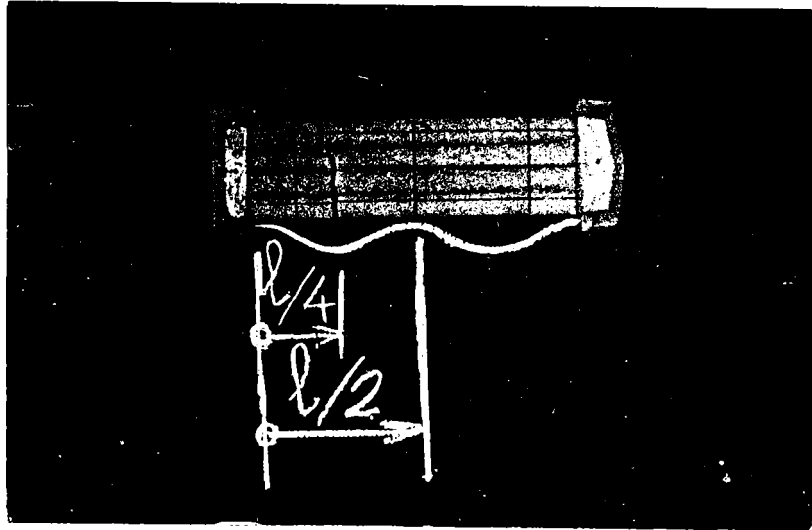


Fig 2.6 Inexistența conlucrării în cazul legării subbarelor cu un număr insuficient de penduli

RR.5. Ruperea barei cu conlucrare solicitată axial se produce într-o secțiune situată între mijocul barei și unul din capetele barei, în care stricțiunea are o valoare extremă. (foto.2.3 și foto 2.4).



RR.6. Axa medie deformată a fiecărei subbare care alcătuiește bara cu conlucrare solicitată axial este reuniunea a două semiunde (fig.2.7).

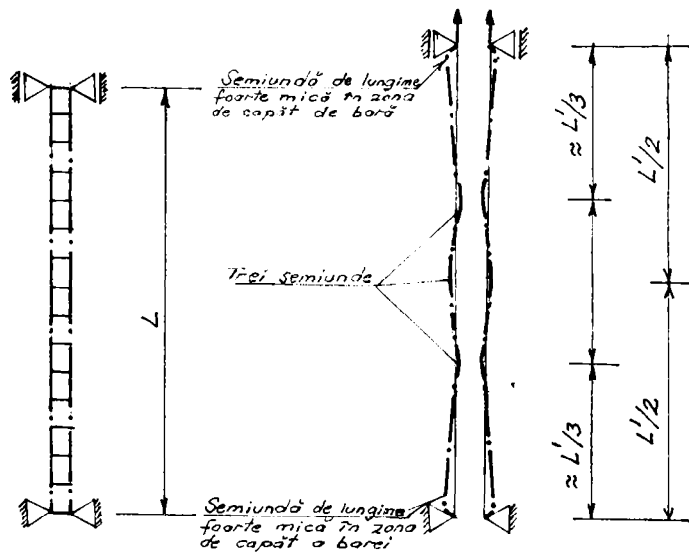


Fig 2.7 Axa medie deformată a subbarelor barei cu conlucrare solicitată axial centric.



RR.7. Dacă se creștează superficial zona mediană a pendulilor ce leagă subbarele barei cu conlucrare, se constată că în cazul solicitării axiale centrice a barei o mărire a deschiderii creștăturilor în pendulii situați în vecinătatea capetelor barei (fig.2.8).

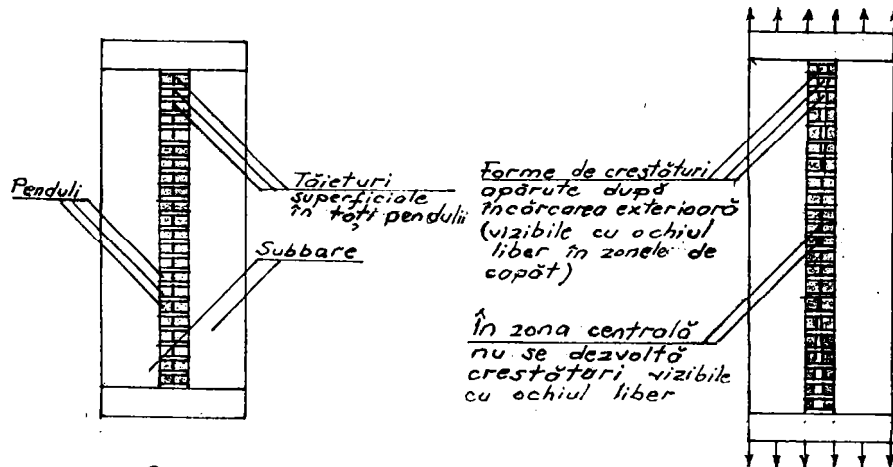


Fig.2.8 Deschiderea creștăturilor în pendulii de legatura ai subbarelor barei cu conlucrare solicitata axial centric

#### 2.5. Concluzii

Coroborind ipotezele admise si legile fizice cu rezultatele obținute in cercetarea pe modele, se rețin următoarele concluzii:

#### C.1. Modelul de calcul al barei cu conlucrare solicitată

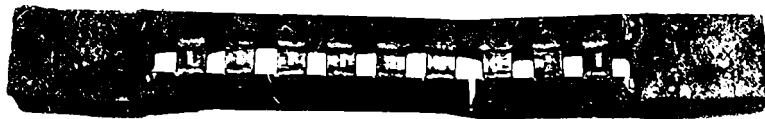


Foto. 2.4

axial este o structură infinit static nedeterminată interior, alcătuită din subbare standard legate între ele cu o infinitate de penduli (fig.2.9).

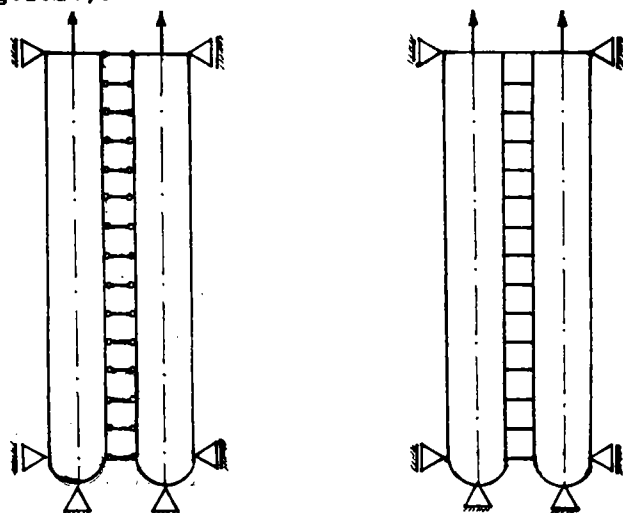


Fig. 2.9 Modelul de calcul al barei cu conlucrare

C.2. Dacă bara cu conlucrare este solicitată la întindere centrică, în penduli apar eforturi unitare normale axiale, repartizate pe lungimea barei conform diagramei din fig.2.10.

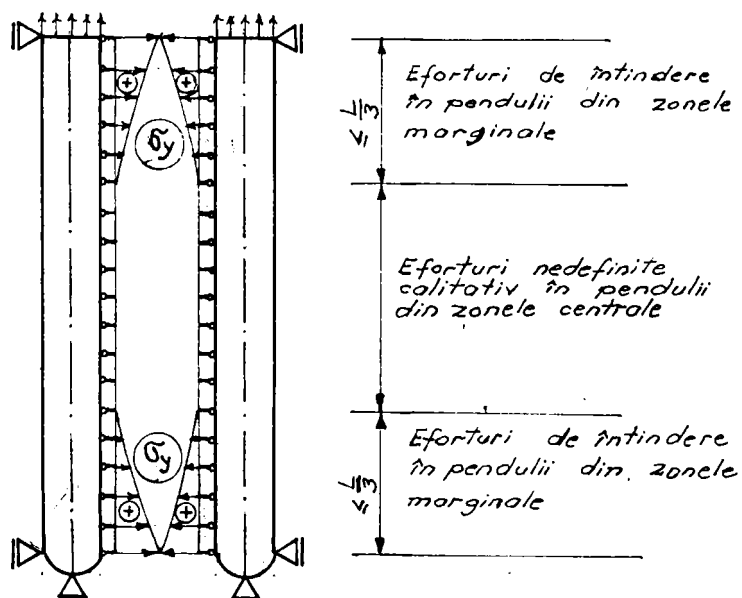


Fig 2.10 Variația eforturilor în penduli

C.3. Starea de tensiune pe subbare este plană; fiecare subbară este solicitată la întindere, tăiere și încovoiere.

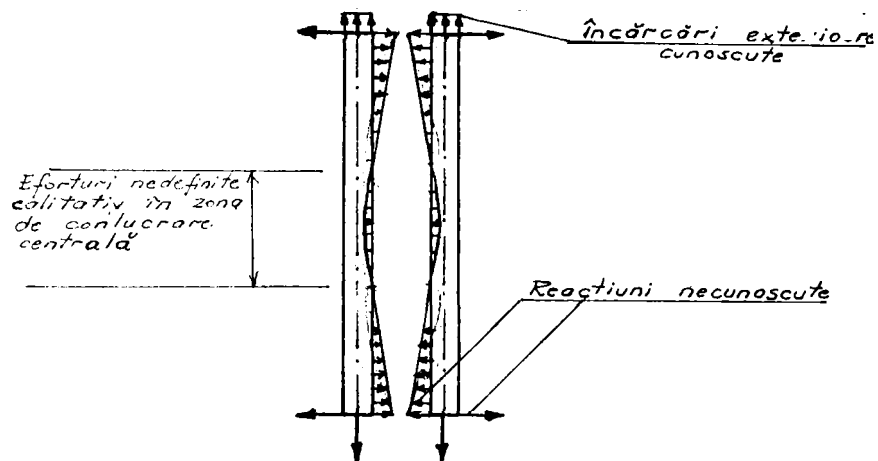


Fig 2.11 Forțe înlocuind legăturile exterioare și interioare pe bara cu conlucrare ca structura static nedeterminată

C.4. Dacă alungirea specifică a barei cu conlucrare solicitată axial este mult redusă față de alungirea specifică a barei fără conlucrare, rezultă că în zona de conlucrare acționează forțe interioare asupra subbarelor, care prin efectul lor se opun efectului forței axiale exterioare. (fig. 2.11)

### 3. FORMULAREA MATEMATICA SI DEDUCEREA RELATIILOR PRELIMINARE DE CALCUL

#### 3.1. Legi si teoreme care guvernează calculul

Din modelarea fizică rezultă proprietățile mecanice caracteristice ale barei solicitată axial cu eforturi inițiale de conlucrare; aceste proprietăți specifice se regăsesc în legile și teoremele care guvernează calculul.

C.1. Modelul fizic real al barei se înlocuiește cu un model ipotetic de calcul care este un sistem plan din bare, infinit static nedeterminat interior.

C.2. Bara alcătuită din subbare, solicitată axial, este un sistem fizic pentru care este aplicabil principiul suprapunerii efectelor. Deși subbarele sunt solicitate la încovoiere, se exceptează posibilitatea pierderii stabilității.

C.3. Energia elastică este o funcție omogenă de acțiunii.

C.4. Deplasarea corespunzătoare forței exterioare, poate fi obținută cu teorema lui Castigliano ca derivata parțială a energiei elastice în raport cu această forță.

C.5. Necunoscutele suplimentare ale unui sistem static nedeterminat trebuie să satisfacă condiția ca energia elastică, scrisă ca funcție de aceste necunoscute, să aibe o valoare minimă.

C.6. După [5] forța de legătură interatomică exprimată în eforturi unitare variază cu distanța interatomică, fiind o funcție periodică, de forma:

$$\sigma = \sigma_{te} \sin \frac{2\pi x}{\lambda} = E \frac{x}{C_0} = E\varepsilon \quad (3.1)$$

#### 3.2. Principii si teoreme admise în privința materialelor

Între materialul (polimer) folosit în modelarea fizică și materialul cel mai folosit în construcțiile metalice (oțelul normal de construcții OL 37) există, în privința ipotezelor de calcul, asemănări: ambele materiale, sunt considerate omogene, izotrope, elastice, ascultând de legea lui Hooke.

Spre deosebire de materialul folosit în modelarea fizică, care poate fi "încovoiat" oricât de mult fără a se plasticiza, oțelul este un material care se plasticizează dacă deformațiile din încovoiere depășesc anumite limite. Deoarece bara cu eforturi

inițiale de conlucrare la solicitare de întindere centrică este alcătuită din subbare solicitate complex (întindere compusă cu încovoiere cu tăiere), este necesar să precizăm principiile și teoremele admise în privința materialelor, corelând starea de solicitare și de deformare cu rezistența teoretică de rupere respectiv cu ipotezele de rupere.

Din modelarea fizică rezultă că, în funcție de dimensiunile secțiunii transversale și de lungime, bara cu conlucrare poate avea alungiri specifice date de deplasarea punctului de aplicare al forței axiale exterioare mult mai mici decât bara fără conlucrare. Dar conform teoriei lui Frenkel 1962 și Orowen 1968, forța de legătură interatomică exprimată în tensiuni variază cu distanța interatomică, fiind o funcție periodică (fig.3.1), aproximată cu o funcție sinusoidală de perioadă  $\lambda$  [5],

$$\sigma = \sigma_{te} \sin \frac{2\pi x}{\lambda} \quad (3.2)$$

în care:

$\sigma_{te}$  este rezistența teoretică de rupere

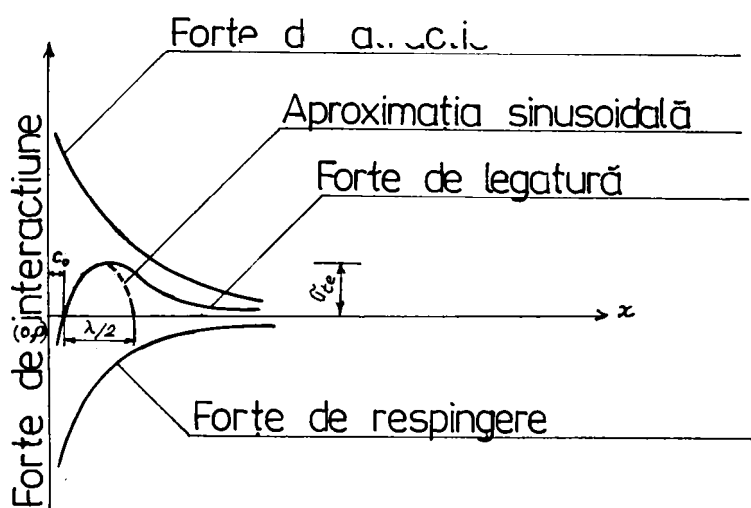


Fig 3.1 Alura forțelor de legătură interatomică

La deplasări "x" mici fiind justificată aproximația  $\sin x \approx x$ , relația care exprimă forța de legătură interatomică exprimată în tensiuni devine:

$$\sigma \approx \sigma_{te} \cdot \frac{2\pi x}{\lambda} = \sigma_{te} \cdot \frac{2\pi Co}{\lambda} \cdot \frac{x}{Co} = \sigma_{te} \cdot \frac{2\pi Co}{\lambda} \epsilon = E\epsilon \quad (3.3)$$

unde:

$Co$  este distanța de echilibru interatomică

Dacă alungirile barei cu conlucrare sunt mici, la solicitarea exterioară de întindere axială, rezultă că epuizarea capacității de rezistență a barei are loc urmare a depășirii distanței de echilibru interatomic și datorită încovoierii sau tăierii. Astfel, pe subbare există din punct de vedere al naturii eforturilor, trei secțiuni distincte:

- Secțiuni întinse și încovoiate, în care forța tăietoare este nulă;
- Secțiuni solicitate la întindere, încovoiere și tăiere
- Secțiuni solicitate la întindere și tăiere în care momentul încovoietor este nul. (fig. 3.2)

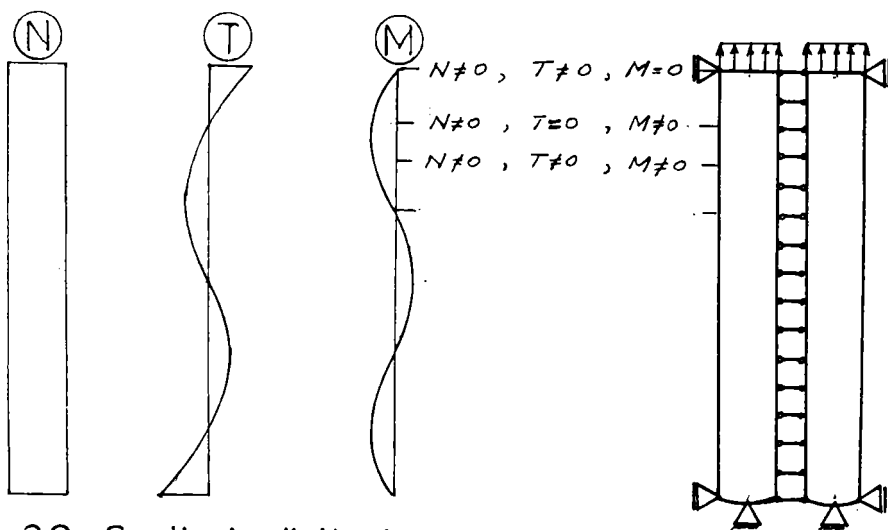


Fig 3.2 Secțiuni distincte pe subbare

Deoarece în calcul este necesar a evalua capacitatea de rezistență a secțiunii transversale a subbarelor, în cele trei secțiuni distincte din punct de vedere al naturii eforturilor, se vor admite în privința materialelor ipoteze care permit calculul în domeniul plastic (în zonele întinse și încovoiate) și introduc cea mai severă ipoteză de rupere în secțiunile întinse în care există eforturi de lunecare.

M.1. Diagrama caracteristică a oțelului ( $\sigma, \epsilon$ ) este de tip Prandtl, corespunzătoare materialului elastoplastic ideal (fig.3.3).

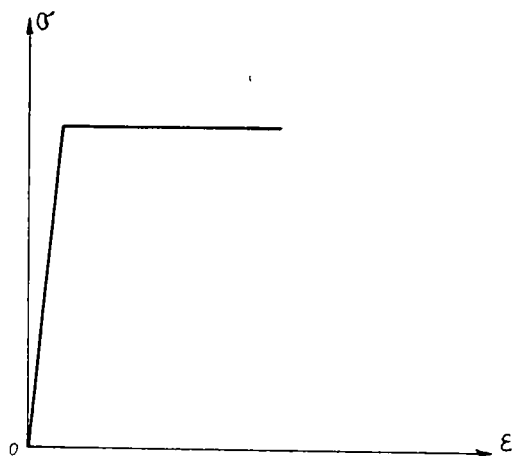


Fig 3.3 Diagrama caracteristică a oțelului corespunzătoare materialului elastoplastic ideal

M.2. Pe baza teoriei lui Frenkel-Orowen asupra rezistenței teoretice la rupere, forța de legătură interatomică exprimată în eforturi variază cu distanța interatomică, pentru solicitarea de întindere axială, la care pe cale experimentală s-au obținut rezultate care se apropie de valorile teoretice.

M.3. În starea plană de eforturi unitare întindere sau compresiune și alunecare (încovoieră cu alunecare), capacitatea de rezistență a materialului este atinsă atunci când efortul unitar tangențial maxim  $\tau_{max}$  depășește valoarea efortului unitar tangențial  $\tau_0$  corespunzătoare rezistenței limită (cazul materialelor tenace).

M.4. Caracteristicile mecanice ale materialului de legătură dintre subbare se consideră identice cu caracteristicile mecanice ale materialului din care sunt alcătuite subbarele.

3.3. Formularea teoriei matematice pentru fenomenul studiat. Deducerea relațiilor preliminare de calcul.

3.3.1. Încadrarea matematică a fenomenului studiat.

Prin modelul ipotetic de calcul se realizează corespondența dintre realitatea fizică și modelul matematic.

Legea C.1. guvernează calculul deoarece dacă se înlocuiește cordonul de sudură care leagă subbarele care alcătuiesc bara cu un număr suficient de mare de penduli, având grosimea cordonului de sudură, efectul este practic același, în cazul solicitării exterioare axiale a barei.

Modelul ipotetic de calcul este o structură static nedeterminată interior; necunoscutele problemei static nedeterminate sunt eforturile din penduli, care induc termenul de încovoieră în expresia energiei elastice.

Pentru a determina mărimea efortului din penduli se poate pune condiția ca energia elastică a barei să fie minimă.

Din cele de mai sus rezultă că fenomenul conlucrării subbarelor care alcătuiesc bara solicitată axial se poate studia căutând minimul energiei elastice asociate barei ca funcție reală de variabilă vectorială, adică ca funcție reală în care variabila vectorială include eforturile din penduli.

Deoarece numărul "n" al pendulilor este foarte mare, tinzând către infinit, condiția de minim a energiei elastice conduce la un sistem liniar de "n" ecuații cu "n" necunoscute, adică la un calcul care practic nu poate fi efectuat.

Folosirea unei metode de integrare numerică ar implica determinarea poziției nodurilor utilizând funcția de integrat, care însă nu se cunoaște neparametric fiindcă nu se cunosc încă eforturile din penduli.

De aceea ar fi deosebit de util să se conceapă o metodă de integrare numerică cu noduri fixe în care poziția nodurilor să nu depindă de alura funcției de integrat.

Utilitatea metodei de integrare numerică cu noduri fixe rezidă în:

- Numărul nodurilor fixe fiind finit, în punctele de abscise corespunzătoare nodurilor fixe, se consideră ca necunos-



---

cute eforturile unitare într-un număr finit de penduli.

- Cu ajutorul polinoamelor de interpolare, variația eforturilor unitare în penduli în lungul barei se poate scrie în funcție de eforturile unitare din pendulii de abscise corespunzătoare nodurilor fixe, în număr finit.

- Suma eforturilor din penduli pe lungimea barei, adică integrala definită a funcției eforturilor din penduli, se poate exprima în funcție de eforturile unitare într-un număr finit de penduli corespunzatori nodurilor fixe.

Reacțiunile forțe tăietoare ale subbarelor fiind, în modul, jumătate din suma eforturilor din penduli pe lungimea barei, se pot exprima în funcție de eforturile unitare într-un număr finit de penduli, corespunzatori nodurilor fixe. (3.30)

În consecință, forța tăietoare, momentul încovoietor și energia elastică a subbarelor se pot exprima în funcție de eforturile unitare într-un număr finit de penduli, corespunzatori nodurilor fixe.

În concluzie, fenomenul conlucrării subbarelor care alcătuiesc bara solicitată axial se va studia din punct de vedere matematic căutând minimumul unei funcții reale de variabilă vectorială unde funcția reală reprezintă energia elastică a barei, iar variabila vectorială reprezintă necunoscutele problemei infinit static nedeterminate din expresia energiei elastice, corespunzătoare nodurilor fixe din metoda de integrare numerică cu noduri fixe, lungimea intervalului <sup>de integrare</sup> fiind lungimea barei.

3.3.2. O metoda de integrare numerica cu noduri fixe  
(Varianta 1)

Fie  $n, p$  doua numere naturale diferite de zero.

Definitie. Multimea  $A_{n,p} = \{\alpha_1, \dots, \alpha_p\}$  este un sistem de noduri fixe dacă următoarele condiții sunt satisfăcute:

$$\begin{aligned} C_1) & 0 < \alpha_i < 1 \text{ oricare ar fi } i \in \{1, \dots, p\} \\ C_2) & \int_0^1 x^k dx = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \alpha_i^k, \text{ oricare ar fi } k \leq n, k \in \mathbb{N}^* \end{aligned} \quad (3.4)$$

Propozitia 1.

$$A_{5,5} = \{0,0837511, 0,3127297, 0,5, 0,6872703, 0,9162489\}$$

este un sistem de noduri fixe.

Demonstratie.  $n=5, p=5$

Conditia  $C_2)$  este echivalentă cu urmatorul sistem de cinci ecuatii cu cinci necunoscute:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{1}{5} (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) &= \int_0^1 x dx \\ \frac{1}{5} (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2) &= \int_0^1 x^2 dx \\ \frac{1}{5} (x_1^3 + x_2^3 + x_3^3 + x_4^3 + x_5^3) &= \int_0^1 x^3 dx \\ \frac{1}{5} (x_1^4 + x_2^4 + x_3^4 + x_4^4 + x_5^4) &= \int_0^1 x^4 dx \\ \frac{1}{5} (x_1^5 + x_2^5 + x_3^5 + x_4^5 + x_5^5) &= \int_0^1 x^5 dx \end{aligned} \right. \quad (3.5)$$

Vom căuta pentru sistemul de ecuații (3.5) soluțiile:

$$(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = (a, 0.5-b, 0.5, 0.5+b, 1-a) \quad (3.6)$$

unde  $a, b \in (0,1)$

Din primele patru ecuații ale sistemului 3.5 și din  $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = (a, 0.5-b, 0.5, 0.5+b, 1-a)$

se obține:

$$a = \varphi(a)$$

unde:

$$\varphi(a) = \frac{-0.0659722}{4a^2 - 8a + 5.16(6)a - 1.16(6)} \quad (3.7)$$

este o contractie în  $[0, 0.1]$

Cu ajutorul metodei aproximațiilor succesive se obține:

$$a = 0,0837511; b = 0.1872703 \quad (3.8)$$

Din (3.5); (3.6); (3.7) și (3.8) se obțin soluțiile:

$(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = (0.0837511, 0.3127297, 0.5, 0.6872703, 0.9162489)$   
care verifică sistemul de ecuații (3.5).

**Propozitia 2.** Sistemul de noduri fixe  $A_{5,5}$  are proprietatea:

$$\int_0^1 x^k dx > \frac{1}{p} \sum_{i=1}^{i=p} \alpha_i^k \text{ oricare ar fi } k > n, k \in \mathbb{N}$$

**Propozitia 3.** Dacă  $f$  este o funcție pozitivă care poate fi dezvoltată în serie Taylor în  $[0, l]$ ,  $f(0) \geq 0$ ,  $q \in \mathbb{N}^*$ , iar sistemul de noduri fixe are proprietatea

$$\int_0^1 x^k dx \geq \frac{1}{p} \sum_{i=1}^{i=p} \alpha_i^k, \text{ oricare ar fi } k > n, k \in \mathbb{N}$$

atunci:

$$\frac{l}{p} \sum_{i=1}^{i=p} f(\alpha_i l) \leq \int_0^l f(x) dx \leq lf(l) - \frac{l}{p} \sum_{i=1}^{i=p} \alpha_i l f'(\alpha_i l)$$

**Demonstratie.**

$$\text{Din } (xf(x))' = f(x) + xf'(x)$$

Deoarece dezvoltarea în serie a funcțiilor " $f$ " și " $xf$ " în punctul zero are coeficienți pozitivi, din ipoteze se obține:

$$\frac{l}{p} \sum_{i=1}^{i=p} f(\alpha_i l) < \int_0^l f(x) dx$$

$$\frac{l}{p} \sum_{i=1}^{i=p} \alpha_i l \cdot f'(\alpha_i l) < \int_0^l xf'(x) dx$$

Din cele trei relații de mai sus se obține:

$$\frac{l}{p} \sum_{i=1}^{i=p} f(\alpha_i l) \leq \int_0^l f(x) dx \leq lf(l) - \frac{l}{p} \sum_{i=1}^{i=p} \alpha_i l f'(\alpha_i l)$$

**Aplicatia 1.** Să se calculeze  $\int_0^1 xe^x dx$

**Solutie:**  $l=1$ ;  $f(x) = xe^x$ ;  $xf'(x) = xe^x + x^2e^x$

Să utilizăm sistemul de noduri fixe  $A_{5,5} = \{\alpha_i\} \quad i = \overline{1,5}$

$$\frac{p}{p} \sum_{i=1}^{i=p} f(\alpha_i l) = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=5} (\alpha_i \cdot 1) e^{\alpha_i \cdot 1} = 0.999998$$

$$lf(l) - \frac{p}{p} \sum_{i=1}^{i=p} \alpha_i lf'(\alpha_i l) = 1 \cdot e^1 - \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=5} (\alpha_i \cdot 1) (\alpha_i \cdot 1) e^{\alpha_i \cdot 1} + (\alpha_i \cdot 1)^2 \cdot e^{\alpha_i \cdot 1} = 1.0000153$$

$$0.999998 \leq \int_0^1 x e^x dx \leq 1.0000153$$

ceea ce este adevărat deoarece  $\int_0^1 x e^x dx = 1$

Observație. În propoziția 1, în demonstrație, s-a prezentat modul de obținere a nodurilor fixe, deși era suficient să verificăm cele două condiții din definiție.

Vom da în cele ce urmează și alte sisteme de noduri fixe,  $A_{4,4}$  și  $A_{3,3}$ , insistând în mod deosebit în verificarea preciziei de integrare numerică pentru funcțiile utilizate în construcții:

Propoziția 4.

$$A_{4,4} = \{0.1026739; 0.4061987; 0.5938013; 0.8973261\}$$

este un sistem de noduri fixe.

Demonstrație.

Se verifică faptul că elementele mulțimii  $A_{4,4}$  satisfac condițiile  $C_1, C_2$ .

Propoziția 5. Sistemul de noduri fixe  $A_{4,4}$  are proprietatea:

$$\int_0^1 x^k dx > \frac{1}{p} \sum_{i=1}^{i=p} \alpha_i^k, \text{ oricare ar fi } k > n, k \in \mathbb{N}$$

Propoziția 6.

$$A_{3,3} = \{0.1464466, 0.5, 0.8535534\}$$

este un sistem de noduri fixe.

Demonstrație.  $n=3, p=3$

Condiția  $C_2$ ) este echivalentă cu următorul sistem de trei ecuații:

$$\begin{cases} \frac{1}{3} (x_1 + x_2 + x_3) = \int_0^1 x dx \\ \frac{1}{3} (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2) = \int_0^1 x^2 dx \\ \frac{1}{3} (x_1^3 + x_2^3 + x_3^3) = \int_0^1 x^3 dx \end{cases} \sim \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = \frac{3}{2} \\ x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = 1 \\ x_1^3 + x_2^3 + x_3^3 = \frac{3}{4} \end{cases}$$

Spre deosebire de sistemul de ecuații din propoziția 1, sistemul de ecuații din această propoziție poate fi rezolvat fără a folosi procedeul aproximațiilor succesive, obținându-se:

$$(x_1, x_2, x_3) = (0.1464466, 0.5, 0.8535534)$$

Propoziția 7. Sistemul de noduri fixe  $A_{3,3}$  are proprietatea:

$$\int_0^1 x^k dx > \frac{1}{p} \sum_{i=1}^{i=p} \alpha_i^k, \text{ oricare ar fi } k > n, k \in \mathbb{N}$$

### 3.3.3. Determinarea polinoamelor de interpolare Lagrange-iană pentru sistemele de noduri fixe $A_{3,3}, A_{4,4}, A_{5,5}$

Polinomul de interpolare Lagrange-iană  $P_x(x)$  care trece prin  $(n+1)$  puncte  $(x_i, f(x_i))$  este de forma [6] :

$$\begin{aligned} P_n(x) = & b_0(x-x_1)(x-x_2)\dots(x-x_n) + \\ & b_1(x-x_0)(x-x_2)\dots(x-x_n) + \\ & b_2(x-x_0)(x-x_1)(x-x_3)\dots(x-x_n) + \dots + \\ & b_i(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{i-1})(x-x_{i+1})\dots(x-x_n) + \\ & + b_{n-1}(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{n-2})(x-x_n) + \\ & + b_n(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{n-2})(x-x_{n-1}) \end{aligned} \quad (3.9)$$

unde:

$$\begin{aligned} b_0 &= \frac{f(x_0)}{(x_0-x_1)(x_0-x_2)\dots(x_0-x_n)} \\ b_1 &= \frac{f(x_1)}{(x_1-x_0)(x_1-x_2)\dots(x_1-x_n)} \\ b_i &= \frac{f(x_i)}{(x_i-x_0)\dots(x_i-x_{i-1})(x_i-x_{i+1})\dots(x_i-x_n)} = \\ &= f(x_i) \cdot \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{1}{(x_i-x_j)} \end{aligned} \quad (3.10)$$

Forma finală a polinomului de interpolare Lagrange este:

$$P_n(x) = \sum_{i=0}^n b_i \cdot \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n (x-x_j) \quad (3.11)$$

### 3.3.3.1. Polinomul de interpolare Lagrange-iană pentru sistemul de noduri fixe $A_{3,3}$

Dacă se identifică nodurile  $x_0, x_1, x_2$  cu nodurile fixe din sistemul de noduri fixe  $A_{3,3}$  multiplicat cu  $L$ , polinomul de interpolare Lagrange-iană pentru sistemul de noduri fixe  $A_{3,3}$  este:

$$P_{2,3}(x) = \frac{f(x_0)}{(0.1464466L-0.5L)(0.1464466L-0.8535534L)}(x-0.5L)(x-0.8535534L) + \frac{f(x_1)}{(0.5L-0.1464466L)(0.5L-0.8535534L)}(x-0.1464466L)(x-0.8535534L) + \frac{f(x_2)}{(0.8535534L-0.1464466L)(0.8535534L-0.5L)}(x-0.1464466L)(x-0.5L)$$

Efectuind calculele se obtine:

$$P_{2,3}(x) = \frac{4f(x_0)-8f(x_1)+4f(x_2)}{L^2} x^2 + \frac{-5.4142136f(x_0)+8f(x_1)-2.5857864f(x_2)}{L} x + 1.7071068 f(x_0)-f(x_1)+ 0.2928932f(x_2) \quad (3.12)$$

### 3.3.3.2. Polinomul de interpolare Lagrange-iană pentru sistemul de noduri fixe $A_{4,4}$

Dacă se identifică nodurile  $x_0, x_1, x_2, x_3$  cu nodurile fixe din sistemul de noduri fixe  $A_{4,4}$  multiplicat cu  $L$ , polinomul de interpolare Lagrange-iană pentru sistemul de noduri fixe  $A_{4,4}$  este:

$$P_3(x) = \sum_{i=0}^4 b_i \cdot \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^4 (x-x_j)$$

Efectuând calculul se obține:

$$\begin{aligned}
 P_{3,4}^s(x) = & \frac{-8.44179f(x_0)+35.757965f(x_1)-35.757965f(x_2)+8.44179f(x_3)}{L^3} x^3 + \\
 & + \frac{16.016828f(x_0)-56.991091f(x_1)+50.282803f(x_2)-9.308541f(x_3)}{L^2} x^2 + \\
 & + \frac{-9.611209f(x_0)+24.527577f(x_1)-17.81929f(x_2)+2.902922f(x_3)}{L} x + \\
 & + 1.827109f(x_0)-1.956249f(x_1)+1.338202f(x_2)-0.209061f(x_3) \quad (3.13)
 \end{aligned}$$

Dacă  $f$  este o funcție simetrică în raport cu mijlocul domeniului de definiție, atunci polinoamele de interpolare Lagrange-iană de mai sus au expresiile:

$$P_{2,3}^s(x) = \frac{8f(x_0)-8f(x_1)}{L^2} x^2 + \frac{-8f(x_0)+8f(x_1)}{L} x + 2f(x_0)-f(x_1) \quad (3.14)$$

$$\text{unde } x_0 = 0.1464466L, \quad x_1 = 0.5L$$

$$\begin{aligned}
 P_{2,4}^s(x) = & \frac{6.708287f(x_0)-6.708287f(x_1)}{L^2} x^2 + \frac{-6.708287f(x_0)+6.708287f(x_1)}{L} x \\
 & + 1.618048f(x_0)-0.618048f(x_1) \quad (3.15)
 \end{aligned}$$

$$\text{unde } x_0 = 0.1026739L, \quad x_1 = 0.4061987L$$

Dacă  $f$  este simetrică în raport cu mijlocul domeniului de definiție, atunci polinomul de interpolare Lagrange-iană asociat sistemului de noduri fixe  $A_{5,5}$  este:

$$P_{4,5}^s(x) = \frac{41.764555f(x_0)-206.33656f(x_1)+164.57202f(x_2)}{L^4} x^4 +$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{-83.5291f(x_0) + 412.67312f(x_1) - 329.14404f(x_2)}{L^3} x^3 + \quad (3.16) \\
& + \frac{61.182138f(x_0) - 273.75431f(x_1) + 212.57221f(x_2)}{L^2} x^2 + \\
& + \frac{-19.417588f(x_0) + 67.417758f(x_1) - 48.000194f(x_2)}{L} x + \\
& + 2.2441137f(x_0) - 3.9584122f(x_1) + 3.7143028f(x_2)
\end{aligned}$$

unde:

$$x_0 = 0.0837511L, \quad x_1 = 0.3127297L, \quad x_2 = 0.5L$$

Polinoamele  $P_{2,3}^s(x)$ ,  $P_{2,4}^s(x)$ ,  $P_{4,5}^s(x)$  au proprietatile:

$$\int_0^L P_{2,3}^s(x) dx = \frac{L}{3} (2f(x_0) + f(x_1)) \text{ unde } \begin{cases} x_0 = 0.1464466L \\ x_1 = 0.5L \end{cases}$$

$$\int_0^L P_{2,4}^s(x) dx = \frac{L}{4} (2f(x_0) + 2f(x_1)) \text{ unde } \begin{cases} x_0 = 0.1026739L \\ x_1 = 0.4061987L \end{cases}$$

$$\int_0^L P_{4,5}^s(x) dx = \frac{L}{5} (2f(x_0) + f(x_1) + 2f(x_2)) \text{ unde } \begin{cases} x_0 = 0.0837511L \\ x_1 = 0.3127297L \\ x_2 = 0.5L \end{cases}$$

Observatie. Sistemele de noduri fixe  $A_{n,n}$   $n \in \{3, 4, 5\}$  se recomandă a se folosi la integrarea numerică a funcțiilor reale a căror derivată de ordinul 1 au n-2 variații de semn în intervalul de integrat.



### 3.3.4. O metoda de integrare numerică cu noduri fixe (varianta 2)

Dupa publicarea de către autor a metodei de integrare numerică cu noduri fixe, în varianta de mai sus (3.3.2), în cadrul Lucrărilor celui de-al treilea Simpozion de matematici Aplicații, Timișoara 3-4 nov. 1989, Domnul Prof. dr. Crstici Borislav a propus abordarea metodei de integrare numerică cu noduri fixe în altă variantă.

Mulțumind Domnului Prof. dr. B. Crstici pentru propunerile și consultațiile oferite, se prezintă în continuare varianta a doua a Metodei de integrare numerică cu noduri fixe, incluzând "Preliminarii".

A. Preliminarii. Fie sistemul simetric de "n" ecuații cu "n" necunoscute  $x_i$ ,  $i=1, \dots, n$

$$\sum_{i=1}^n x_i^k = \frac{n}{k+1}, \quad k=1, \dots, n \quad (3.17)$$

Se va arăta că sistemul de ecuații (3.17) admite o soluție reală  $(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$  cu  $x_i \in (0, 1)$ ,  $i=1, \dots, n$  și prin urmare soluția generală a sistemului este formată din n! n-uplete ce se obțin considerând toate permutările lui  $(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ . În plus se va arăta că în cazul n impar unul din numerele  $x_i^0$  este  $\frac{1}{2}$ . De asemenea se va arăta că  $\sum_{i=1}^n x_i^k < \frac{n}{k+1}$  pentru  $k = n+1, \dots$  în cazul n impar. În cazul n par se va arăta ca sistemul de n+1 ecuații cu n necunoscute

$$\sum_{i=1}^n x_i^k = \frac{n}{k+1}, \quad k=1, 2, \dots, n, n+1 \quad (3.17')$$

este compatibil și

$$\sum_{i=1}^n x_i^k < \frac{n}{k+1}, \quad \text{pentru } k = n+2, \dots \quad (3.18)$$

Avind în vedere că pentru necesitățile problemelor tehnice din unele lucrări sunt suficiente formule de cuadratură cu cel mult 5 noduri, proprietățile de mai sus se vor demonstra pentru cazurile particulare  $n=4$  și  $n=5$ .

Cazul n = 4

$$\begin{aligned}
 s_1 &= x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = \frac{4}{2} = 2 \\
 s_2 &= x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 = \frac{4}{3} \\
 s_3 &= x_1^3 + x_2^3 + x_3^3 + x_4^3 = \frac{4}{4} = 1 \\
 s_4 &= x_1^4 + x_2^4 + x_3^4 + x_4^4 = \frac{4}{5}
 \end{aligned}
 \tag{3.19}$$

Se determina ecuația de gradul IV care are rădăcinile  $x_1, x_2, x_3, x_4$ :

$$x^4 + a_1 x^3 + a_2 x^2 + a_3 x + a_4 = 0 \tag{3.20}$$

Pe baza formulelor lui Newton (Th. Angheluță Curs de Algebră Superioară vol. II Cluj 1945) avem:

$$\begin{aligned}
 a_1 &= -s_1 = -2 \\
 a_2 &= \frac{1}{2!} (s_1^2 - s_2) = \frac{1}{2} (4 - \frac{4}{3}) = \frac{4}{3} \\
 a_3 &= \frac{1}{3!} (-s_1^3 + 3s_1 s_2 - 2s_3) = \frac{1}{6} (-8 + 8 - 2) = -\frac{1}{3} \\
 a_4 &= \frac{1}{4!} (s_1^4 - 6s_1^2 s_2 + 3s_2^2 + 8s_1 s_3 - 6s_4) = \\
 &= \frac{1}{4!} (16 - 32 + \frac{16}{3} + 16 - \frac{24}{5}) = \frac{1}{4!} - \frac{8}{15} = \frac{1}{45}
 \end{aligned}
 \tag{3.21}$$

$$x^4 - 2x^3 + \frac{4}{3}x^2 - \frac{1}{3}x + \frac{1}{45} = 0 \tag{3.20}$$

Formăm un șir Sturm relativ la ecuația (3.20')

$$P(x) = 45x^4 - 90x^3 + 60x^2 - 15x + 1 \tag{3.20''}$$

$$P'(x) = 180x^3 - 270x^2 + 120x - 15$$

$$P_1(x) = 12x^3 - 18x^2 + 8x - 1 \tag{3.20'''}$$

$  \begin{aligned}  &180x^4 - 360x^3 + 240x^2 - 60x + 4 \\  &- 90x^3 + 120x^2 - 45x + 4 \\  &- 180x^3 + 240x^2 - 90x + 8 \\  &- 30x^2 + 30x - 7  \end{aligned}  $	$  \begin{aligned}  &12x^3 - 18x^2 + 8x - 1 \\  &15x - 15  \end{aligned}  $
---	---

$$P_2(x) = 30x^2 - 30x + 7 \quad (3.20''''')$$

$$\begin{array}{r|l} 60x^3 - 90x^2 + 40x - 5 & 30x^2 - 30x + 7 \\ -30x^2 + 26x - 5 & 2x - 1 \\ \hline & -4x + 2 \end{array}$$

$$P_3(x) = 2x - 1 \quad (3.20^V)$$

$$\begin{array}{r|l} 30x^2 - 30x + 7 & 2x - 1 \\ -15x + 7 & \\ \hline & -30x + 14 \\ -1 & \end{array}$$

$$P_4(x) = 1 \quad (3.20^{VI})$$

Valorile șirului Sturm sînt pentru  $x=0$ ; 1, -1, 7, -1, +1

4 variații

Valorile șirului Sturm pentru  $x=1$ ; 1, 1, 7, 27, 1.

0 variații

Numarul rădăcinilor reale în  $(0,1)$  este egal cu 4.

Calculăm  $\sum_{i=1}^4 x_i^5$ . Avem:

$$x_i^5 - 2x_i^4 + \frac{4}{3}x_i^3 - \frac{1}{3}x_i^2 + \frac{1}{45}x_i = 0 \quad i = 1, 2, 3, 4$$

Insumînd se obține:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^4 x_i^5 &= 2 \sum_{i=1}^4 x_i^4 - \frac{4}{3} \sum_{i=1}^4 x_i^3 + \frac{1}{3} \sum_{i=1}^4 x_i^2 - \frac{1}{45} \sum_{i=1}^4 x_i = \\ &= 2 \cdot \frac{4}{5} - \frac{4}{3} \cdot \frac{4}{4} + \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{3} - \frac{1}{45} \cdot \frac{4}{2} = \frac{2}{3} \end{aligned}$$

$$\text{adică } \sum_{i=1}^4 x_i^5 = \frac{2}{3} = \frac{4}{k+1} \quad \left| \begin{array}{l} k=5 \\ \text{c.c.t.d.} \end{array} \right.$$

Calculăm  $\sum_{i=1}^4 x_i^6$ . Avem:

$$x_i^6 - 2x_i^5 + \frac{4}{3}x_i^4 - \frac{1}{3}x_i^3 + \frac{1}{45}x_i^2 = 0, \quad i = 1, 2, 3, 4$$

Însumînd obținem:

$$\sum_{i=1}^4 x_i^6 = 2 \sum_{i=1}^4 x_i^5 - \frac{4}{3} \sum_{i=1}^4 x_i^4 + \frac{1}{3} \sum_{i=1}^4 x_i^3 - \frac{1}{45} \sum_{i=1}^4 x_i^2 =$$

$$2. \frac{2}{3} - \frac{4}{3} \cdot \frac{4}{5} + \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{4} - \frac{1}{45} \cdot \frac{4}{3} = \frac{77}{135}$$

$$\frac{77}{135} < \frac{4}{7} = \frac{4}{k+1} \quad \left| \quad k=6 \right.$$

$$539 < 540 \quad \text{c.c.t.d.}$$

Cazul n=5

Fie sistemul simetric de 5 ecuații cu 5 necunoscute

$$\sum_{i=1}^5 x_i^k = \frac{5}{k+1}, \quad k=1,2,3,4,5 \quad (3.21)$$

Vom arăta că soluția generală a acestui sistem este formată din 5 uplete de  $5! = 120$  formate din permutările a 5 numere  $x_i^0$ ,  $i=1,2,3,4,5$  din intervalul  $(0,1)$ , dintre care unul este  $\frac{1}{2}$ .

Folosind formulele lui Newton găsim ecuația de gradul V care are ca rădăcini componentele unei soluții  $(x_1^0, x_2^0, x_3^0, x_4^0, x_5^0)$  a sistemului de ecuații (3.21);

$$x^5 - \frac{5}{2}x^4 + \frac{55}{3 \cdot 2^3}x^3 - \frac{15}{2^4}x^2 + \frac{187}{3 \cdot 2^7}x - \frac{19}{3 \cdot 2^8} = 0 \quad (3.22)$$

Cu ajutorul schemei lui Horner se verifică faptul că ecuația (3.22) admite rădăcina  $\frac{1}{2}$ .

$$\begin{array}{r|rrrrrr} 1 & - & \frac{5}{2} & \frac{55}{3 \cdot 2^3} & - & \frac{15}{2^4} & \frac{187}{3 \cdot 2^7} & - & \frac{19}{3 \cdot 2^8} & 0 \\ \hline \frac{1}{2} & 1 & - & 2 & \frac{31}{3 \cdot 2^3} & - & \frac{14}{3 \cdot 2^4} & \frac{19}{3 \cdot 2^7} & & 0 \end{array}$$

Urmează să arătăm că ecuația

$$x^4 - 2x^3 + \frac{31}{3 \cdot 2^3}x^2 - \frac{14}{3 \cdot 2^4}x + \frac{19}{3 \cdot 2^7} = 0 \quad (3.22')$$

are toate rădăcinile reale și că acestea sunt situate în intervalul  $(0,1)$ .

Vom forma un șir Sturm pentru ecuația (3.23).

Luăm

$$P(x) = 3^2 \cdot 2^7 x^4 - 3^2 \cdot 2^8 x^3 + 3 \cdot 31 \cdot 2^4 x^2 - 3 \cdot 14 \cdot 2^3 x + 19 \quad (3.22'')$$

Avem:

$$P'(x) = 3^2 \cdot 2^9 x^3 - 3^3 \cdot 2^8 x^2 + 3 \cdot 31 \cdot 2^5 x - 3 \cdot 14 \cdot 2^3$$

Luăm

$$P_1(x) = 3 \cdot 2^5 x^3 - 3^2 \cdot 2^4 x^2 + 31 \cdot 2 x - 7 \quad (3.22''')$$

Efectuăm calculele pentru determinarea următorului polinom în șirul Sturm relativ la ecuația (3.22').

$$\begin{array}{r|l} 3 \cdot 2^7 x^4 - 3^2 \cdot 2^8 x^3 + 3 \cdot 31 \cdot 2^4 x^2 - 3 \cdot 2^4 \cdot 7 \cdot x + 19 & 3 \cdot 2^5 x^3 - 3^2 \cdot 2^4 x^2 + 31 \cdot 2 x - 7 \\ - 3^2 \cdot 2^6 x^3 + 3 \cdot 2^3 \cdot 31 x^2 - 3^2 \cdot 2^2 \cdot 7 x + 19 & 3 \cdot 2^2 x - 3 \cdot 2 \\ - 3 \cdot 5 \cdot 2^3 x^2 + 3 \cdot 2^3 \cdot 5 x - 23 & \end{array} \quad (3.22^{IV})$$

$$P_2(x) = 3 \cdot 5 \cdot 2^3 x^2 - 3 \cdot 5 \cdot 2^3 x + 23$$

$$\begin{array}{r|l} 3 \cdot 2^5 \cdot 5 \cdot x^3 - 3^2 \cdot 2^4 \cdot 5 x^2 + 31 \cdot 2 \cdot 5 x - 35 & 3 \cdot 5 \cdot 2^3 x^2 - 3 \cdot 5 \cdot 2 x + 23 \\ - 3 \cdot 5 \cdot 2^4 x^2 + 2 \cdot 109 x - 35 & 2^2 x - 2 \\ - 2 \cdot 11 x + 11 & \end{array}$$

$$P_3(x) = 2x - 1 \quad (3.22^V)$$

$$\begin{array}{r|l} 3 \cdot 5 \cdot 2^3 x^2 - 3 \cdot 5 \cdot 2^3 x + 23 & 2x - 1 \\ - 3 \cdot 5 \cdot 2^2 x + 23 & 3 \cdot 5 \cdot 2^2 x - 3 \cdot 5 \cdot 2 \\ - 7 & \end{array}$$

$$P_4(x) = 7 \quad (3.22^{VI})$$

Șirul Sturm:  $P(x), P_1(x), P_2(x), P_3(x), P_4(x)$

$$x=0 \quad 19, -7, 23, -1, 7 \quad 4 \text{ variații}$$

$$x=1 \quad 19, 7, 23, 1, 7 \quad 0 \text{ variații}$$

Concluzie: 4 rădăcini reale în  $(0,1)$  pentru ecuația (3.22')

Ne-a mai ramas să arătăm că:

$$\sum_{i=1}^5 x_i^6 < \frac{5}{k+1} \Big|_{k=6} = \frac{5}{7}$$

Calculăm

$$s_6 = \sum_{i=1}^5 x_i^6 \quad \text{. Avem ecuația 3.22:}$$

$$s_6 - \frac{5}{2} s_5 + \frac{55}{3 \cdot 2^3} s_4 - \frac{15}{2^4} s_3 + \frac{187}{3^2 \cdot 2^7} s_2 - \frac{19}{3^2 \cdot 2^8} s_1 = 0$$

Deci:

$$s_0 = \frac{5}{2} \cdot \frac{5}{6} - \frac{55}{3 \cdot 2^3} + \frac{15}{2^4} \cdot \frac{5}{4} - \frac{187}{3^2 \cdot 2^7} \cdot \frac{5}{3} + \frac{19}{3^2 \cdot 2^8} \cdot \frac{5}{2} = \frac{5 \cdot 1973}{2^9 \cdot 3^3}$$

$$\text{Avem } \frac{5 \cdot 1973}{2^9 \cdot 3^3} < \frac{5}{7} = \frac{5}{k+1} \quad \left. \vphantom{\frac{5 \cdot 1973}{2^9 \cdot 3^3}} \right|_{k=6}$$

$$\begin{aligned} \text{Într-adevăr } 7 \cdot 1973 &< 2^9 \cdot 3^3 \\ 13 \cdot 811 &< 13 \cdot 824 \end{aligned}$$

Pentru cazurile particulare  $n=4$  și  $n=5$  (ca de altfel și pentru  $n=2, n=3$ ) verificarea proprietăților învederate mai sus se face prin calcul direct. Dat fiind că în problemele tratate în prezenta lucrare nu avem nevoie de mai mult de 5 noduri, nu ne ocupăm de demonstrația acestor proprietăți în cazul general.

O altă proprietate interesantă a sistemelor de tipul:

$$\sum_{i=1}^n x_i^k = \frac{n}{k+1}, \quad k = 1, 2, \dots, n$$

este următoarea: numerele din  $n$ -upletul soluție  $(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$  aranjate în ordine crescătoare sunt două câte două simetrice față de mijlocul intervalului. (Rezultă deci că în cazul  $n$  impar unul din aceste numere este  $\frac{1}{2}$ ). Se va verifica această proprietate pentru cazurile particulare  $n=2$  și  $n=3$ .

Cazul  $n=2$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = \frac{2}{2} \\ x_1^2 + x_2^2 = \frac{2}{3} \end{cases}$$

Ecuatia de gradul al doilea corespunzatoare este:

$$x^2 - x + \frac{1}{6} = 0$$

Fie  $x_1^0$  o rădăcină a acestei ecuații

$$(x_1^0)^2 - x_1^0 + \frac{1}{6} = 0 \quad \text{Simetrica ei față de } \frac{1}{2} \text{ este}$$

$$(1-x_1^0)^2 - (1-x_1^0) + \frac{1}{6} = (x_1^0)^2 - x_1^0 + \frac{1}{6} = 0$$

Deci și  $1-x_1^0$  este rădăcină a ecuației

$$x^2 - x + \frac{1}{6} = 0$$

Cazul n= 3

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = \frac{3}{2} \\ x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = 1 \\ x_1^3 + x_2^3 + x_3^3 = \frac{3}{4} \end{cases}$$

Ecuția corespunzătoare este:

$x^3 - \frac{3}{2}x^2 + \frac{5}{8}x - \frac{1}{16} = 0$  ; fie  $x_0$  o rădăcină a acesteia. Simetrica față de  $\frac{1}{2}$  este  $1 - x_0$ .

$$(1-x_0)^3 - \frac{3}{2}(1-x_0)^2 + \frac{5}{8}(1-x_0) - \frac{1}{16} = - (x_0^3 - \frac{3}{2}x_0^2 + \frac{5}{8}x_0 - \frac{1}{16}) = 0$$

Aceste proprietăți permit organizarea calculului nodurilor fixe pentru formulele de cuadratură.

De exemplu, în cazul a 5 noduri, de la bun început le vom cauta sub forma:

$$a, b, \frac{1}{2}, 1-b, 1-a .$$

### 3.3.5. Model matematic - realitate fizică.

La deschiderea Lucrarilor Simpozionului de Matematică și Aplicații, Timișoara 1-2 noembrie 1987, profesorul O. Stănășilă în cadrul conferinței "Model matematic - realitate fizică" a prezentat locul relației Model matematic - realitate fizică în cadrul discului "A FACE" (fig.3.4).

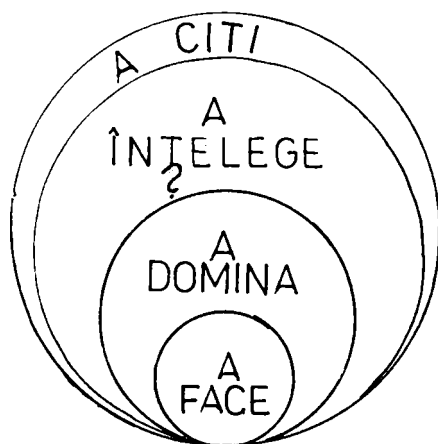


Fig 3.4

În cadrul conferinței s-a pus problema încadrării prioritare în timp: precedă modelul matematic realitatea fizică sau invers? S-a ajuns la concluzia că uneori modelul matematic existent deja a condus la elucidarea enigmelor tehnice ale realității fizice, iar alteori pentru o realitate fizică neexplicată științific s-a creat un model matematic.

În cadrul problemelor ridicate de efectul de legătură al barei în concluzare, se vor cunoaște inițial doar eforturile axiale în penduli de la capetele barei, ca și condiții de margine, și proprietăți ale funcției eforturilor în penduli (fig.3.5): funcție neconstantă și simetrică în raport cu mijlocul intervalului de definiție  $[0, L]$  având un punct de extrem la  $0,5 \cdot L$  și prima derivată de semn opus în intervalele  $[0, 0,5L)$ ,  $(0,5L, L]$ .



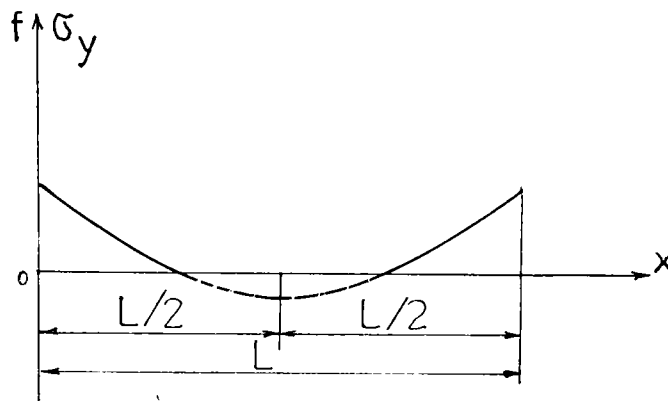


Fig 3.5 Alura funcției  $\sigma_y$  observată în cadrul modelării fizice

Funcția  $\sigma_y(x)$  nu se cunoaște și pentru a o afla este necesar să o considerăm de o formă - lege - precizată parțial:

$$f(x) = a \left( \sin \frac{\pi x}{L} \right) + b \cdot \cos \frac{\pi x}{L}$$

sau

$$f(x) = ax^2 - ax + b$$

sau

$$f(x) = a(x - 0,5L)^{2n} + b \cdot \sin \frac{\pi x}{L}$$

Se pune așadar problema modelului matematic apropiat realității fizice, care nici ea nu este cunoscută exceptând proprietatea de simetrie și condițiile de margine sau de capăt.

În această situație ar fi ideal să căutăm o funcție care să fie în relație cu mulțimea funcțiilor ce pot fi considerate.

Deoarece funcția  $\sigma_y(x)$  a eforturilor în penduli va fi integrată în cadrul calculelor care țin de domeniul tehnic al problemei iar valoarea integralei definite  $\int \sigma_y(x) dx$  este decisivă în a influența rezultatele, integrala funcției presupuse pentru  $\sigma_y(x) dx$  ar fi ideal să conducă la același rezultat aproximativ indiferent că alura funcției eforturilor în penduli ar fi:

$$\text{sau } \mathcal{G}_y^{(1)}(x) = a \left( \sin \frac{\pi x}{L} \right) + b \cdot \cos \frac{\pi x}{L} = f_1(x)$$

$$\text{sau } \mathcal{G}_y^{(2)}(x) = ax^2 - ax + b = f_2(x)$$

$$\text{sau } \mathcal{G}_y^{(3)}(x) = a(x-0,5L)^{2n} + b \cdot \sin \frac{\pi x}{L} = f_3(x)$$

Dacă derivata funcției moment încovoietor pe subbară se anulează în trei puncte în intervalul  $[0, L]$ , se vor considera drept model matematic al realității fizice constând în "eforturile în penduli" funcțiile polinomiale  $P_{2,3}^s(x)$  și  $P_{2,4}^s(x)$  dacă

$A_{3,3}$        $A_{4,4}$

proprietățile lor relativ la integrala definită

$$\int_0^L P_{2,3}^s(x) dx = \frac{L}{3} (2f(x_0) + f(x_1)) \quad \begin{cases} x_0 = 0,1464466 L \\ x_1 = 0,5 L \end{cases}$$

$$\int_0^L P_{2,4}^s(x) dx = \frac{L}{4} (2f(x_0) + 2f(x_1)) \quad \begin{cases} x_0 = 0,1026739 L \\ x_1 = 0,4061987 L \end{cases}$$

rezolvă suficient de precis integrarea funcțiilor

$$\mathcal{G}_y^{(1)}(x) = a \left( \sin \frac{\pi x}{L} \right) + b \cdot \cos \frac{\pi x}{L}, \quad \mathcal{G}_y^{(3)}(x) = a(2-0,5L)^{2n} + b \cdot \sin \frac{\pi x}{L}$$

$$\text{adică: } \int_0^L \mathcal{G}_y^{(1)}(x) dx \approx \frac{L}{3} (f_1(x_0) + f_1(x_1) + f_1(x_0))$$

$$\int_0^L \mathcal{G}_y^{(2)}(x) dx \approx \frac{L}{4} (2f_1(x_0) + 2f_1(x_1))$$

$$\int_0^L \mathcal{G}_y^{(3)}(x) dx = \frac{L}{3} (2\mathcal{G}_y^{(3)}(x_0) + \mathcal{G}_y^{(3)}(x_1)) \quad \begin{cases} x_0 = 0,1464466 L \\ x_1 = 0,5 L \end{cases}$$

$$\int_0^L \mathcal{G}_y^{(3)}(x) dx = \frac{L}{4} (2\mathcal{G}_y^{(3)}(x_0) + 2\mathcal{G}_y^{(3)}(x_1)) \quad \begin{cases} x_0 = 0,1026739 L \\ x_1 = 0,4061987 L \end{cases}$$

În concluzie, modelul matematic satisface realitatea fizică în măsura în care polinoamele de interpolare Lagrange-iană  $P_2(x)$  construite cu ajutorul sistemelor de noduri fixe aproximează funcții "f" atât funcții simetrice indefinit variabile cât și funcții simetrice polinomiale de grad superior, pe un interval  $[a, b] \subseteq [0, L]$ ,  $P_2(a) = f(a)$ ,  $P_2(b) = f(b)$ ,  $f'(0,5L) = 0$ ,  $P_2'(0,5L) = 0$ ,  $f'(x) \neq 0$  și  $P_2'(x) \neq 0$  oricare ar fi  $x \in [0, L] \setminus \{0,5L\}$

Să verificăm așadar în ce măsură integrala definită a funcțiilor de interpolare  $P_{3,3}^s(x)$  aproximează integrala definită a unei funcții simetrice indefinit derivabile și a unei funcții care este suma unei funcții polinomiale de grad superior cu o funcție indefinit derivabilă.

Pentru funcția indefinit derivabilă dată de legea

$$x \longrightarrow f(x)$$

$$\underset{[0, L]}{x} \longrightarrow \sin \frac{\pi x}{L} + 0,1413675 \left| \cos \frac{\pi x}{L} \right|$$

și polinomul de interpolare Lagrange-iană

$$P_{3,3}^s(x) = \frac{-3,43453}{L^2} x^2 + \frac{3,43453}{L} x + 0,1413675$$

sunt prezentate graficele obținute cu ajutorul calculatorului.

Pentru funcția sumă a unei funcții polinomiale de grad superior cu o funcție indefinit derivabilă dată de legea

$$\underset{[0, L]}{x} \longrightarrow (x-0,5L)^{2n} + (17,862187 (0,3535534L)^{2n} - 8,9310935 (0,5L)^{2n}) \sin \frac{\pi x}{L}$$

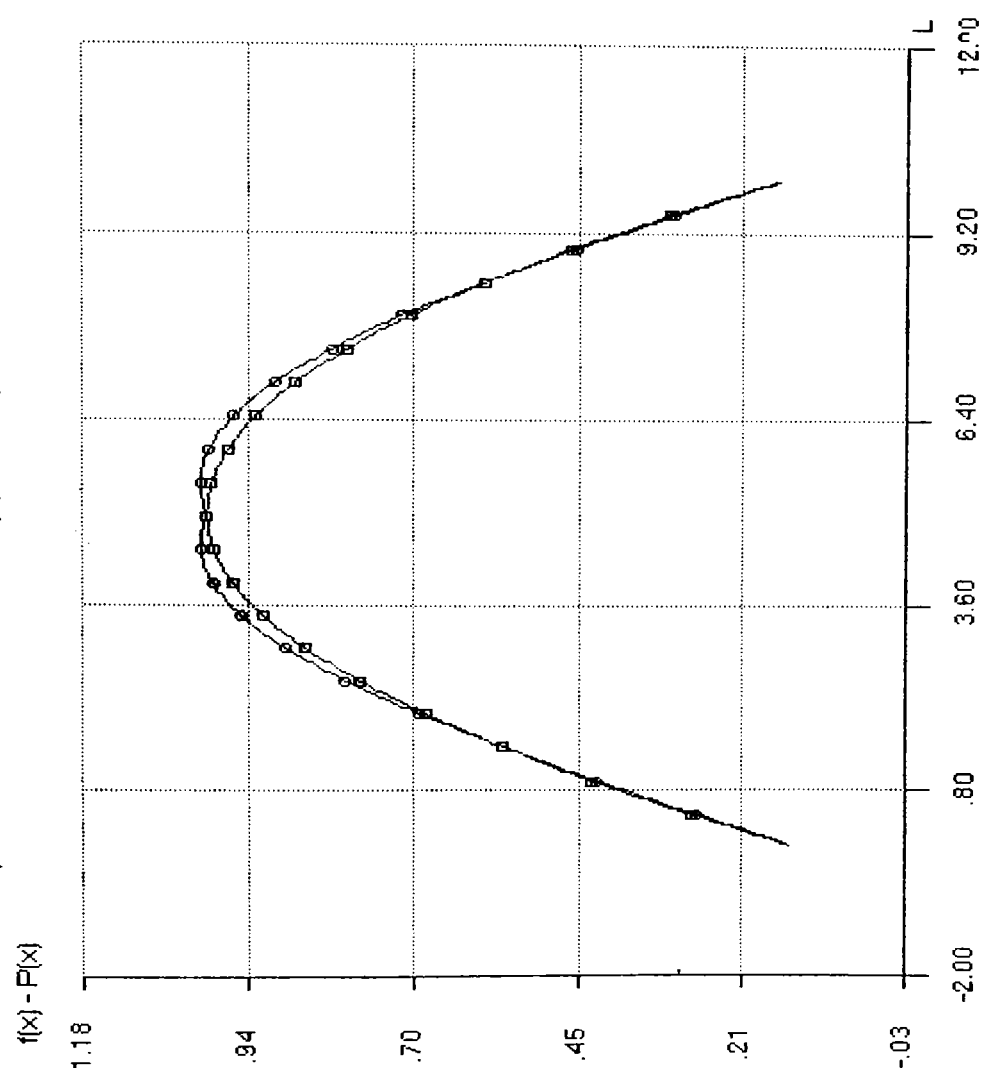
și polinomul de interpolare Lagrange-iană

$$P_{3,3}^s(x) = \frac{39,724376 (0,5L)^{2n} - 71,448744 (0,3535534L)^{2n}}{L^2} x^2 + \frac{-39,724376 (0,5L)^{2n} + 71,448744 (0,3535534L)^{2n}}{L} x + (0,5L)^{2n}$$

sunt prezentate graficele obținute cu ajutorul calculatorului.

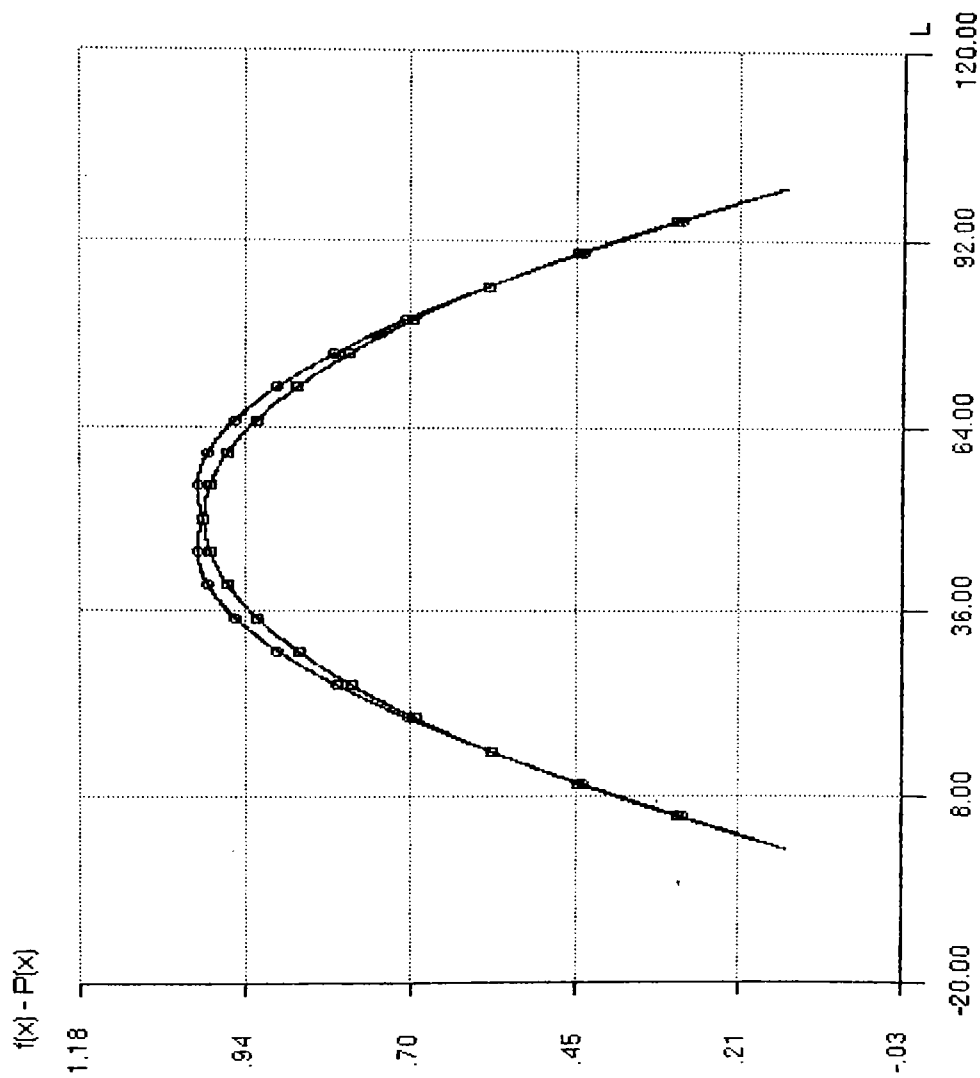
# VERIFICAREA POLINOMULUI DE INTERPOLARE LAGRANGE

pentru functii de forma  $f(x)=a*\sin(mx)+b*\cos(nx)$



# VERIFICAREA POLINOMULUI DE INTERPOLARE LAGRANGE

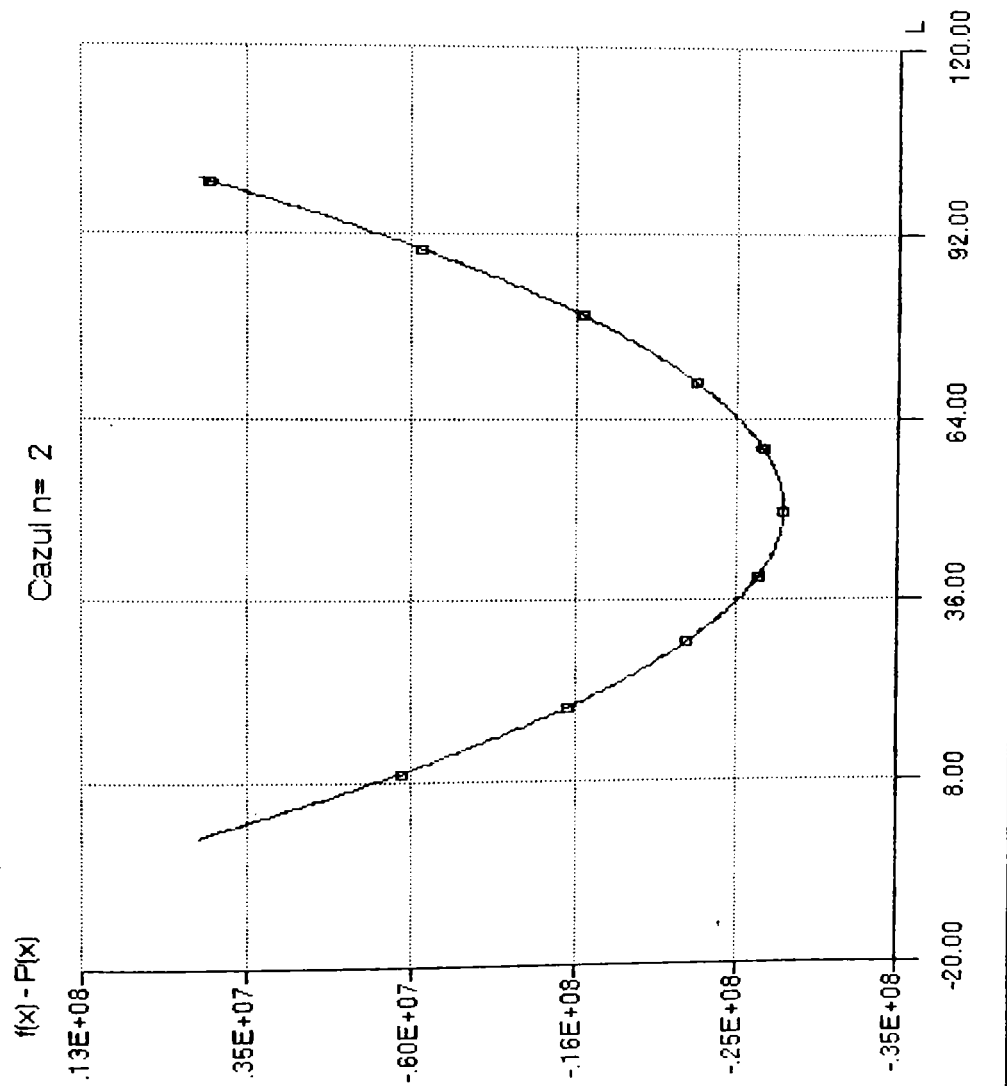
pentru functii de forma  $f(x) = a \cdot \sin(mx) + b \cdot \cos(nx)$



VERIFICAREA POLINOMIULUI DE INTERPOLARE LAĞRANGE

pentru functii de forma  $f(x)=a(x-b)^{2n}+c*\sin(mx)$

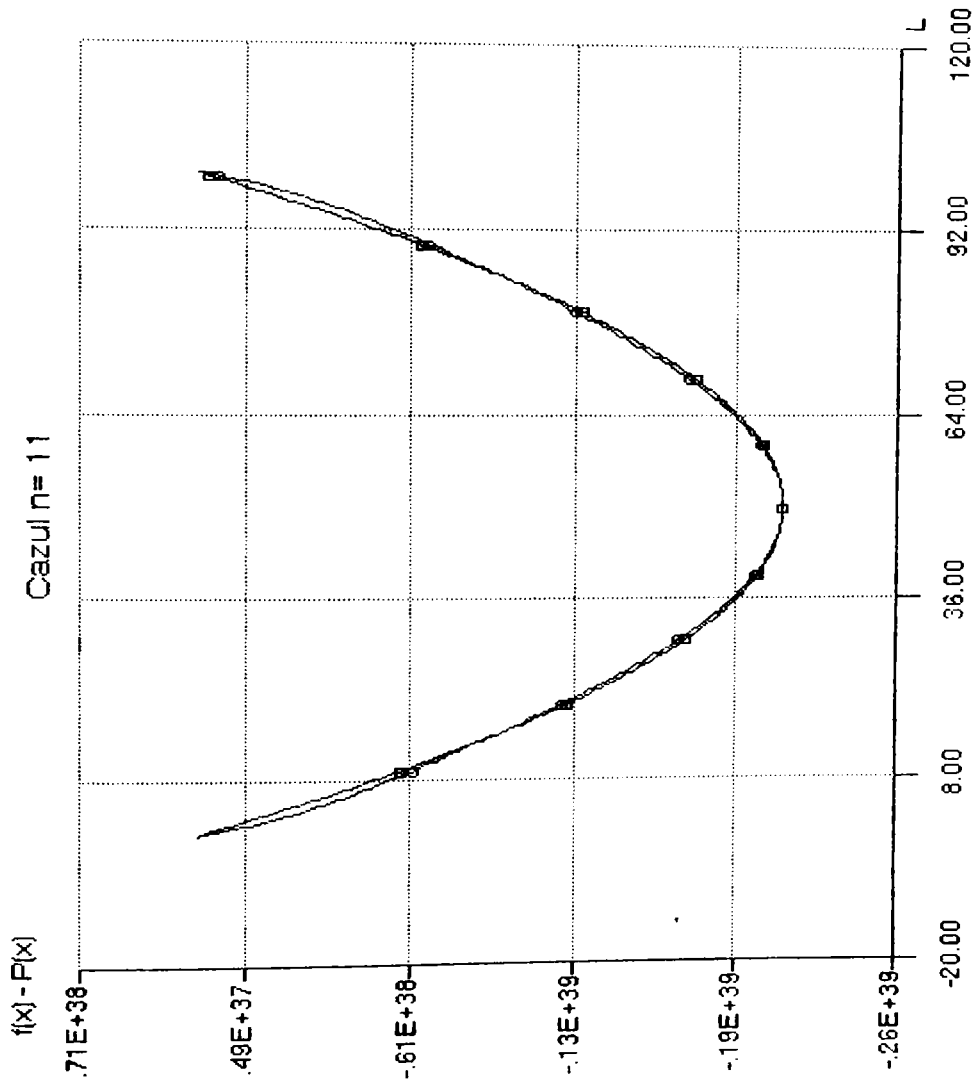
Cazul n= 2



# VERIFICAREA POLINOMIULUI DE INTERPOLARE LAGRANGE

pentru functii de forma  $f(x)=a(x-b)^{**}2n+c*\sin(mx)$

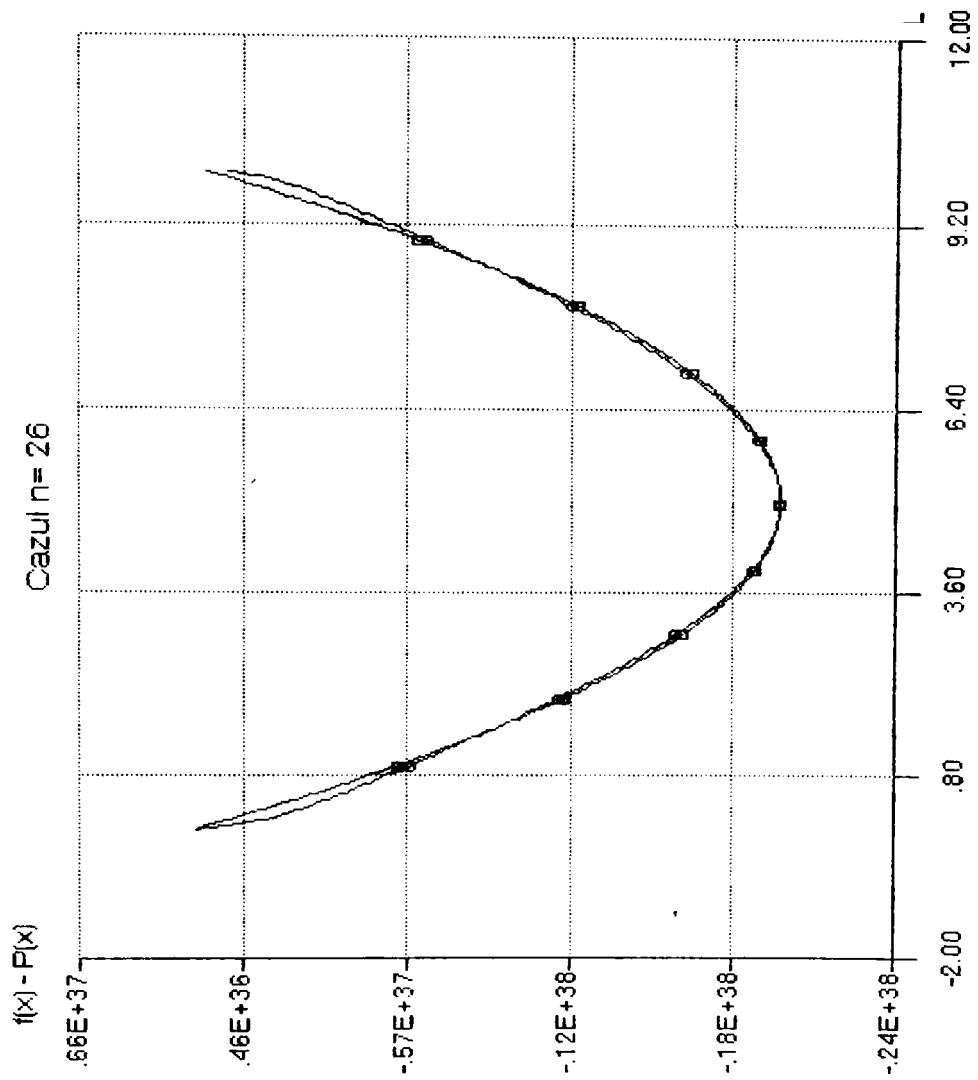
Cazul  $n= 11$



# VERIFICAREA POLINOMULUI DE INTERPOLARE LAGRANGE

pentru functii de forma  $f(x)=a(x-b)^{2n}+c\sin(mx)$

Cazul  $n= 26$





Se precizează faptul că precizia de aproximare crește în cazul polinoamelor de aproximare construite pe baza sistemului de noduri fixe  $A_{4,4}$ ,  $A_{5,5}$

#### Concluzii.

În lucrare nu sunt prezentate decât două funcții approximate cu ajutorul polinoamelor de interpolare Lagrange-iană construite pe baza sistemelor de noduri fixe.

Necunoscând alura funcției căutate - a eforturilor în penduli - este dificil de afirmat, în faza de punere a problemei, dacă polinomul de interpolare construit pe baza nodurilor fixe aproximează suficient de exact funcția necunoscută a eforturilor în penduli; răspunsul la această incertitudine este dat în finalul tezei, prin faptul că secțiunea de rupere a barelor încercate coincide cu secțiunea periculoasă rezultată din calculul care în viziunea autorului nu era posibil fără un prezumtiv model matematic asociat problemei.

Acest prezumtiv model matematic nu a fost întâmplător: este cunoscut faptul că în cazul funcțiilor indefinit derivabile dezvoltabile în serii Taylor, termenii în care argumentul "x" apare la puteri mari, conțin la numitor factorialul puterii, influențând puțin valoarea funcției; această idee a condus la integrarea numerică cu noduri fixe.

3.4. DEDUCEREA RELATIILOR PRELIMINARE DE CALCUL  
PENTRU DIAGrameLE DE EFORTURI PE BARA CA  
STRUCTURĂ STATIC NEDETERMINATĂ PE BAZA  
FORMULĂRII TEORIEI MATEMATICE

3.4.1. Calculul diagramelor de eforturi pentru bara  
alcatuită din două subbare.

3.4.1.1. Ipoteze și faze de calcul.

Deși legile generale care guvernează calculul au fost prezentate anterior, fazele pentru calculul static specific barei cu secțiune compusă cu conlucrare se vor enumera doar după ce în prealabil se vor preciza aspectele specifice, particulare ale legilor de calcul abordate prin modelul matematic de aplicare, sub formă de ipoteze.

I1). Structura de calcul (bara) se consideră alcătuită din două tipuri de elemente: subbare și penduli ortogonali pe axa longitudinală a barei și articulați pe frontierele subbarelor (fig.3.6).

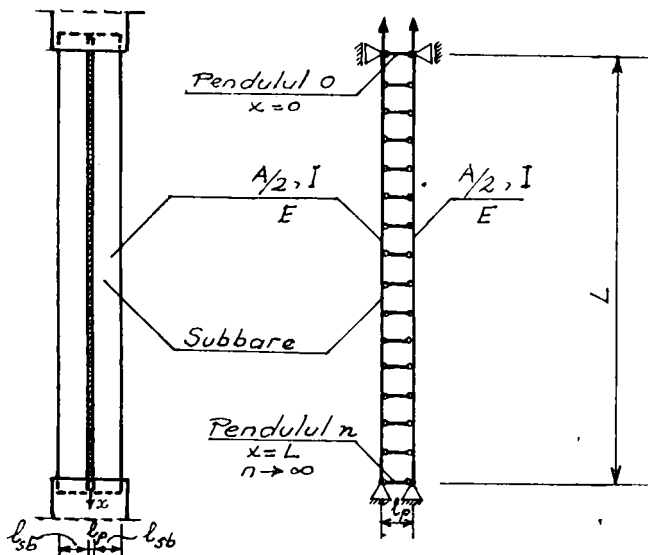


Fig.3.6 Schema statică a barei cu conlucrare

I2). Structura de calcul (bara alcătuită din subbare cu conlucrare) este static nedeterminată interior; gradul de nedeterminare statică fiind egal cu numărul pendulilor.

Într-adevăr, prin secționarea tuturor pendulilor se obțin două bare static determinate.

În practică legarea celor două subbare se preconizează a se face cu ajutorul cordonului de sudură electrică pe toată lungimea barei; în acest caz dacă se acceptă înlocuirea (modelarea) cordonului de sudură cu o infinitate de penduli, bara alcatuită din subbare cu conlucrare este o structură indefinit static nedeterminată.

13). Starea de eforturi <sup>unitare</sup> din penduli este monoaxială. Necunoscutele problemei static nedeterminate sunt eforturile unitare din penduli:  $n_1, n_2, \dots, n_1, \dots, n_n$ .

Eforturile unitare din penduli se exprimă cu ajutorul alungirilor pendulilor,  $V_i$ :

$$n_i = \sum_{y_i} \frac{V_i}{l} E$$

Din cele de mai sus rezultă că necunoscutele problemei static nedeterminate pot fi considerate alungirile pendulilor.

14). În expresia energiei elastice  $\mathcal{E}$  se consideră doar termenul corespunzător funcției moment încovoietor dacă lungimea pendulilor este foarte mică (cazul legării subbarelor cu cordon de sudură electrică).

15). Variația eforturilor în penduli în lungul barei se exprimă cu ajutorul polinoamelor de interpolare Lagrange-iană asociate sistemelor de noduri fixe  $A_{3,3}$  și  $A_{4,4}$ .

Din metoda de integrare numerică cu noduri fixe, reținem polinoamele de interpolare Lagrange-iană:

$$P_{A_{3,3}}(x) = \frac{4f(x_0) - 8f(x_1) + 4f(x_2)}{L^2} x^2 + \frac{-5.4142136f(x_0) + 8f(x_1) - 2.5857864f(x_2)}{L} x + 1.7071068 f(x_0) - f(x_1) + 0.2928932 f(x_2)$$

$$P_{A_{4,4}}(x) = \frac{-8.44179f(x_0) + 35.757965f(x_1) - 35.757965f(x_2) + 8.44179f(x_3)}{L^3} x^3$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{16.016828 f(x_0) - 56.991091 f(x_1) + 50.282803 f(x_2) - 9.308541 f(x_3)}{L^2} x^2 \\
& - \frac{9.611209 f(x_0) + 24.527577 f(x_1) - 17.81929 f(x_2) + 2.902922 f(x_3)}{L} x \\
& + 1.827107 f(x_0) - 1.956249 f(x_1) + 1.338202 f(x_2) - 0.209061 f(x_3).
\end{aligned}$$

16). În calculul static se vor folosi proprietățile de simetrie ale structurii.

17). Dacă lungimea pendulilor este foarte mică, termenul corespunzător forțelor axiale din penduli din expresia energiei elastice este nesemnificativă și poate fi neglijată; în acest caz sistemul de ecuații care rezultă din condiția de minim al energiei potențiale:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial v_1} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial v_2} = 0 \\ \vdots \\ \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial v_i} = 0 \\ \vdots \\ \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial v_n} = 0 \end{array} \right. \quad (3.23)$$

este omogen

Corectitudinea calculului se poate verifica prin compatibilitatea sistemului de ecuații de mai sus.

Condiția necesară și suficientă ca sistemul de ecuații (3.23) să fie compatibil (nedeterminat) este ca determinantul matricii asociate sistemului să fie nul.

Pentru ca sistemul de ecuații (3.23) să fie și "determinat" nu numai compatibil, se impune condiția ca eforturile din penduli în vecinătatea oricât de mică a secțiunii de reazem să fie " $\mu p$ " unde  $p$  este raportul dintre forța axială exterioară ce acționează asupra barei și aria (totală) a barei.

Valoarea efortului unitar  $\sigma$  în penduli în vecinătatea oricât de mică a reazemelor barei se obține drept consecință a împiedicării contractiei transversale a subbarelor în zona reazemului (fig.3.7).

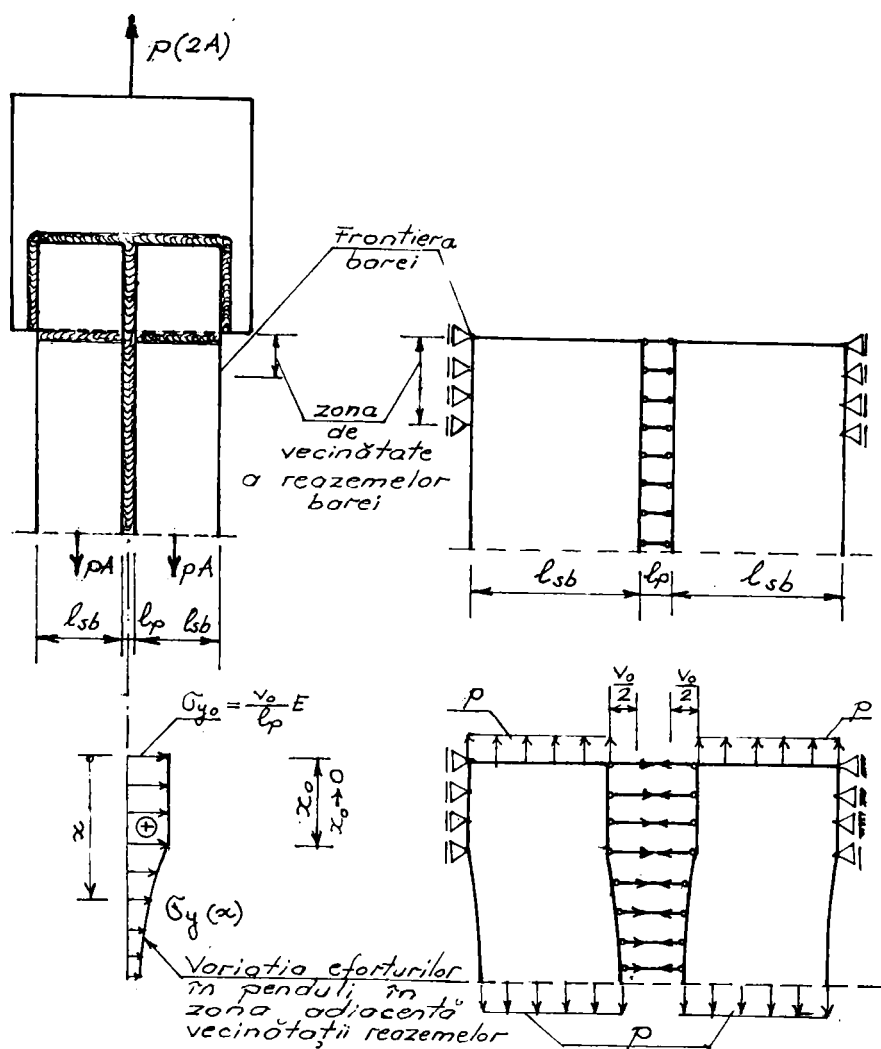


Fig. 3.7 Schematizarea barei în vecinătatea reazemelor

În vecinătatea oricât de mică (infinitesimală) a reazemului, contracția transversală a subbarelor este împiedicată, practic, pe frontiera barei și parțial împiedicată în zona pendulilor.

Alungirea totală a pendulului de capăt este:

$$v_0 = \frac{\sigma_{y_0}}{E} l_p \quad (3.24)$$

Deplasarea frontierei interioare a unei subbare solicitată biaxial este:

$$- \frac{v_0}{2} = \frac{1}{E} (\sigma_{y_0} - \mu p) l_{sb} \quad (3.25)$$

Eliminând parametrul  $v_0$  (alungirea totală a pendulului) din cele două relații de mai sus se obține:

$$\sigma_{y_0} = \frac{2l_{sb}}{2l_{sb} + l_p} \mu p$$

$$\lim_{l_p \rightarrow 0} \sigma_{y_0} = \mu p \quad (3.26)$$

Daca bara alcatuită din două subbare cu conlucrare este solicitată axial sub un efort unitar normal  $p$ , atunci în zona reazemelor efortul unitar în pendul se consideră  $\mu p$ , datorită rigidităților axiale și de încovoiere sporite pe care le au elementele de reazem ale barei în raport cu rigiditatea barei.

Deoarece orice analiză globală elastică este ordonată, iar determinarea diagramelor de eforturi pentru bara alcatuită din subbare cu conlucrare solicitată axial prezintă aspecte specifice, se va prezenta schema logică a investigării statice, sub forma următoarelor faze de calcul și de lucru:

f1). Exprimarea parametrică a eforturilor din penduli în punctele corespunzătoare nodurilor fixe în urma sectionării fictive a tuturor pendulilor.

f2). Exprimarea eforturilor din penduli ca funcție polinomială cu ajutorul polinomului de interpolare Lagrange-iană.

f3). Determinarea reacțiunilor forță tăietoare ale subbarelor din acțiunea încărcării transversale dată de eforturile din penduli.

f4). Reprezentarea analitică parametrică a funcțiilor moment încovoietor și forța tăietoare pe subbare și a funcției forță axială în penduli.

Expresia energiei elastice pentru bara alcătuită din subbare cu conlucrare solicitată axial este:

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} \left\{ \sum_{\text{subbare}} \int_0^L \frac{M^2}{EI} dx + \sum_{\text{penduli}} \int_0^{\ell_p} \frac{N^2}{EA_p} dy + \sum_{\text{subbare}} \int_0^L \frac{KT^2}{GA} dx \right\} \quad (3.27)$$

Dacă lungimea pendulilor este mică iar influența forței tăietoare neglijabilă, atunci:

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} \sum_{\text{subbare}} \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx \quad (3.28)$$

f5). Determinarea necunoscutelor (a eforturilor din penduli) din condițiile:

- c1). Energia elastică a barei să fie minimă
- c2). Efortul unitar normal în pendulii din zona reazemelor este  $\mu_p$  (în ipoteza că lungimea pendulilor este foarte mică - cazul legării subbarelor cu un cordon continuu ~~de~~ sudură electrică).

f6). Exprimarea analitică și reprezentarea grafică a diagramelor de eforturi.

3.4.1.2. Aplicarea fazelor de calcul folosind polinomul de interpolare Lagrange-iană  $P_2(x)$

$$f1). \text{Notam cu } n_1 = \frac{v_1}{l_p} E = \overset{A_{3,3}}{\sigma}_{y_1}, \quad n_2 = \frac{v_2}{l_p} E = \sigma_{y_2}$$

$$, \quad n_3 = n_1$$

eforturile din penduli în punctele corespunzătoare nodurilor fixe (fig.3.8).

$$f(x_0) = n_1 = \frac{v_1}{l_p} E = \sigma_{y_1}$$

$$f(x_1) = n_2 = \frac{v_2}{l_p} E = \sigma_{y_2}$$

$$f(x_2) = n_3 = n_1 = \sigma_{y_3}$$

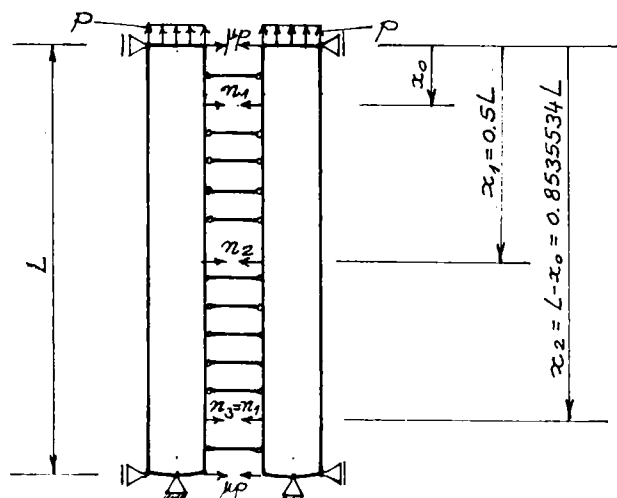


Fig 3.8 Eforturi în penduli în punctele corespunzătoare sistemului de noduri fixe  $A_{3,3}$

f2). Folosind polinomul de interpolare Lagrange-iană pentru sistemul de noduri fixe  $A_{3,3}$ :

$$P_2(x) = \frac{4f(x_0) - 8f(x_1) + 4f(x_2)}{L^2} x^2 + \frac{-5.4142136f(x_0) + 8f(x_1) - 2.5857864f(x_2)}{L} x + 1.7071068f(x_0) - f(x_1) + 0.2928932f(x_2)$$

variația eforturilor unitare în penduli în lungul axei se scrie:

$$\sigma_y(x) = \frac{8V_1 - 8V_2}{L^2 l_p} Ex^2 + \frac{-8V_1 + 8V_2}{L l_p} Ex + \frac{2V_1 - V_2}{l_p} E$$

sau

$$\sigma_y(x) = \frac{8n_1 - 8n_2}{L^2} x^2 + \frac{-8n_1 + 8n_2}{L} x + 2n_1 - n_2 \quad (3.29)$$

f3). Reacțiunea forță tăietoare  $T_0$  de la un capăt al unei subbare este jumătate din suma eforturilor din toți pendulii de legătură.

Dacă notăm cu  $\delta$  grosimea pendulilor, respectiv grosimea subbarelor în zona de conlucrare, se obține:



$$T_0 = -\frac{1}{2} \int_0^{\delta} \left( \int_0^L \sigma_y(x) dx \right) dy = -\delta L \left( \frac{2n_1 + n_2}{6} \right) \quad (3.30)$$

f4). Expresia analitică a forței tăietoare pentru o subbară este:

$$T(x) = -T_0 - \delta \int_y^{\delta} \sigma_y(x) dx$$

$$T(x) = \delta \left( \frac{-2.666666n_1 + 2.666666n_2}{L^2} x^3 + \frac{4n_1 - 4n_2}{L} x^2 + (-2n_1 + n_2)x + (0.333333n_1 + 0.166666n_2)L \right) \quad (3.31)$$

Expresia analitică a momentului încovoietor pentru o subbară este:

$$M(x) = \int T(x) dx$$

$$M(x) = \delta \left( (n_1 - n_2) \left( \frac{-0.666666}{L^2} x^4 + \frac{1.333333}{L} x^3 \right) + (-n_1 + 0.5n_2)x^2 + (0.333333n_1 + 0.166666n_2)Lx \right) \quad (3.32)$$

Se alege expresia energiei elastice sub forma:

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} \sum_{\text{subbară}} \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx = \frac{1}{2} \times 2 \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx = \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx$$

După efectuarea calculelor se obține:

$$= \frac{\delta^2 L^5}{EI} (0.0012345n_1^2 + 0.00388n_1n_2 + 0.0032186n_2^2) \quad (3.33)$$

f5). Eforturile din penduli se determină impunând condiția de minim pentru expresia energiei elastice supusă la legătura  $2n_1 - n_2 - \mu p = 0$  care exprimă condiția ca în vecinătatea reazemelor eforturilor unitare în penduli să fie  $\mu p$ .

Problema extremei cu legături:

$$\mathcal{L}^* = \mathcal{E} + \lambda(2n_1 - n_2 - \mu p) = \text{minim}$$

se reduce la rezolvarea sistemului de ecuații:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial n_1} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial n_2} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial \lambda} = 0 \end{array} \right. \text{ echivalent cu: } \left\{ \begin{array}{l} 0.002469n_1 + 0.00388n_2 + 2\lambda = 0 \\ 0.00388n_1 + 0.0064372n_2 - \lambda = 0 \quad (3.34) \\ 2n_1 - n_2 + 0\lambda = \mu p \end{array} \right.$$

fară a fi necesare alte verificări matematice fiindcă totdeauna energia elastică asociată unei structuri static nedeterminate are un minim.

Prin rezolvarea sistemului de ecuații de mai sus se obține:

$$n_1 = 0.3830645 \mu p$$

$$n_2 = -0.6105262n_1 = -0.2338709 \mu p$$

$$\lambda = -0.0000192 \mu p$$

Pentru eforturile în penduli  $n_1, n_2$  de mai sus se obține:

$$\mathcal{E} = 0.0000096 \frac{\delta^2 L^5}{EI} \mu^2 p^2 \quad (3.35)$$

$$\sigma_y(x) = \left( \frac{4.9354835}{L^2} x^2 - \frac{4.9354835}{L} x + 1 \right) \mu p \quad (3.36)$$

f6). Reprezentarea analitică a forței tăietoare pe o subbară este:

$$T(x) = -T_0 - \int \sigma_y(x) dx$$

$$T(x) = \left( \frac{1.6451612}{L^2} x^3 - \frac{2.4677417}{L} x^2 - x - 0.0887097 L \right) \delta \mu p \quad (3.37)$$

Reprezentarea analitică a momentului încovoietor pe o subbară este:

$$M(x) = \int T(x) dx =$$

$$= - \left( \frac{0.4112903}{L^2} x^4 - \frac{0.8225806}{L} x^3 + 0.5 x^2 - 0.0887097 Lx \right) \delta \mu p \quad (3.38)$$

În figura 3.9. se dau diagramele  $\sigma_y, T, M$  pe subbare în urma analizei globale elastice folosind sistemul de noduri fixe  $A_{3,3}$ .

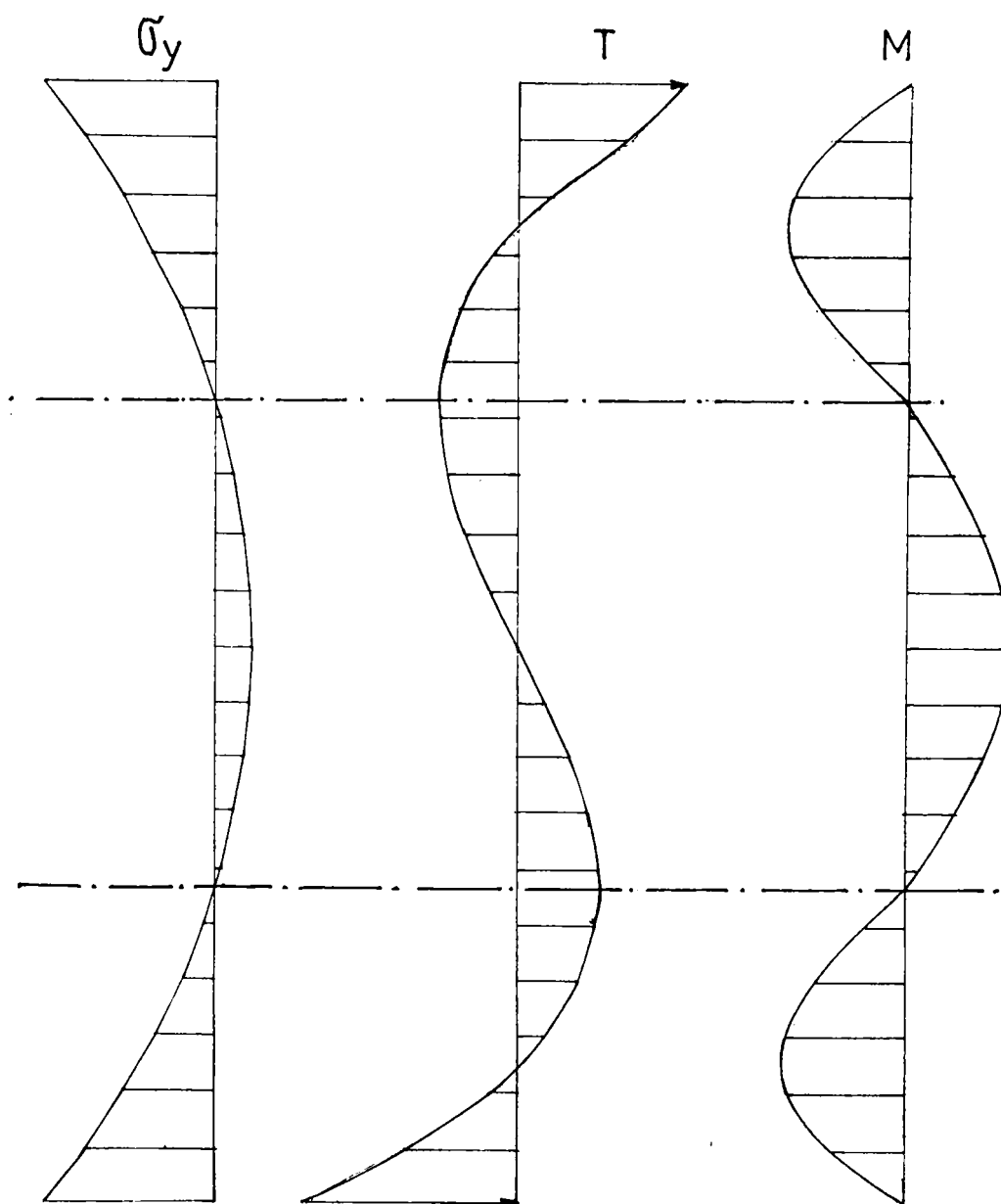


Fig 3.9

Diagramele  $\sigma_y$ ,  $T$ ,  $M$  pe subbare obtinute prin analiza globala elastica folosind sistemul de noduri fixe  $A_{3,3}$

3.4.1.3. Aplicarea fazelor de calcul folosind polinomul de interpolare Lagrange-iană  $P_3(x)$

f1). Notăm cu  $n_1 = -\frac{v_1}{l_p} E = \bar{\sigma}_{y_1}$ ,  $n_2 = \frac{v_2}{l_p} E = \bar{\sigma}_{y_2}$ ,  $n_3 = n_2$

$n_4 = n_1$  eforturile din penduli în punctele corespunzătoare nodurilor fixe (fig.3.10).

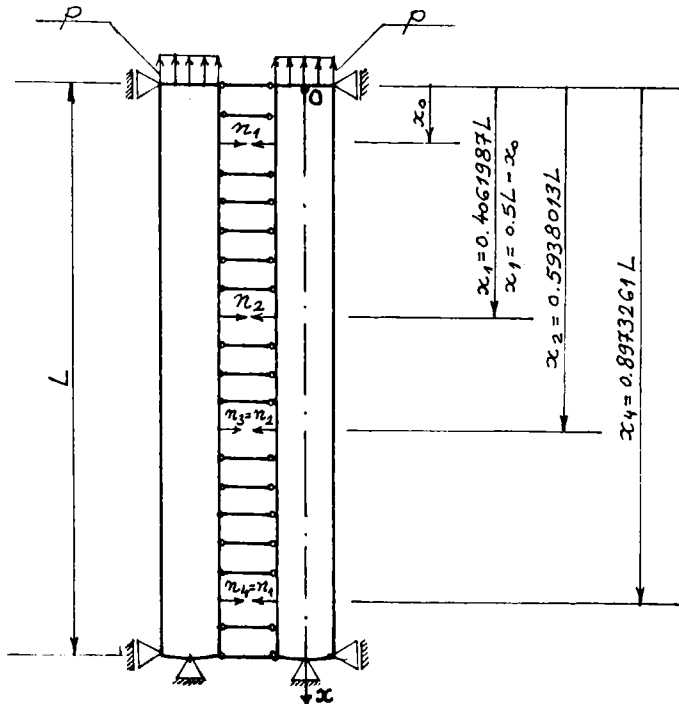


Fig. 3.10 Eforturi în penduli în punctele corespunzătoare sistemului de noduri fixe  $A_{4,4}$

f2). Folosind polinomul de interpolare Lagrange-iană pentru sistemul de noduri fixe  $A_{4,4}$ :

$$P_3(x) = \frac{-8.44179f(x_0) + 35.757965f(x_1) - 35.757965f(x_2) + 8.44179f(x_3)}{L^3} x^3 +$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{16.016828f(x_0) - 56.991091f(x_1) + 50.282803f(x_2) - 9.308541f(x_3)}{L^2} x^2 + \\
 & + \frac{-9.611209f(x_0) + 24.527577f(x_1) - 17.81929f(x_2) + 2.902922f(x_3)}{L} x + \\
 & + 1.827109f(x_0) - 1.956249f(x_1) + 1.338202f(x_2) - 0.209061f(x_3)
 \end{aligned}$$

variația eforturilor în penduli în lungul axei OX se scrie:

$$\begin{aligned}
 \sigma_y(x) = & \frac{6.708287n_1 - 6.708287n_2}{L^2} x^2 + \frac{-6.708287n_1 + 6.708287n_2}{L} x + \\
 & + 1.618047n_1 - 0.618047n_2 \quad (3.39)
 \end{aligned}$$

f3). Reacțiunea forței tăietoare  $T_0$  de la un capăt al unei subbare este jumătate din suma eforturilor din toți pendulii de legătură.

$$T_0 = -\frac{1}{2} \int_0^L \int_0^L \sigma_y(x) dx dy = -\delta L(0.25n_1 + 0.25n_2)$$

f4). Expresia analitică a forței tăietoare pentru o subbară este:

$$\begin{aligned}
 T(x) = & -T_0 + \delta \int_0^x \sigma_y(x) dx \\
 T(x) = & \delta \left( \frac{-2.2360957n_1 + 2.2360957n_2}{L^2} x^3 + \right. \\
 & + \frac{3.3541435n_1 - 3.3541435n_2}{L} x^2 + (-1.618047n_1 + 0.618047n_2)x + \\
 & \left. + (0.25n_1 + 0.25n_2)L \right) \quad (3.40)
 \end{aligned}$$

Expresia analitică a momentului încovoietor pentru o subbară este:

$$\begin{aligned}
 M(x) = & \delta \left( \frac{-0.5590239n_1 + 0.5590239n_2}{L^2} x^4 + \frac{1.1180478n_1 - 1.1180478n_2}{L} x^3 \right. \\
 & + (-0.8090235n_1 + 0.3090235n_2)x^2 + (0.25n_1 + 0.25n_2)Lx \left. \right) \quad (3.41)
 \end{aligned}$$

Se alege expresia energiei elastice sub forma:

$$= \frac{1}{2} \sum_{\text{subbare}} \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx = \frac{1}{2} \cdot 2 \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx = \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx \quad (3.42)$$

După efectuarea calculelor se obține:

$$\mathcal{E} = \frac{\delta^2 L^5}{EI} (0.0005828n_1^2 + 0.0031748n_1n_2 + 0.0045759n_2^2) \quad (3.43)$$

f5). Eforturile în penduli se determină impunând condiția de minim pentru expresia energiei elastice supusă la legatura  $1.618047n_1 - 0.618047n_2 - p = 0$  care exprimă condiția ca în vecinătatea reazemelor eforturile unitare în penduli să fie  $\mu p$ .

Problema extremei cu legături:

$\mathcal{E}^* = \mathcal{E} + \lambda(1.618047n_1 - 0.618047n_2 - \mu p) = \text{minim}$ , se reduce la rezolvarea sistemului de ecuații:

$$\begin{cases} \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial n_1} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial n_2} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial n_3} = 0 \end{cases} \text{ echivalent cu: } \begin{cases} 0.0011656n_1 + 0.0031748n_2 + 1.618047\lambda = 0 \\ 0.0031748n_1 + 0.0091518n_2 - 0.618047\lambda = 0 \\ 1.618047n_1 - 0.618047n_2 + 0\lambda = \mu p \end{cases} \quad (3.44)$$

fără a fi necesare alte verificări matematice fiindcă totdeauna energia elastică asociată unei structuri static nedeterminate are un minim.

Prin rezolvarea sistemului de ecuații de mai sus se obține:

$$n_1 = 0.5452821 \mu p$$

$$n_2 = -0.3492712n_1 = -0.1904513 \mu p$$

$$\lambda = -0.0000191 \mu p$$

$$0.0094772n_1 + 0.0271242n_2 = 0$$

Pentru eforturile în penduli  $n_1, n_2$  de mai sus se obține:

$$\mathcal{E} = 0.0000095 \frac{\delta^2 L^5}{EI} \mu^2 p^2 \quad (3.45)$$

$$\tilde{\sigma}_y(x) = \left( \frac{4.9355108}{L^2} x^2 - \frac{4.9355108}{L} x + 1 \right) \mu p \quad (3.46)$$

f6). Reprezentarea analitică a forței tăietoare pe o subbară este:  $T(x) = -T_0 - \delta \int_y \tilde{\sigma}_y(x) dx$

$$T(x) = - \left( \frac{1.6451703}{L^2} x^3 - \frac{2.4677254}{L} x + x - 0.0887074L \right) \delta \mu_p \quad (3.47)$$

Reprezentarea analitică a momentului încovoietor pentru o subbară este :

$$M(x) = \int T(x) dx$$

$$M(x) = - \left( \frac{0.4112726}{L^2} x^4 - \frac{0.6225851}{L} x^3 + 0.5x^2 - 0.0887074Lx \right) \delta \mu_p \quad (3.48)$$

În figura 3.11. se dau diagramele  $\tilde{\sigma}_y, T, M$  pe subbară în urma analizei globale folosind sistemul de noduri fixe  $A_{4,4}$ .

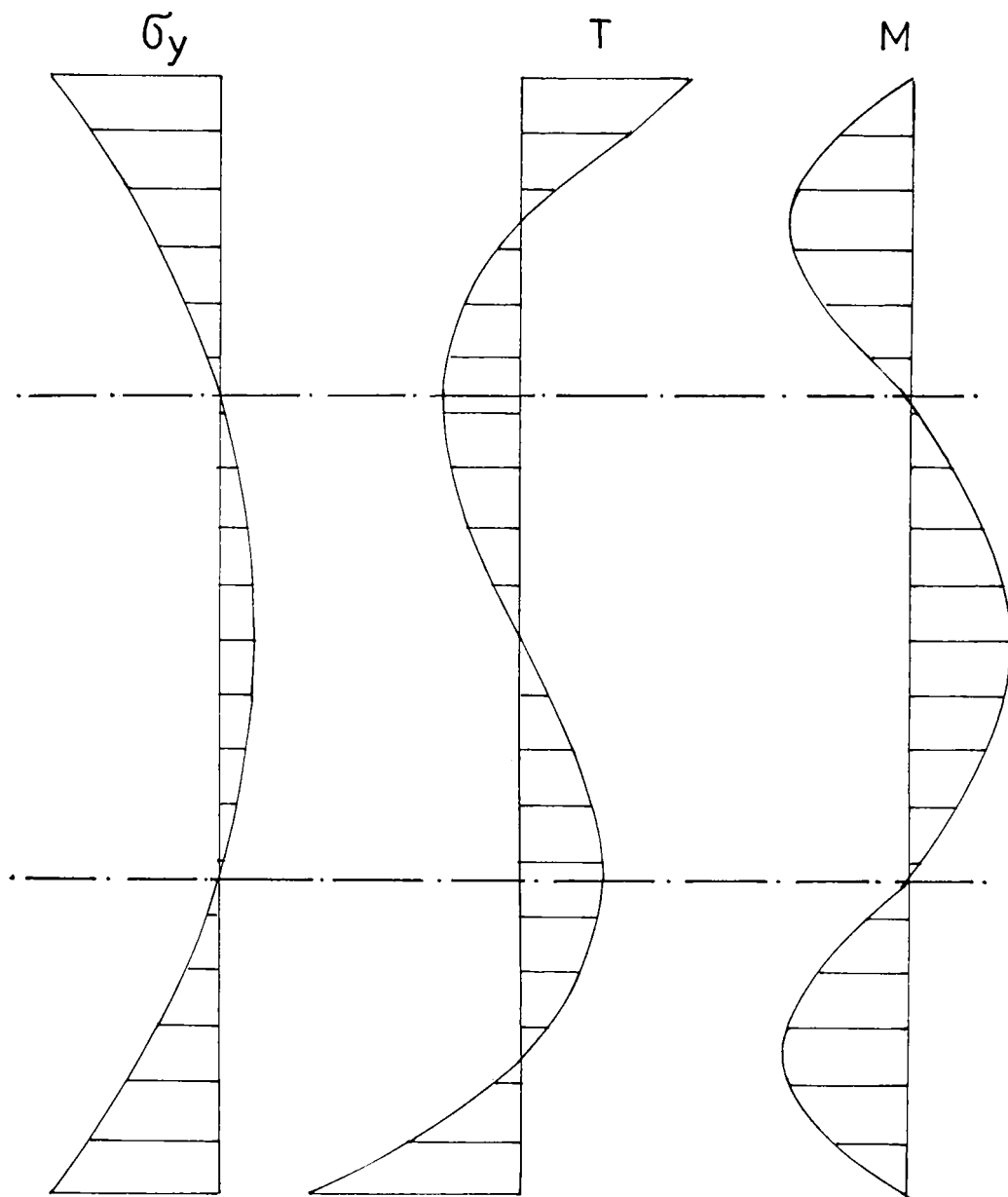


Fig 3.11

Diagramele  $\sigma_y, T, M$  pe subbare obtinute prin analiza globala elastica folosind sistemul de noduri fixe  $A_{4,4}$



3.4.1.4. Aplicarea fazelor de calcul folosind polinomul de interpolare Lagrange-iană  $P_4(x)$

A<sub>5,5</sub>

f<sub>1</sub>) Notăm cu  $n_1, n_2, n_3, n_4 = n_2, n_5 = n_1$  eforturile în penduli în punctele corespunzătoare nodurilor fixe (fig.3.12).

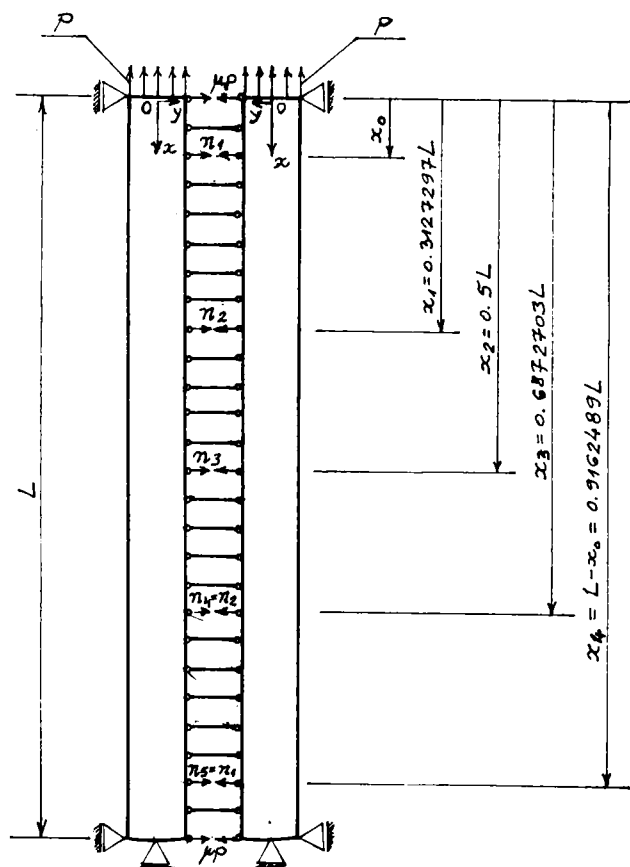


Fig 3.12 Eforturi în penduli în punctele corespunzătoare sistemului de noduri fixe A<sub>5,5</sub>

f<sub>2</sub>) Folosind polinomul de interpolare Lagrange-iană pentru sistemul de noduri fixe A<sub>5,5</sub>:

$$\begin{aligned}
 P_{4,5,5}^S(x) = & \frac{41.76455f(x_0) - 206.33656f(x_1) + 164.57202f(x_2)}{L^4} x^4 \\
 & + \frac{-83.5291f(x_0) + 412.67312f(x_1) - 329.14404f(x_2)}{L^3} x^3 \\
 & + \frac{61.182138f(x_0) - 273.75431f(x_1) + 212.57221f(x_2)}{L^2} x^2 \\
 & + \frac{-19.417588f(x_0) + 67.417758f(x_1) - 48.000194f(x_2)}{L} x \\
 & + 2.2441137f(x_0) - 3.9584122f(x_1) + 2.7143028f(x_2)
 \end{aligned} \quad (3.49)$$

variația eforturilor <sup>unitare</sup> în penduli în lungul axei Ox se scrie : <sup>vezi fig. 3.12</sup>

$$\begin{aligned}
 \tilde{\sigma}_y(x) = & \frac{41.76455n_1 - 206.33656n_2 + 164.57202n_3}{L^4} x^4 \\
 & + \frac{-83.5291n_1 + 412.67312n_2 - 329.14404n_3}{L^3} x^3 \\
 & + \frac{61.182138n_1 - 273.75431n_2 + 212.57221n_3}{L^2} x^2 \\
 & + \frac{-19.417588n_1 + 67.417758n_2 - 48.000194n_3}{L} x \\
 & + 2.2441137n_1 - 3.9584122n_2 + 2.7143028n_3
 \end{aligned}$$

f<sub>3</sub>) Reacțiunea forță tăietoare T<sub>0</sub> de la un capăt al unei subbare este jumătate din suma eforturilor din toți pendulii de legătură.

Dacă notăm cu  $\delta$  grosimea pendulilor, respective grosimea de conlucrare a subbarelor, se obține :

$$T_0 = -\frac{1}{2} \int_0^{\delta} \left( \int_0^L \tilde{\sigma}_y(x) dx \right) dy = -\delta L (0.2n_1 + 0.2n_2 + 0.1n_3)$$

f<sub>4</sub>) Expresia analitică a forței tăietoare pentru o sub-  
bară este :  $T(x) = -T_0 - \delta \int \tilde{\sigma}_y(x) dx$

$$\begin{aligned}
 T(x) = & \delta \left( \frac{-0.35291n_1 + 41.267312n_2 - 32.914404n_3}{L^4} x^5 \right. \\
 & + \frac{20.882275n_1 - 103.16828n_2 + 82.28601n_3}{L^3} x^4 \\
 & + \frac{-20.394046n_1 + 91.251437n_2 - 70.857403n_3}{L^2} x^3 \\
 & + \frac{9.708794n_1 - 33.708879n_2 + 24.000097n_3}{L} x^2 \\
 & + (-2.2441137n_1 + 3.9584122n_2 - 2.7143028n_3)x \\
 & \left. + (0.2n_1 + 0.2n_2 + 0.1n_3)L \right)
 \end{aligned} \tag{3.50}$$

Expresia analitică a momentului încovoietor pentru o sub-  
bară este :  $M(x) = \int T(x) dx$

$$\begin{aligned}
 M(x) = & \delta \left( \frac{-1.3921517n_1 + 6.8778853n_2 - 5.485734n_3}{L^4} x^6 \right. \\
 & + \frac{4.176455n_1 - 20.633656n_2 + 16.457202n_3}{L^3} x^5 \\
 & + \frac{-5.0985115n_1 + 22.812859n_2 - 17.714351n_3}{L^2} x^4 \\
 & + \frac{3.2362647n_1 - 11.236293n_2 + 8.0000323n_3}{L} x^3 \\
 & + (-1.1220569n_1 + 1.9792061n_2 - 1.3571514n_3)Lx^2 \\
 & \left. + (0.2n_1 + 0.2n_2 + 0.1n_3)Lx \right)
 \end{aligned} \tag{3.51}$$

Se alege expresia energiei elastice sub forma :

$$U = \frac{1}{2} \sum_{\text{subbare}} \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx = \frac{1}{2} \cdot 2 \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx = \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx \quad (3.52)$$

După efectuarea calculelor se obține :

$$\mathcal{E} = \frac{\delta^2 L^5}{EI} (0.0001653n_1^2 + 0.0037633n_2^2 + 0.0003374n_3^2 + \\ + 0.0015134n_1n_2 + 0.0004079n_1n_3 + 0.002145n_2n_3)$$

f<sub>2</sub>) Eforturile în penduli se determină impunând condiția de minim pentru expresia energiei elastice supusă la legătura :

$$2.2441137n_1 - 3.9584122n_2 + 2.7143028n_3 - \mu p = 0$$

care exprimă condiția ca în vecinătatea reazemelor barei eforturile unitare în penduli să fie  $\mu p$ .

Problema extremei cu legături :

$$\mathcal{E}^* = \mathcal{E} + \lambda (2.2441137n_1 - 3.9584122n_2 + 2.7143028n_3 - \mu p) = \text{minim}$$

se reduce la rezolvarea sistemului de ecuații

$$\frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial n_1} = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial n_2} = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial n_3} = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial \lambda} = 0$$

echivalent cu :

$$\begin{cases} 0.0003306n_1 + 0.0015134n_2 + 0.0004079n_3 + 2.2441137\lambda = 0 \\ 0.0015134n_1 + 0.0075266n_2 + 0.002145n_3 - 3.9584122\lambda = 0 \\ 0.0004079n_1 + 0.002145n_2 + 0.0006748n_3 + 2.7143028\lambda = 0 \end{cases}$$

$$2.2441137n_1 - 3.9584122n_2 + 2.7143028n_3 + 0\lambda = \mu p$$

Prin rezolvarea sistemului de ecuații de mai sus se obține :

$n_1 = 0.185610 \mu p$   
 $n_2 = -0.0699126 \mu p$   
 $n_3 = 0.1130036 \mu p$   
 $\lambda = -0.0000007 \mu p$

Pentru eforturile  $n_1, n_2, n_3$  de mai sus se obține :

$$\mathcal{E} = 0.0000004 \frac{\delta^2 L^5}{EI} \mu^2 p^2 \tag{3.53}$$

$$\tilde{\sigma}_y(x) = \left( \frac{40.774699}{L^4} x^4 - \frac{81.543399}{L^3} x^3 + \frac{54.516354}{L^2} x^2 - \frac{13.741654}{L} x + 1 \right) \mu p$$

(3.54)

și fig. 3.13 Graficul  $\{(x, \tilde{\sigma}_y(x))\}$  este dat în tabelul 3.1  
 și fig. 3.13 Tabelul 3.1

x	$\tilde{\sigma}_y(x)$
0	$\mu p$
0.05L	0.439 $\mu p$
0.1L	0.093 $\mu p$
0.15L	-0.089 $\mu p$
0.2L	-0.155 $\mu p$
0.25L	-0.143 $\mu p$
0.3L	-0.087 $\mu p$
0.35L	-0.016 $\mu p$
0.4L	0.051 $\mu p$
0.45L	0.097 $\mu p$
0.5L	0.113 $\mu p$
0.55L	0.097 $\mu p$
0.6L	0.051 $\mu p$
0.65L	-0.016 $\mu p$
0.7L	-0.087 $\mu p$
0.75L	-0.143 $\mu p$
0.8L	-0.155 $\mu p$
0.85L	-0.089 $\mu p$
0.9L	0.093 $\mu p$
0.95L	0.439 $\mu p$
L	$\mu p$

f<sub>6</sub>) Reprezentarea analitică a forței tăietoare pe o subbară este :

$$T(x) = - \left( \frac{18.1549399}{L^4} x^5 - \frac{20.38735}{L^3} x^4 + \frac{18.172118}{L^2} x^3 - \frac{6.870827}{L} x^2 + x - 0.03444L \right) \mu \delta_p \quad (3.55)$$

Reprezentarea analitică a momentului încovoietor pentru o subbară este :

$$M(x) = - \left( \frac{1.3591567}{L^4} x^6 - \frac{4.07747}{L^3} x^5 + \frac{4.5430295}{L^2} x^4 - \frac{2.2902757}{L} x^3 + 0.5x^2 - 0.03444Lx \right) \mu \delta_p \quad (3.56)$$

În figura 3.43. sunt reprezentate diagramele  $\hat{\sigma}_y, T, M$  pe subbare în urma analizei globale elastice folosind sistemul de noduri fixe A<sub>5,5</sub>.

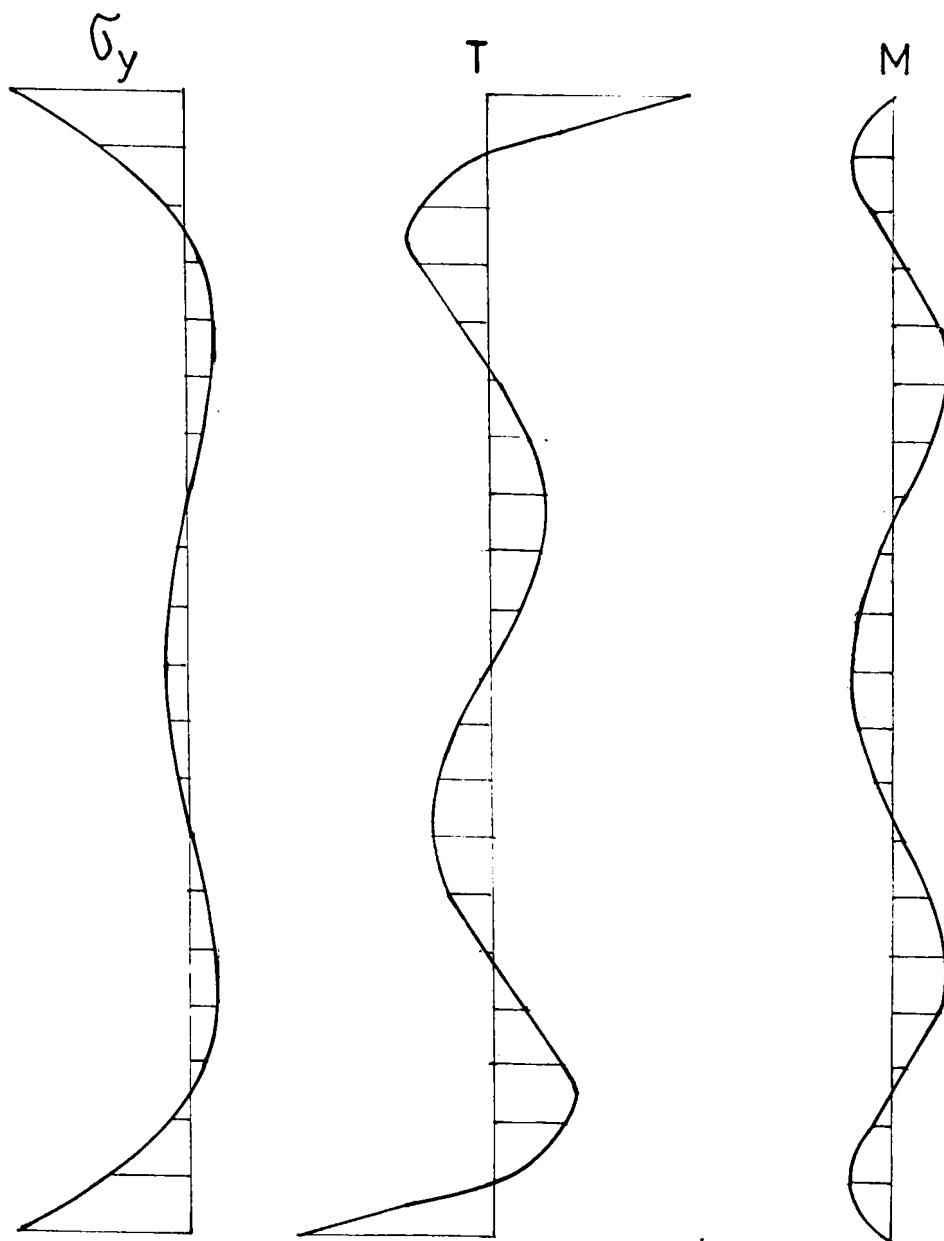


Fig 3.13 Diagramele  $\sigma_y, T, M$  pe subbare  
obținute prin analiza globală elastică  
folosind sistemul de noduri fixe  $A_{5,5}$

### 3.5 Concluzii

Folosind pentru funcția eforturilor din penduli polinoamele de interpolare Lagrange construite pe baza sistemelor de noduri fixe  $A_{3,3}$  și  $A_{4,4}$  se obțin practic aceleași rezultate pentru funcția eforturilor din penduli, apreciată prin media aritmetică a rezultatelor astfel :

$$\tilde{\sigma}_y(x) = \left( \frac{4.9354972}{L^2} x^2 - \frac{4.9354972}{L} x + 1 \right) \mu p$$

Dacă calculele din paragrafele precedente s-ar face considerând :

$$\tilde{\sigma}_y(x) = \left( \frac{a}{L^2} x^2 - \frac{a}{L} x + 1 \right) \mu p \quad \text{s-ar obține } a = 5$$

$$5 \neq 4.9354972$$

Din cele de mai sus rezultă că prin creșterea numărului de parametri în expresia funcției parametrice a eforturilor din penduli, rezultatele diferă în câmp, la mijlocul barei, cu 6.5%.

Folosind pentru funcția eforturilor din penduli polinomul de interpolare Lagrange de gradul 4 construit pe baza sistemului de noduri fixe  $A_{5,5}$  se obține o variantă a funcției  $\tilde{\sigma}_y(x)$  care diferă calitativ de funcția  $\tilde{\sigma}_y(x)$  obținută pe baza polinomului de interpolare Lagrange de gradul 2.

În capitolul următor, în cadrul stabilirii relațiilor finale de calcul se va discerne, pe baza măsurătorilor topografice, care dintre funcțiile presupuse pentru alura eforturilor din penduli;  $\tilde{\sigma}_y(x)_{A_{4,4}}$  sau  $\tilde{\sigma}_y(x)_{A_{5,5}}$  corespunde realității.

funcția  $\tilde{\sigma}_y(x)_{A_{5,5}}$  a eforturilor unitare din penduli corespunde intervalului  $(0, L)$  iar funcția  $\tilde{\sigma}_y(x)_{A_{4,4}}$  corespunde intervalelor  $(0, 0.5L)$  și  $(0.5L, L)$ , din punct de vedere calitativ.

Observatie. Dacă se impune  $\tilde{\sigma}_y(x) \gg 0$ ,  $\tilde{\sigma}_y(x) = \left( a \frac{x^2}{L^2} - a \frac{x}{L} + 1 \right)^2 \mu p$

În ipoteza tendinței de uniformizare a eforturilor, atunci din condiția de minim a energiei elastice a barei cu conlucrare solicitată axial centric se obține  $\tilde{\sigma}_y(x) = 0$  pentru  $x = 0.3L$  și  $x = 0.7L$ .



#### 4. ELABORAREA TEORIEI PENTRU ALCATUIREA SI CALCULUL BARELOR SI A STRUCTURILOR DIN BARE CU EFORTURI INITIALE DE CONFLUARE

##### 4.1. Alcătuirea barelor și structurilor din bare

În cadrul modelării fizice iar ulterior în cadrul deducerii relațiilor preliminare de calcul, zona de confluare dintre subbare a fost discretizată într-o infinitate de penduli.

Dacă zona de confluare dintre subbare este realizată dintr-un număr finit de penduli, atunci analiza capacității de rezistență a barei se va face analizând capacitatea de rezistență a subbarei curente și a pendulilor, folosind diagramele de eforturi  $N$ ,  $T$ ,  $M$ .

Dacă zona de confluare dintre subbare este continuă, realizată dintr-un material având rezistențe sensibil egale cu materialul din care sunt realizate subbarele, atunci capacitatea de rezistență a barei se va face considerând că asupra barei acționează forța axială exterioară iar într-o secțiune curentă a barei diagrama  $\zeta_y$  este de forma rețată în fig. 4.1

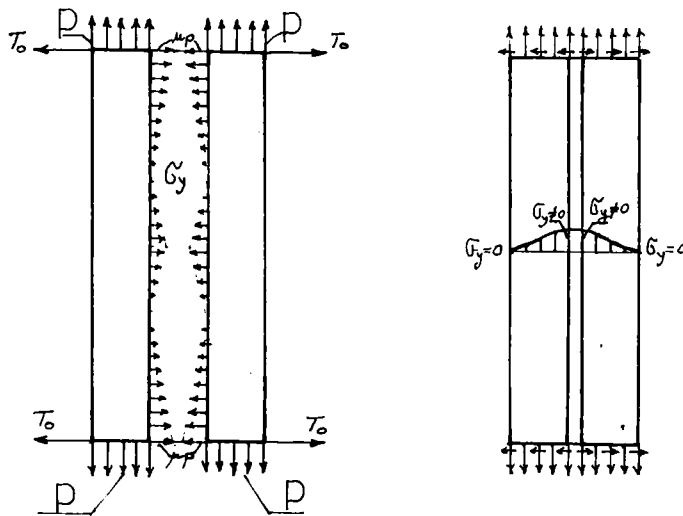


Fig. 4.1 Diagrama  $\zeta_y$  pe secțiunea transversală a barei

Datorită legăturii rigide dintre subbare, diagramele  $T, M$  având semne opuse pe subbare, își vor anula reciproc efectele în orice secțiune transversală a barei.

Importanța fenomenului de conlucrare în cazul respectării regulilor de alcătuire, este relevată și printr-un exemplu: experimentele au demonstrat că patru bare identice, fiecare bară fiind alcătuită din două profile laminate U 8, având aripile sudate cap la cap pe toată lungimea barei, și-au pierdut stabilitatea la încercarea la compresiune centrică flambând toate patru în planul în raport cu care momentul de inerție al barei este minim.

Din cele de mai sus rezultă că pentru ca fenomenul de conlucrare să poată fi controlat, să se producă după aceleași legi fizice, este necesar ca alcătuirea barelor cu tensiuni inițiale de conlucrare precum și a structurilor din bare cu conlucrare să se facă respectând reguli de alcătuire.

#### 4.1.1. Alcătuirea barelor

Din relațiile preliminare de calcul rezultă că diagramele  $\sigma_y$  asociate polinoamelor ce le aproximează diferă calitativ și cantitativ.

Desigur va fi acceptată aceea diagramă  $\sigma_y$ , pentru eforturile de legătură, care corespunde realității.

Oricare ar fi însă diagrama  $\sigma_y$ , se remarcă faptul că există zone ale barei în care starea de tensiune este rigidă în sensul Fridmann-Davidenko conform căruia efortul unitar echivalent se va compara cu rezistența de rupere; există însă și zone ale barei în care efortul unitar echivalent nu poate fi comparat cu rezistența de rupere.

Luând în considerare soluțiile teoretice și constructive care în cazul barei alcătuite din subbare cu conlucrare solicitată axial duc la creșterea capacității de rezistență, s-au stabilit următoarele reguli de alcătuire ale barelor:

AB<sub>1</sub>) Secțiunea transversală a barei cu conlucrare trebuie să fie simetrică.

AB<sub>2</sub>) Materialul de conlucrare depus între subbare trebuie să fie continuu, de dimensiuni transversale constante, iar locul geometric al centrelor de greutate a secțiunilor transversale a materialului de conlucrare să fie, la modul ideal, o dreaptă paralelă cu

axa barei.

Materialul de conlucrare recomandat este cordonul de sudură electrică, realizat cu electrozi bazici.

AB<sub>3</sub>) Dacă din calcul rezultă secțiuni periculoase simetrice în lungul barei în raport cu mijlocul barei, atunci subbarele pot fi întărite cu plăcuțe prinse de subbare cu cordoane longitudinale de sudură.

AB<sub>4</sub>) Caracteristicile geometrice și mecanice ale barei cu eforturi inițiale de conlucrare trebuie să satisfacă condițiile incluse în cadrul teoriei de calcul a barelor compuse cu eforturi inițiale de conlucrare.

AB<sub>5</sub>) Dacă mai multe bare cu eforturi inițiale de conlucrare constituie elementele depărtate ale unei bare solicitate axial, atunci elementele depărtate - adică barele cu eforturi inițiale de conlucrare - se vor rigidiza între ele conform prevederilor din STAS 10 108/0-1978 pentru calculul și alcătuirea elementelor din oțel.

În figura 4.2. de mai jos se dau detalii constructive de alcătuire a barelor cu eforturi inițiale de conlucrare.

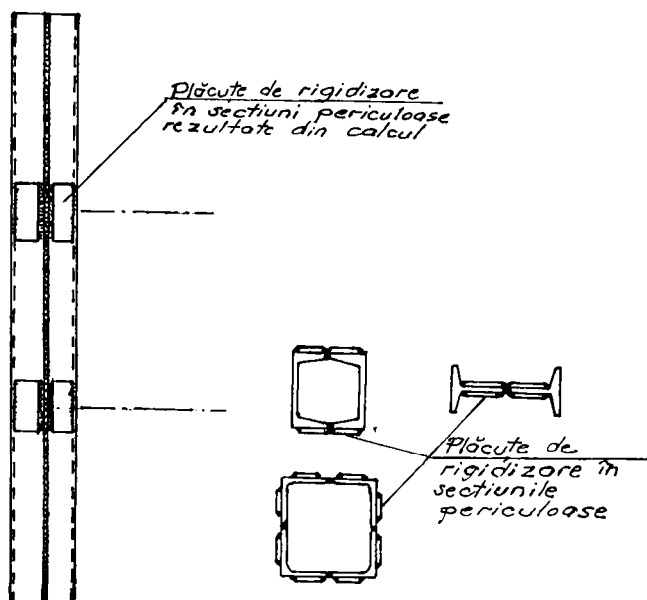


Fig. 4.2 Detalii constructive de alcătuire a barelor cu conlucrare

#### 4.1.2. Alcătuirea nodurilor structurilor din bare cu eforturi inițiale de conlucrare

Prin titlul tezei de doctorat s-a făcut referire precisă la structurile din bare cu eforturi axiale.

Deoarece graficul  $\{(\sigma, \epsilon)\}$  al barei cu conlucrare solicitată axial este afin cu graficul  $\{(\sigma, \epsilon)\}$  al barei solicitată axial având secțiunea transversală simplă sau compusă, alcătuirea generală a structurilor din bare cu eforturi inițiale de conlucrare nu poate diferi de alcătuirea generală a structurilor din bare fără conlucrare.

În cazul barei cu conlucrare solicitată axial centric panta graficului  $\{(\sigma, \epsilon)\}$  asimilat cu o dreaptă în domeniul elastic este mai mare decât panta dreptei  $\{(\sigma, \epsilon)\}$  în domeniul elastic în cazul barei fără conlucrare solicitată de asemenea axial centric.

Prin impunerea fenomenului de conlucrare, nodurile structurilor vor trebui să îndeplinească exigențele tehnice specifice construcțiilor metalice, referitoare la alcătuire și calcul.

Din cele de mai sus rezultă faptul că problema alcătuirii structurilor din bare cu conlucrare nu se va referi la alcătuirea generală ci la alcătuirea particulară a barelor și nodurilor.

Nodurile structurilor din bare cu eforturi de conlucrare trebuie să îndeplinească condițiile speciale de alcătuire.

AN<sub>1</sub>) Rigiditatea piesei metalice - guseul - în care concură barele să nu permită contracția transversală de capăt - de nod a subbarelor care conlucrează.

AN<sub>2</sub>) Prinderea barelor cu conlucrare de guseu să se facă cu cordoane longitudinale de sudură electrică - paralele cu axa longitudinală a barei, în cazul îmbinării prin sudură.

AN<sub>3</sub>) Prinderea barelor cu conlucrare de guseu se va face cu șuruburi de înaltă rezistență în cazul îmbinării cu șuruburi.

În figura 4.3. de mai jos se dau detalii de alcătuire a nodurilor.

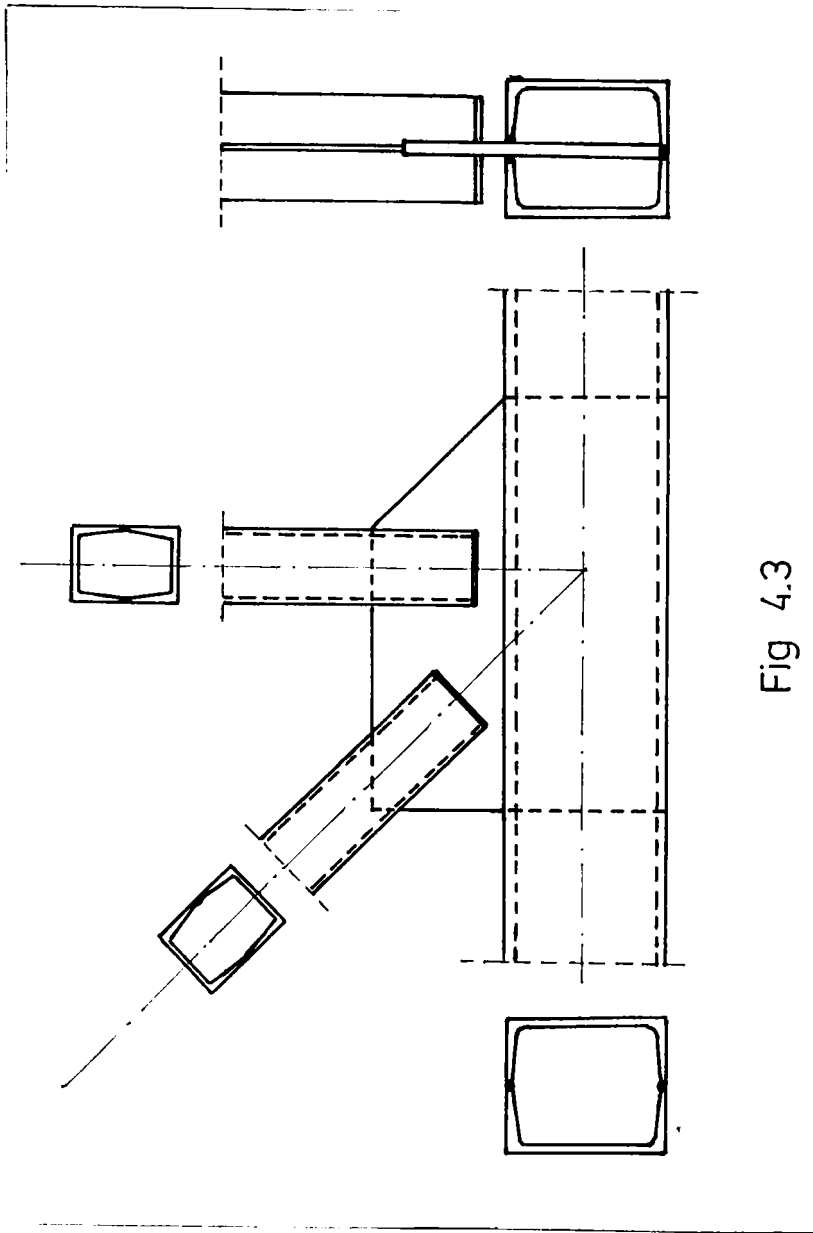
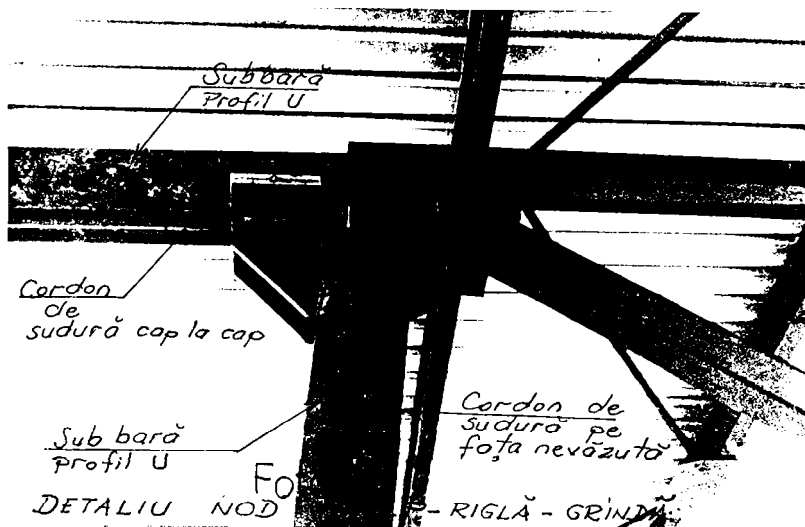


Fig 4.3



Foto 41



#### 4.2. Procedez de introducere a eforturilor inițiale de conlucrare în bare

Procedeul de introducere a eforturilor inițiale de conlucrare în bare rezidă în realizarea barei ca structură static nedeterminată.

Sub acțiunea forței axiale exterioare aplicată centric, fiecare subbară tinde să se deformeze transversal simetric în raport cu fibra medie. Deformarea transversal simetrică a subbarei este perturbată în zona de legare a subbarelor.

Realizarea barei ca structură static nedeterminată alcătuită din subbare se poate face prin sudarea longitudinală cap la cap a subbarelor. (foto.4.3)



Procedeul de introducere a eforturilor inițiale de conlucrare în bare constă în realizarea barei ca structură static nedeterminată prin sudarea longitudinală cap la cap a subbarelor. Eforturile inițiale de conlucrare se dezvoltă odată cu creșterea încărcării axiale exterioare.

#### 4.3 Ipoteze admise pentru deducerea relațiilor finale de calcul

În paragraful 3.3 au fost deduse relațiile preliminare de calcul considerând în cazul analizei globale elastice a barei cu conlucrare ca structură static nedeterminată că eforturile în pendulii de discretizare sunt exclusiv axiale.

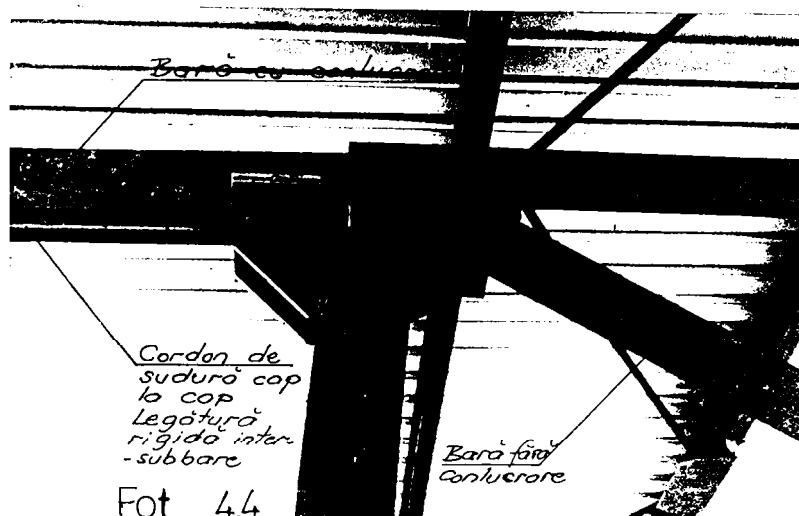
În funcție de gradul polinomului de aproximare a eforturilor axiale din penduli s-au obținut diagramele  $\sigma_y(x)_{A_{3,3}}$  și  $\sigma_y(x)_{A_{5,5}}$ , care diferă atât calitativ cât și cantitativ.

Pentru a determina legile admise pentru deducerea relațiilor finale de calcul se vor admite și alte ipoteze decât cele folosite la deducerea relațiilor preliminare de calcul.

Ipotezele  $I_3, I_7$  folosite la deducerea relațiilor preliminare de calcul se vor reformula în variantele :

$I_3$ ) Legăturile penduli - subbare sunt rigide. (foto. 4.4)

$I_7$ ) Termenii energiei elastice a subbarelor includ termenii corespunzători forței axiale, forței tăietoare și momentului încovoietor.





#### 4.4. Formularea teoriei de calcul a barelor și a structurilor din bare cu eforturi inițiale de conlucrare

##### 4.4.1. Aspecte generale

Deoarece bara cu eforturi inițiale de conlucrare (care apar de la începutul acțiunii forțelor exterioare) este prin ipoteză o structură static nedeterminată, formularea teoriei de calcul a unei bare se poate structura în trei părți : rezolvarea problemei static nedeterminate pentru bara compusă cu conlucrare continuă, solicitată axial, în scopul obținerii diagramelor de eforturi ; calculul capacității de rezistență a barei ; soluționarea sau explicitarea problemelor speciale, specific - particulare, dacă ele există.

În general, problemele speciale pot apare în diferite faze ale unui studiu ; în consecință, explicitarea aspectelor specific particulare se va trata în lucrare ca o problemă oportun prioritărea, permanent deschisă.

##### 4.4.2. Calculul diagramelor de eforturi pe subbare

Înainte de a fi abordat calculul, se impune o referire interogativă la perspectiva acestui calcul ; acest aspect se găsește explicitat în cercetările făcute de M.V.Nikolaev, I.I.Goldenblat și alți autori care duc la concluzia practică conform căreia barele având secțiunea transversală dreptunghiulară la care raportul dintre lungimea și lățimea barei este mai mare decât patru, pot fi calculate cu teoria rezistenței materialelor în cazul încărcării acestora cu sarcini transversale ortogonale pe axa barei. Se va preciza deci, că diagramele de eforturi pe subbare ce vor rezulta din calcul sunt valabile doar dacă lungimea subbarei este cel puțin de patru ori mai mare decât lățimea ei.

Un alt aspect specific rezidă în implicațiile în calcul ale modului de alcătuire a barei cu conlucrare ; deoarece conlucrarea se va realiza rigid prin sudarea cap la cap, a subbarelor, pendulii nu mai pot fi considerați filiformi, în stare liniară de tensiune.

Nodurile de legătură penduli - subbare se consideră rigide.

Prin secționarea unui pendul curent de abscisă "x" în vecinătatea legăturii cu o subbară se vor introduce forțele de legătură interioare  $\tilde{\sigma}_y(x), L(x)$  și momentul încovoietor  $m(x)$  (fig.4.4).

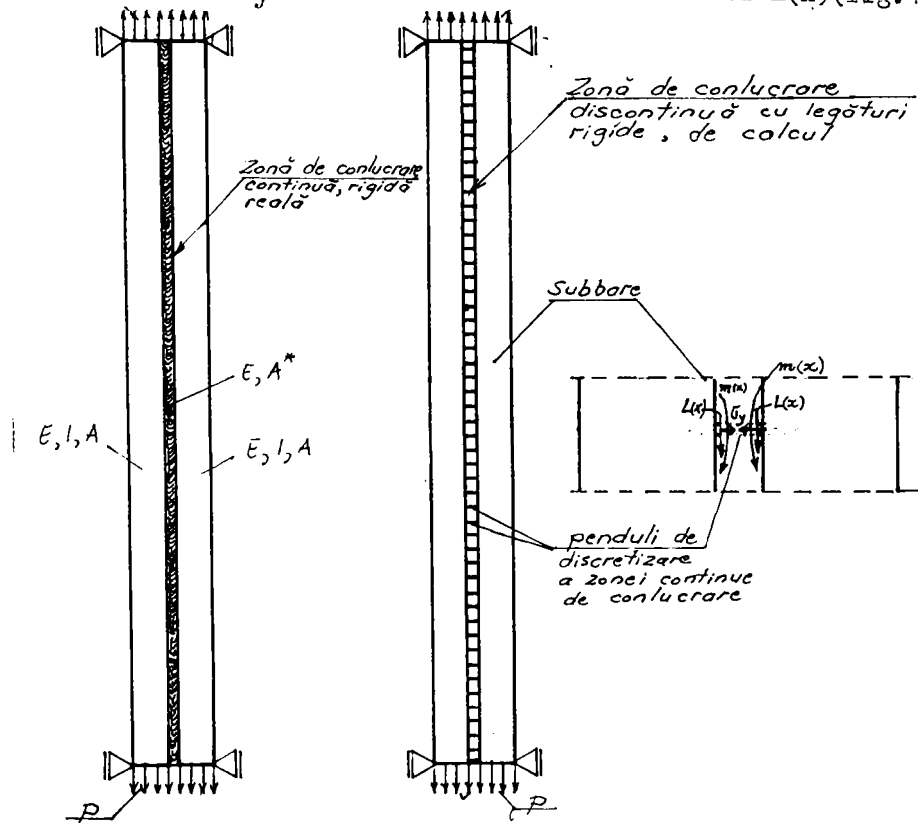


Fig. 4.4 Forțe de legătură între penduli și subbare introduse în calcul

Expresia energiei elastice a barei ca structură static nedeterminată include următorii termeni :

- termenul  $T_1$  corespunzător forței axiale a subbarelor.

$$T_1 = \frac{1}{2} \sum_{\text{subbare}} \int_0^L \frac{(pA + \delta \int_0^L L(x) dx)^2}{EA} dx = \frac{1}{2} \sum_{\text{subbare}} \int_0^L \frac{L^2(x)}{EA} dx \quad (4.1)$$

unde :

$$L(x) = \left(-\frac{8}{3} \lambda_1 + \frac{8}{3} \lambda_2\right) x^3 + \frac{4\lambda_1 - 4\lambda_2}{L^2} x^2 + \frac{(-2\lambda_1 + \lambda_2)}{L} x + \frac{1}{3} \lambda_1 + \frac{1}{6} \lambda_2 p$$

- termenul  $T_2$  corespunzător forței tăietoare pe subbare

$$T_2 = \frac{1}{2} \sum_{\text{subbare}} \int_0^L \frac{kT^2(x)}{GA} dx \quad (4.2)$$

unde

$$T(x) = \left( -\frac{1}{3} \frac{a}{L^2} x^3 + \frac{1}{2} \frac{a}{L} x^2 - \mu x - 0.083333 aL + 0.5 \mu L \right) \delta_p$$

$$\text{iar } G = \frac{E}{2(1+\mu)}, \quad \mu = 0.3$$

- termenul  $T_3$  corespunzător momentelor încovoietoare pe subbare

$$T_3 = \frac{1}{2} \sum_{\text{subbare}} \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx = \frac{1}{2} \sum_{\text{subbare}} \int_0^L \frac{(\bar{m}(x) + \mathcal{M}(x) + m(x))^2}{EI} dx \quad (4.3)$$

$$\text{unde } M(x) = \int T(x) dx = \left( -\frac{1}{12} \frac{a}{L^2} x^4 + \frac{1}{6} \frac{a}{L} x^3 - \frac{1}{2} \mu x^2 - 0.083333 aLx + 0.5 \mu Lx \right) \delta_p$$

$$\begin{aligned} \mathcal{M}(x) = (\delta \int L(x) dx)_y = & \left( \frac{-2}{3} \lambda_1 + \frac{2}{3} \lambda_2 x^4 + \frac{4}{2} \lambda_1 - \frac{4}{3} \lambda_2 x^3 + \frac{-\lambda_1 + 0.5 \lambda_2}{L} x^2 \right. \\ & \left. + \frac{-\lambda_1 + 0.5 \lambda_2}{L} x^2 + \left( \frac{1}{3} \lambda_1 + \frac{1}{3} \lambda_2 \right) x \right) \delta_{py} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{m}(x) = & \left( (-17.384448m_1 + 38.640709m_2) \frac{x^3}{L^3} + (26.076674m_1 - 57.961075m_2) \frac{x^2}{L^2} \right. \\ & \left. + (-12.428662m_1 + 22.285525m_2) \frac{x}{L} + (1.868218m_1 - 1.482590m_2) \right) \delta_p \end{aligned}$$

Pentru scrierea termenilor  $T_1, T_2, T_3$  s-a considerat reprezentarea discontinuă, în penduli a zonei de conlucrare.

- termenul  $T_4$  corespunzător forței axiale a zonei de conlucrare

$$T_4 = \frac{1}{2} \int_0^L \frac{EA^* - 2 \delta \int L(x) dx}{EA^*} dx \quad (4.4)$$

Pentru scrierea termenului  $T_4$  s-a considerat reprezentarea continuă a zonei de conlucrare având aria secțiunii transversale  $A^*$ .

Expresia energiei elastice a barei este :

$$\mathcal{E} = \underbrace{T_1 + T_2 + T_3}_{\text{termeni cores-  
punzători sub-  
barelor}} + \underbrace{T_4}_{\text{termen  
corespunzător  
zonei de  
conlucrare}}$$

După efectuarea calculelor se obține expresia energiei elastice sub forma :

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & (\delta p)^2 L^3 \frac{1}{EA} \left\{ 0.001202 \lambda_1^2 + 0.003275 \lambda_2^2 + 0.066666 \left(\frac{A}{\delta L}\right) \lambda_1 \right. \\ & \left. + 0.1 \left(\frac{A}{\delta L}\right) \lambda_2 + 0.003855 \lambda_1 \lambda_2 + \left(\frac{A}{\delta L}\right)^2 \right\} + \\ & + (\delta p)^2 L^3 \frac{k}{EA} \left\{ 0.008731 a^2 - 0.026a + 0.0195 \right\} + \\ & + (\delta p)^2 L^3 \frac{1}{EI} \left\{ 0.000344 L^2 a^2 + 0.001202 y^2 \lambda_1^2 + 0.003275 y^2 \lambda_2^2 \right. \\ & + 0.029308 m_1^2 + 0.018675 m_2^2 - 0.001264 L y a \lambda_1 \\ & - 0.002119 L y a \lambda_2 - 0.006179 L a m_1 - 0.004336 L a m_2 \\ & - 0.001015 L^2 a + 0.003855 y^2 \lambda_1 \lambda_2 + 0.011857 y \lambda_1 m_1 \\ & + 0.007069 y \lambda_1 m_2 + 0.001877 L y \lambda_1 + 0.018783 y \lambda_2 m_1 \\ & + 0.013809 y \lambda_2 m_2 + 0.003122 L y \lambda_2 + 0.033356 m_1 m_2 \\ & \left. + 0.009193 L m_1 + 0.006263 L m_2 + 0.00075 L^2 \right\} + \\ & + (\delta p)^2 L^3 \frac{1}{EA} \left\{ 0.002404 \lambda_1^2 + 0.006551 \lambda_2^2 - 0.066666 \left(\frac{A^*}{\delta L}\right) \lambda_1 \right. \\ & \left. - 0.1 \left(\frac{A^*}{\delta L}\right) \lambda_2 + 0.007710 \lambda_1 \lambda_2 + 0.5 \left(\frac{A^*}{\delta L}\right)^2 \right\} \end{aligned} \quad (4.6)$$

Pentru a determina parametrui  $a, \lambda_1, \lambda_2, m_1, m_2$  pentru care energia elastică a barei este minimă, se va rezolva sistemul de ecuații :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial a} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \lambda_1} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \lambda_2} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial m_1} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial m_2} = 0 \end{array} \right. \quad (4.7)$$

Sistemul de ecuații al punctelor staționare de mai sus se poate scrie sub forma :

$$[A] \cdot \begin{pmatrix} a \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ m_1 \\ m_2 \end{pmatrix} = (B)$$

unde :

$$A(1,1) = 0.000688 \frac{L^2}{I} + 0.017462 \frac{k}{A}$$

$$A(2,2) = 0.002404 \left( \frac{1}{A} + \frac{y^2}{I} + \frac{2}{A^*} \right)$$

$$A(3,3) = 0.00655 \left( \frac{1}{A} + \frac{y^2}{I} + \frac{2}{A^*} \right)$$

$$A(4,4) = 0.058616 \frac{1}{I}$$

$$A(5,5) = 0.03735 \frac{1}{I}$$

$$A(1,2) = A(2,1) = - 0.001264 \frac{LY}{I}$$

$$A(1,3) = A(3,1) = - 0.002119 \frac{LY}{I}$$

$$A(1,4) = A(4,1) = - 0.006179 \frac{L}{I}$$

$$A(1,5) = A(5,1) = - 0.004336 \frac{L}{I}$$

$$A(2,3) = A(3,2) = 0.003855 \left( \frac{1}{A} + \frac{Y^2}{I} + \frac{2}{A^{\#}} \right)$$

$$A(2,4) = A(4,2) = 0.011857 \frac{Y}{I}$$

$$A(2,5) = A(5,2) = 0.007069 \frac{Y}{I}$$

$$A(3,4) = A(4,3) = 0.013738 \frac{Y}{I}$$

$$A(3,5) = A(5,3) = 0.013809 \frac{Y}{I}$$

$$A(4,5) = A(5,4) = 0.033356 \frac{1}{I}$$

$$B(1) = 0.001015 \frac{I^2}{I} + 0.026 \frac{k}{A}$$

$$B(2) = - 0.001877 \frac{LY}{I}$$

$$B(3) = - 0.003122 \frac{LY}{I}$$

$$B(4) = - 0.009193 \frac{LY}{I}$$

$$B(5) = - 0.006263 \frac{L}{I}$$

(4,8)

Prin rezolvarea sistemului de ecuații de mai sus se obțin parametrii  $a, \lambda_1, \lambda_2, m_1, m_2$ ; în funcție de acești parametrii <sup>diagramele</sup> de eforturi pentru fiecare subbară au expresiile :

$$N(x) = \left( \frac{(-\frac{2}{3}\lambda_1 + \frac{2}{3}\lambda_2)}{L^3} x^4 + \frac{\frac{4}{3}\lambda_1 - \frac{4}{3}\lambda_2}{L^2} x^3 + \frac{-\lambda_1 + 0.5\lambda_2}{L} x^2 + \left(\frac{1}{3}\lambda_1 + \frac{1}{6}\lambda_2\right)x \right) \delta_p + pA \quad (4.9)$$

$$T(x) = \left(-\frac{1}{3}\frac{a}{L^2} x^3 + \frac{1}{2}\frac{a}{L} x^2 - 0.3x - 0.083333aL + 0.15L\right) \delta_p \quad (4.10)$$

$$\begin{aligned} M(x) = & \left(-\frac{1}{12}\frac{a}{L^2} x^4 + \frac{1}{6}\frac{a}{L} x^3 - 0.15x^2 - 0.083333aLx + 0.15Lx + \right. \\ & \left. + \left(\frac{-\frac{2}{3}\lambda_1 + \frac{2}{3}\lambda_2}{L^3} x^4 + \frac{\frac{4}{3}\lambda_1 - \frac{4}{3}\lambda_2}{L^2} x^3 + \frac{-\lambda_1 + 0.5\lambda_2}{L} x + \right. \right. \\ & \left. + \left(\frac{1}{3}\lambda_1 + \frac{1}{6}\lambda_2\right)xy + (-4.346112m_1 + 9.660177m_2)\frac{x^4}{L^3} \right. \\ & \left. + (8.692224m_1 - 19.320358m_2)\frac{x^3}{L^2} + \right. \\ & \left. + (-6.214331m_1 + 11.142763m_2)\frac{x^2}{L} + \right. \\ & \left. + (1.868218m_1 - 1.482559m_2)x\right) \delta_p \quad (4.11) \end{aligned}$$

Rezovând sistemul de ecuații (4.8) pentru diferite bare se constată că  $L(x) = 0$ ,  $M(x) = 0$ ;  $N = pA$ ; în consecință pe subbare nu se dezvoltă momente încovoietoare datorită legăturii rigide dintre subbare iar pe penduli nu acționează forțe tăietoare; diagrama  $\tilde{\sigma}_y(x)$  diferă nesemnificativ de cea prezentată în relațiile preliminare de calcul. (3.36, 3.46)

Faptul că pe penduli nu acționează forțe tăietoare este echivalent cu inexistența luncărilor pe frontieră dintre subbară și zona de conlucrare.

Faptul că pe penduli nu acționează forțe tăietoare se poate verifica considerând o bară alcătuită din două subbare legate între ele cu un număr finit de penduli; pe subbare se aplică forțe transversale și axiale și se face o analiză globală elastică a structurii (fig. 4.5 și rezultatele programului de calcul pentru analiza globală elastică).

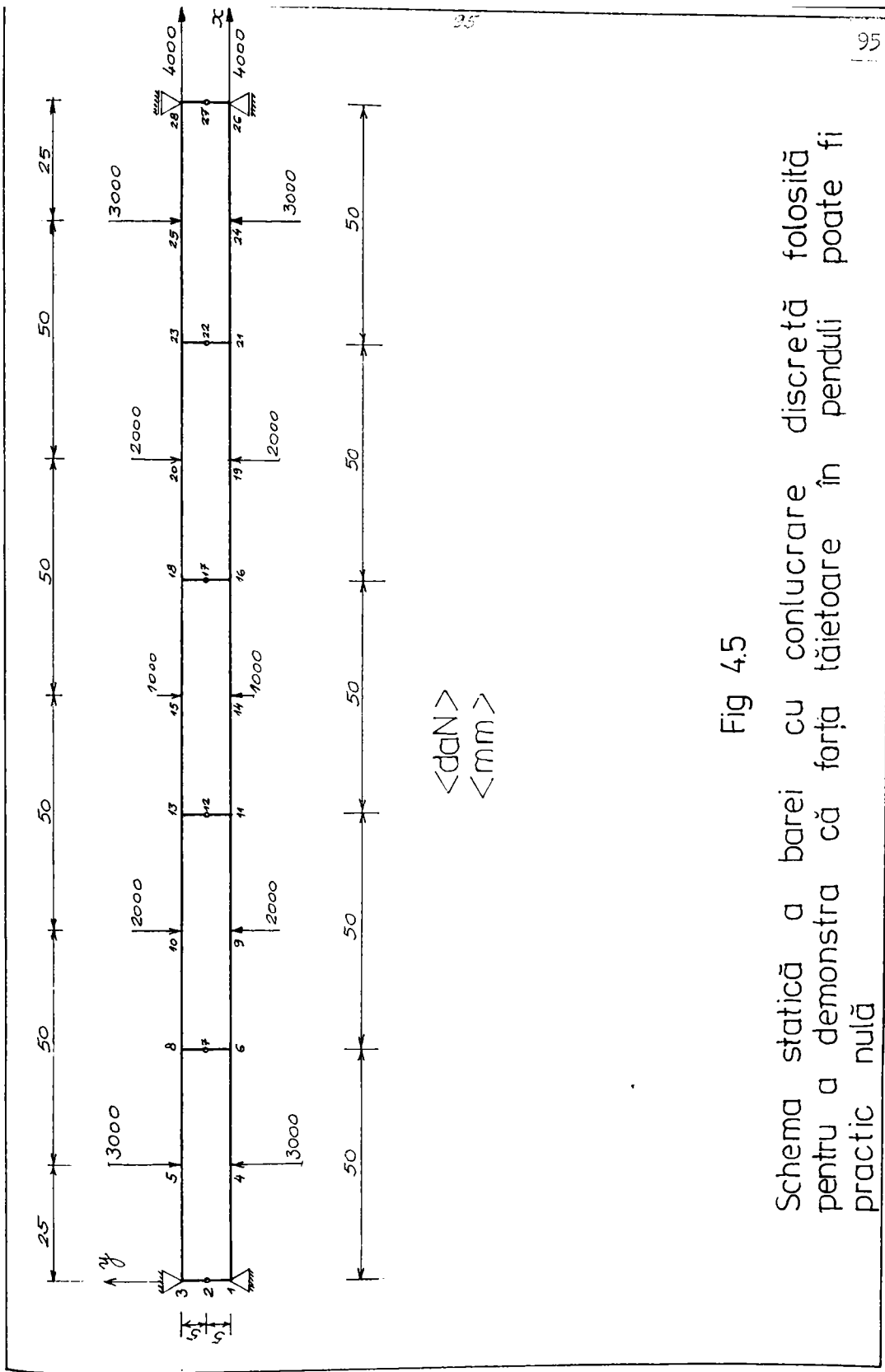


Fig 4.5

Schema statică a barei cu conlucrare discretă folosită pentru a demonstra că forța tăietoare în penduli poate fi practic nulă



Nr. de noduri = 28 Nr. de bare = 32 Nr. de ipoteze de incarcare = 3  
 Nr. de ipoteze din deplasari impuse = 0 Nr. de tipuri de sectiuni = 1

## COORDONATELE NODURILOR

Nod	X [cm]	Y [cm]	Nod	X [cm]	Y [cm]
1	0	0	2	0	.5
3	0	1	4	2.5	0
5	2.5	1	6	5	0
7	5	.5	8	5	1
9	7.5	0	10	7.5	1
11	10	0	12	10	.5
13	10	1	14	12.5	0
15	12.5	1	16	15	0
17	15	.5	18	15	1
19	17.5	0	20	17.5	1
21	20	0	22	20	.5
23	20	1	24	22.5	0
25	22.5	1	26	25	0
27	25	.5	28	25	1

## TOPOLOGIA STRUCTURII

Bara	Modul I	Modul J	Tip sect.	Tip bara	Aria [cmp]	M.In. [cm <sup>4</sup> ]	M.El. [daN/cmp]
1	1	2	1	1	1.95	1.46	210000.0
2	2	3	1	2	1.95	1.46	210000.0
3	1	4	1	0	1.95	1.46	210000.0
4	4	6	1	0	1.95	1.46	210000.0
5	3	5	1	0	1.95	1.46	210000.0
6	5	8	1	0	1.95	1.46	210000.0
7	6	7	1	1	1.95	1.46	210000.0
8	7	8	1	2	1.95	1.46	210000.0
9	6	9	1	0	1.95	1.46	210000.0
10	9	11	1	0	1.95	1.46	210000.0
11	8	10	1	0	1.95	1.46	210000.0
12	10	13	1	0	1.95	1.46	210000.0
13	11	12	1	1	1.95	1.46	210000.0
14	12	13	1	2	1.95	1.46	210000.0
15	11	14	1	0	1.95	1.46	210000.0
16	14	15	1	0	1.95	1.46	210000.0
17	13	15	1	0	1.95	1.46	210000.0
18	15	18	1	0	1.95	1.46	210000.0
19	16	17	1	1	1.95	1.46	210000.0
20	17	18	1	2	1.95	1.46	210000.0
21	15	19	1	0	1.95	1.46	210000.0
22	19	21	1	0	1.95	1.46	210000.0
23	18	20	1	0	1.95	1.46	210000.0
24	20	23	1	0	1.95	1.46	210000.0
25	21	22	1	1	1.95	1.46	210000.0
26	22	23	1	2	1.95	1.46	210000.0
27	21	24	1	0	1.95	1.46	210000.0
28	24	26	1	0	1.95	1.46	210000.0
29	23	25	1	0	1.95	1.46	210000.0
30	25	28	1	0	1.95	1.46	210000.0
31	26	27	1	1	1.95	1.46	210000.0
32	27	28	1	2	1.95	1.46	210000.0

## INCARCARI CONCENTRATE

\*\*\*\*\*

Etapa MCG	FX [daN]	FY [daN]	MZ [daNm]
1	0	3000	0
5	0	-3000	0
9	0	2000	0
10	0	-2000	0
14	0	1000	0
15	0	-1000	0
19	0	2000	0
20	0	-2000	0
24	0	3000	0
25	0	-3000	0

Etapa MCG	FX [daN]	FY [daN]	MZ [daNm]
26	4000	0	0
28	4000	0	0

Etapa MCG	FX [daN]	FY [daN]	MZ [daNm]
3	0	3000	0
5	0	-3000	0
9	0	2000	0
10	0	-2000	0
14	0	1000	0
15	0	-1000	0
19	0	2000	0
20	0	-2000	0
24	0	3000	0
25	0	-3000	0
26	4000	0	0
28	4000	0	0

CONDITII DE REZEMARE  
\*\*\*\*\*



Mod	DBX	DBY	DBZ
1	1	1	0
2	0	0	1
3	1	1	0
7	0	0	1
12	0	0	1
17	0	0	1
22	0	0	1
25	0	1	0
27	0	0	1
28	0	1	0

## REACTIUNI LA NODURI

## IPOTEZA 1

Mod	RFX	RFY	RWZ
1	-2.72078765558162E-003	-1091.7255959375	
2			0
3	2.627797890454531E-003	1091.725341796975	
7			0
12			0
17			0
22			0
25		-1091.725830078125	
27			0
28		1091.725830078125	

## IPOTEZA 2

Mod	RFX	RFY	RWZ
1	-3999.912841796875	-6.170843844301999E-004	
2			0
3	-3999.9583984375	-3.472827849596437E-003	
7			0
12			0
17			0
22			0
25		-6.903341505676508E-003	
27			0
28		1.019784342497587E-002	

## IPOTEZA 3

Mod	RFX	RFY	RWZ
1	-3999.91552734375	-1091.7265625	
2			0
3	-3999.859375	1091.721801757312	
7			0
12			0
17			0
22			0
25		-1091.73291015625	
27			0
28		1091.735595703125	

## IPOTEZA 4

\*\*\*\*\*  
 REPORT IN ELEMENT

Elem.				Elem.				
Mod	NY	TY	MZ	Mod	NY	TY	MZ	
1	1	0.00	0.00	0.00	2	0.00	-0.00	0.00
2	2	0.00	0.00	0.00	3	0.00	0.00	0.00
3	1	0.00	-1091.73	-0.00	4	-0.00	1091.73	-2729.31
4	4	0.00	1909.27	2729.31	6	-0.00	-1909.27	2041.37
5	3	0.00	1091.73	-0.00	5	-0.00	-1091.73	2729.32
6	5	0.00	-1909.27	-2729.32	8	-0.00	1909.27	-2041.37
7	6	3166.28	0.00	-0.00	7	-3166.28	0.00	0.00
8	7	3166.28	0.00	0.00	8	-3166.28	-0.00	0.00
9	6	0.00	-1258.00	-2041.37	9	-0.00	1258.00	-1103.63
10	9	0.00	742.00	1103.63	11	-0.00	-742.00	751.36
11	8	0.00	1258.00	2041.37	10	-0.00	-1258.00	1103.63
12	10	0.00	-742.00	-1103.63	13	-0.00	742.00	-751.36
13	11	1242.00	0.00	0.00	12	-1242.00	-0.00	0.00
14	12	1242.00	0.00	0.00	13	1242.00	-0.00	0.00
15	11	0.00	-500.00	-751.36	14	-0.00	500.00	-498.64
16	14	0.00	500.00	498.64	16	-0.00	-500.00	751.36
17	13	0.00	500.00	751.36	15	-0.00	-500.00	498.64
19	15	0.00	-500.00	-498.64	18	-0.00	500.00	-751.36
19	15	1242.00	0.00	0.00	17	-1242.00	-0.00	0.00
20	17	1242.00	-0.00	0.00	18	-1242.00	0.00	-0.00
21	16	0.00	-742.00	-751.36	19	-0.00	742.00	-1103.63
22	19	0.00	1258.00	1103.63	21	-0.00	-1258.00	2041.37
23	18	0.00	742.00	751.36	20	-0.00	-742.00	1103.63
24	20	0.00	-1258.00	-1103.63	23	-0.00	1258.00	-2041.37
25	21	3166.28	-0.00	-0.00	22	-3166.28	0.00	0.00
26	22	3166.28	-0.00	0.00	23	-3166.28	0.00	-0.00
27	21	0.00	-1909.27	-2041.37	24	-0.00	1909.27	-2729.31
29	24	0.00	1091.73	2729.31	26	-0.00	-1091.73	0.00
29	23	0.00	1909.27	2041.37	25	-0.00	-1909.27	2729.31
30	25	0.00	-1091.73	-2729.31	28	-0.00	1091.73	0.00
31	26	0.00	-0.00	-0.00	27	0.00	0.00	0.00
32	27	0.00	0.00	0.00	28	0.00	-0.00	0.00

IPOTEZA 2

EFORTURI IN ELEMENTE

Elem.				Elem.				
Mod	NY	TY	MZ	Mod	NY	TY	MZ	
1	1	0.00	0.02	0.01	2	0.00	-0.02	0.00
2	2	0.00	0.02	0.00	3	0.00	-0.02	0.01
3	1	-3999.89	-0.00	-0.01	4	3999.89	0.00	0.01
4	4	-3999.89	-0.00	-0.01	6	3999.89	0.00	0.01
5	3	-3999.88	-0.00	-0.01	5	3999.88	0.00	0.00
6	5	-3999.88	-0.00	-0.00	8	3999.88	0.00	-0.01
7	6	0.00	0.04	0.02	7	-0.00	-0.04	0.00
8	7	0.00	0.01	0.00	8	-0.00	0.01	-0.01
9	6	-3999.00	-0.00	0.00	9	3999.00	0.00	-0.01
10	9	-3999.88	-0.00	0.01	11	3999.88	0.00	-0.01
11	8	-3999.99	-0.00	-0.01	10	3999.99	0.00	0.00
12	10	3999.38	-0.00	-0.00	13	3999.38	0.00	-0.00
13	11	-0.00	-0.03	-0.02	12	0.00	0.03	0.00
14	12	0.00	-0.12	0.00	13	0.00	0.12	-0.06
15	11	-3999.85	0.00	-0.00	14	3999.85	-0.00	0.00
16	14	-3999.85	0.00	-0.00	16	3999.85	-0.00	0.01
17	13	-3999.88	-0.00	0.00	15	3999.88	0.00	-0.01

EFORTURI IN ELEMENTE

Elem. Nod	NX	TY	MZ	Nod	NX	TY	MZ
18 15	-3999.88	0.00	0.01	18	3999.88	0.00	-0.02
19 16	-0.00	-0.00	0.00	17	0.00	0.00	0.00
20 17	-0.00	0.00	0.00	18	0.00	-0.00	0.00
21 18	-3999.91	0.00	0.00	19	3999.91	-0.00	-0.02
22 19	3999.91	0.00	0.00	21	3999.91	-0.00	-0.02
23 20	-3999.90	0.00	-0.00	20	3999.90	0.00	-0.01
24 20	-3999.90	-0.00	0.00	20	3999.90	0.00	-0.02
25 21	-0.01	0.00	0.00	22	0.01	-0.00	0.00
26 22	-0.01	0.00	0.00	20	0.01	-0.04	0.02
27 21	-3999.86	0.00	0.00	24	3999.86	-0.01	0.01
28 24	-3999.86	-0.01	-0.01	26	3999.86	-0.01	0.03
29 22	3999.86	0.01	-0.01	26	3999.86	0.01	-0.02
30 25	-3999.87	0.01	0.00	28	-3999.87	0.01	-0.04
31 26	0.00	-0.00	-0.00	27	0.00	0.00	0.00
32 27	0.00	0.00	0.00	28	0.00	-0.00	0.04

IPOTEZA 3

EFORTURI IN ELEMENTE

Elem. Nod	NX	TY	MZ	Nod	NX	TY	MZ
1 1	0.00	0.00	0.00	2	0.00	-0.00	0.00
2 2	0.00	0.00	0.00	3	0.00	-0.02	0.01
3 1	-3999.88	-1091.73	-0.01	4	3999.88	1091.73	-2729.30
4 4	-3999.88	1000.27	2729.30	6	3999.88	-1900.27	2041.38
5 3	-3999.88	1091.72	-0.01	5	3999.88	-1091.72	2729.32
6 5	-3999.88	-1900.28	-2729.30	3	3999.88	1900.28	-2041.38
7 6	3166.27	0.00	0.00	7	-3166.27	-0.00	0.00
8 7	3166.26	-0.00	0.00	8	-3166.26	0.00	-0.01
9 8	-3999.88	-1258.00	-2041.37	9	3999.88	1258.00	-1103.64
10 9	-3999.88	742.00	1103.64	11	3999.88	-742.00	751.35
11 9	-3999.88	1258.00	2041.36	10	3999.88	-1258.00	1103.64
12 10	-3999.88	-742.00	-1103.64	10	3999.88	742.00	-751.37
13 11	1242.00	-0.00	-0.00	12	-1242.00	0.00	0.00
14 12	1242.00	-0.00	0.00	13	-1242.00	0.00	-0.04
15 11	-3999.85	-500.00	-751.36	14	3999.85	500.00	-499.64
16 14	-3999.85	500.00	499.63	16	3999.85	-500.00	751.37
17 13	-3999.85	500.00	751.36	15	3999.85	-500.00	499.63
18 15	-3999.85	-500.00	-499.63	18	3999.85	500.00	-751.38
19 16	1242.00	-0.00	-0.00	17	-1242.00	0.00	0.00
20 17	1242.00	0.00	0.00	18	-1242.00	-0.00	0.00
21 16	-3999.81	-742.00	-751.34	19	3999.81	742.00	-1103.65
22 19	-3999.91	1258.00	1103.65	21	3999.91	-1258.00	2041.35
23 19	3999.93	741.99	751.36	20	3999.93	-741.99	1103.62
24 20	-3999.93	-1258.01	-1103.63	23	3999.93	1258.01	-2041.39
25 21	3166.27	-0.00	-0.00	22	-3166.27	0.00	0.00
26 22	3166.27	-0.00	0.00	23	-3166.27	0.00	-0.04
27 21	-3999.85	-1900.27	-2041.36	24	3999.85	1900.27	-2729.31
28 24	-3999.95	1091.73	2729.31	26	3999.95	-1091.73	0.00
29 23	-3999.86	1900.26	2041.36	25	3999.86	-1900.26	2729.30
30 25	-3999.86	-1091.74	-2729.30	28	3999.86	1091.74	-0.04
31 26	0.00	-0.00	-0.00	27	0.00	0.00	0.00
32 27	0.00	0.00	0.00	28	0.00	-0.00	0.00

Din analiza globală elastică, efectuată cu ajutorul calculatorului, a structurii din fig. 4.5 rezultă că forțele tăietoare în pendulii de legătură ai subbarelor sunt practic nule

Calculul diagramelor de eforturi pe subbare folosind sistemul de noduri fixe A<sub>5,5</sub>

În calculele precedente diagramele de eforturi pe subbare au fost determinate considerând că funcția eforturilor axiale în penduli este de gradul 2, și incluzând un parametru în expresia ei.

În cadrul relațiilor preliminare de calcul s-a remarcat faptul că numărul de parametri din expresia funcției  $\tilde{\sigma}_y(x)$  de gradul 2 nu a influențat semnificativ rezultatele.

În cele ce urmează se va considera că funcția eforturilor  $\tilde{\sigma}_y(x)$  din penduli este de gradul patru, corespunzătoare sistemului de noduri fixe A<sub>5,5</sub>.

Pe baza rezultatelor precedente se va considera că pe penduli diagramele de forțe tăietoare sunt nule, iar expresia energiei elastice include termenii corespunzători funcțiilor moment încovoietor și forță tăietoare de pe subbare și termenul corespunzător forței axiale din pendulii considerați în stare de tensiune monoaxială.

Expresia energiei elastice este :

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} \sum_{\text{subbare}} \int_0^L \frac{M^2(x)}{EI} dx + \frac{1}{2} \sum_{\text{subbare}} \int_0^L \frac{k T^2(x)}{GA} dx + \frac{1}{2} \sum_{\text{penduli}} \int_0^{l_p} \frac{(\tilde{\sigma}_y dA)^2}{EdA}$$

unde :

$$\begin{aligned} M(x) = & \frac{-1.3921517n_1 + 6.8778853n_2 - 5.485734n_3}{L^4} x^6 \\ & + \frac{4.176455n_1 - 20.633656n_2 + 16.457202n_3}{L^3} x^5 \\ & + \frac{-5.0985115n_1 + 22.812859n_2 - 17.714351}{L^2} x^4 \\ & + \frac{3.2362547n_1 - 11.236293n_2 + 8.0000323n_3}{L} x^3 \\ & + (-1.1220569n_1 + 1.9792061n_2 - 1.3571514n_3)Lx^2 \\ & + (0.2n_1 + 0.2n_2 + 0.1n_3)Lx \delta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T(x) = & \frac{-8.35291n_1 + 41.267312n_2 - 32.914404n_3}{L^4} x^5 \\
 & + \frac{20.882275n_1 - 103.16828n_2 + 82.28601n_3}{L^3} x^4 \\
 & + \frac{-20.394046n_1 + 91.251437n_2 - 70.857403n_3}{L^2} x^3 \\
 & + \frac{9.708794n_1 - 33.708879n_2 + 24.000097n_3}{L} x^2 \\
 & + (-2.2441137n_1 + 5.9584122n_2 - 2.7143028n_3)x \\
 & + (0.2n_1 + 0.2n_2 + 0.1n_3)L\delta \\
 & \frac{1}{2} \sum_{penduli} \int_0^{l_p} \frac{(\sigma_y dA)^2}{E dA} = \frac{1}{2} \int_0^{\delta} dz \int_0^L dx \left( \int_0^{l_p} \frac{\sigma_y^2 dy}{E} \right) = \frac{\delta l_p}{2} \int_0^L \frac{\sigma_y^2(x) dx}{E}
 \end{aligned}$$

Deoarece numărul pendulilor tinde la infinit, se consideră că aria unui pendul este  $dA = dx dz$ .

În urma efectuării calculelor se obține expresia energiei elastice sub forma :

$$\begin{aligned}
 \mathcal{E} = & \left\{ (0.0001653 \frac{L^2}{I} + 0.0049769 \frac{k}{A} + 0.2 \frac{l_p}{L^2}) n_1^2 \right. \\
 & + (0.0037633 \frac{L^2}{I} + 0.127328 \frac{k}{A} + 0.2 \frac{l_p}{L^2}) n_2^2 \\
 & + (0.0003374 \frac{L^2}{I} + 0.0149357 \frac{k}{A} + 0.1 \frac{l_p}{L^2}) n_3^2 \\
 & + (0.0015134 \frac{L^2}{I} + 0.0492742 \frac{k}{A}) n_1 n_2 \\
 & + (0.0004079 \frac{L^2}{I} + 0.0001557 \frac{k}{A}) n_1 n_3 \\
 & \left. + (0.002145 \frac{L^2}{I} + 0.0194956 \frac{k}{A}) n_2 n_3 \right\} \cdot \frac{\delta^2 u^2 p^2 L^3}{E} \quad (4.6^*)
 \end{aligned}$$

Eforturile în penduli se determină impunând condiția de minim pentru expresia energiei elastice supusă legăturii

$$2.244113n_1 - 3.9584122n_2 + 2.7143028n_3 - \mu p = 0$$

care exprimă <sup>condiția</sup> ca în vecinătatea reazemelor barei eforturile unitare normale în penduli să fie  $\mu p$ .

Problema extremei cu legături :

$$\mathcal{E}^* = \mathcal{E} + \lambda(2.2441137n_1 - 3.9584122n_2 + 2.7143028n_3 - \mu p) = \text{minim}$$

se reduce la rezolvarea sistemului de ecuații :

$$\begin{cases} \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial n_1} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial n_2} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial n_3} = 0 \\ \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial \lambda} = 0 \end{cases} \quad (4.7^{**})$$

Sistemul de ecuații al punctelor staționare de mai sus se poate scrie sub forma :

$$\begin{bmatrix} A \end{bmatrix}_{4 \times 4} \cdot \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ \lambda \end{pmatrix} = (B)_{1 \times 3}$$

unde :

$$A_{(1,1)} = 0.0003306 \frac{L^2}{I} + 0.0099538 \frac{k}{A} + 0.4 \frac{1}{\delta L^2}$$

$$A_{(1,2)} = 0.0015134 \frac{L^2}{I} + 0.0492742 \frac{k}{A}$$

$$A_{(1,3)} = 0.0004079 \frac{L^2}{I} + 0.0001557 \frac{k}{A}$$



$$A_{(1,4)} = 2.2441137$$

$$A_{(2,1)} = A_{(1,2)}$$

$$A_{(2,2)} = 0.0075266 \frac{L^2}{I} + 0.255656 \frac{k}{A} + 0.4 \frac{lp}{L^2}$$

$$A_{(2,3)} = 0.002145 \frac{L^2}{I} + 0.0194956 \frac{k}{A}$$

$$A_{(2,4)} = 3.9584122$$

$$A_{(3,1)} = A_{(1,3)}$$

$$A_{(3,2)} = A_{(2,3)}$$

$$A_{(3,3)} = 0.0006748 \frac{L^2}{I} + 0.0298714 \frac{k}{A} + \frac{0.2lp}{\delta L^2}$$

$$A_{(3,4)} = 2.7143028$$

$$A_{(4,1)} = A_{(1,4)}$$

$$A_{(4,2)} = A_{(2,4)}$$

$$A_{(4,3)} = A_{(3,4)}$$

$$A_{(4,4)} = 0$$

$$B_{(1)} = 0$$

$$B_{(2)} = 0$$

$$B_{(3)} = 0$$

$$B_{(4)} = \mu p$$

Prin rezolvarea sistemului de ecuații de mai sus se obțin parametrii  $n_1, n_2, n_3$ , în funcție de care se obține variația eforturilor unitare  $\sigma_y(x)$  :

$$\begin{aligned}
 \tilde{\sigma}_y(x) = & \frac{41.76455n_1 - 206.33656n_2 + 164.57202n_3}{L^4} x^4 \\
 & + \frac{-83.5291n_1 + 412.67312n_2 - 329.14404n_3}{L^3} x^3 \\
 & + \frac{61.182138n_1 - 273.75431n_2 + 212.57221n_3}{L^2} x^2 \\
 & + \frac{-19.417588n_1 + 67.417758n_2 - 48.000194n_3}{L} x \\
 & + 2.2441137n_1 - 3.9584122n_2 + 2.7143028n_3
 \end{aligned}$$

În cazul barelor, folosite în construcțiile metalice, datorită restricțiilor impuse de respectarea coeficientului prescris de sveltețe, caracteristicile barei  $I, k, A, \bar{\sigma}, l_p$  nu influențează sensibil funcția  $\tilde{\sigma}_y(x)$  dedusă în cadrul relațiilor preliminare de calcul; de aceea în cadrul relațiilor finale de calcul se va prescrie o singură funcție  $\tilde{\sigma}_y(x)$ , aceea dedusă în cadrul relațiilor preliminare de calcul.

Calculul diagramei  $\sigma_y$  pentru bara cu conlucrare alcătuită din patru subbare, solicitată axial centric folosind sistemul de noduri fixe  $A_{5,5}$

Dacă se notează cu  $\alpha_i, i = \overline{1,5}$   $\alpha_1 = \alpha_5$   $\alpha_2 = \alpha_4$  eforturile unitare normale în pendulii de discretizare a zonei de conlucrare dintre subbarele centrale, respectiv cu  $\beta_i, \beta_1 = \beta_5, \beta_2 = \beta_4$   $i = \overline{1,5}$ , eforturile unitare normale în pendulii de discretizare a zonei de conlucrare dintre o subbară marginală și subbara adiacentă ei din zona centrală, atunci expresia energiei elastice însumată a subbarelor care alcătuiesc bara este :

$$\begin{aligned} \mathcal{E}^* = & \left\{ 0.0001652(\alpha_1 - \beta_1)^2 + 0.0037632(\alpha_2 - \beta_2)^2 + 0.0003375(\alpha_3 - \beta_3)^2 \right. \\ & + 0.0015134(\alpha_1 - \beta_1)(\alpha_2 - \beta_2) + 0.0004081(\alpha_1 - \beta_1)(\alpha_3 - \beta_3) + \\ & + 0.0021456(\alpha_2 - \beta_2)(\alpha_3 - \beta_3) + 0.0001652\beta_1^2 + 0.0037632\beta_2^2 + \\ & + 0.0003375\beta_3^2 + 0.001513\beta_1\beta_2 + 0.0004081\beta_1\beta_3 + 0.0021456\beta_2\beta_3 \\ & + \lambda_1(2.2441137\alpha_1 - 3.9584122\alpha_2 + 2.7143028\alpha_3 - 1) \mu_p \\ & \left. + \lambda_2(2.2441137\beta_1 - 3.9584122\beta_2 + 2.7143028\beta_3 - 1) \mu_p \right\} \frac{E^2 \mu_p^2 L^5}{E1} \end{aligned}$$

$$\text{unde : } 2.2441137\alpha_1 - 3.9584122\alpha_2 + 2.7143028\alpha_3 - 1 = 0$$

$$2.2441137\beta_1 - 3.9584122\beta_2 + 2.7143028\beta_3 - 1 = 0$$

Scrierea imediată a expresiei energiei elastice pentru bara cu conlucrare alcătuită din patru subbare a fost posibilă pe baza expresiei energiei elastice cunoscută în cadrul studiului barei cu conlucrare alcătuită din două subbare.

Dacă în expresia de mai sus se consideră  $\alpha_i = 0$ , oricare ar fi  $i = \overline{1,5}$ , atunci se obține expresia energiei elastice pentru bara cu conlucrare alcătuită din două subbare.

Condiția de minim a energiei elastice supusă legăturilor care impun ca valoarea efortului unitar normal în pendulii de capăt de bară să fie  $\mu_p$ , este echivalentă cu sistemul de ecuații :

$$A = \begin{bmatrix} 0.0003304 & 0.0015134 & 0.0004081 & -0.0003304 & -0.0015134 & 0.0004081 & 2.2441137 & 0 \\ 0.0015134 & 0.0075264 & 0.0021456 & -0.0015134 & -0.0075264 & 0.0021456 & -3.9584122 & 0 \\ 0.0004081 & 0.0021456 & 0.000675 & -0.0004081 & -0.0021456 & 0.000675 & 2.7143028 & 0 \\ -0.0003304 & -0.0015134 & -0.0004081 & 0.0003304 & 0.0015134 & -0.0004081 & 0 & 2.2441137 \\ -0.0015134 & -0.0075264 & -0.0021456 & 0.0015134 & 0.0075264 & -0.0021456 & 0 & -3.9584122 \\ -0.0004081 & -0.0021456 & -0.000675 & 0.0004081 & 0.0021456 & 0.000675 & 0 & 2.7143028 \\ 2.2441137 & -3.9584122 & 2.7143028 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2.2441137 & -3.9584122 & 2.7143028 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

107

$$B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

107

$$\begin{array}{l}
 \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial \alpha_1} = 0 \\
 \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial \alpha_2} = 0 \\
 \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial \alpha_3} = 0 \\
 \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial \beta_1} = 0 \\
 \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial \beta_2} = 0 \\
 \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial \beta_3} = 0 \\
 \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial \lambda_1} = 0 \\
 \frac{\partial \mathcal{E}^*}{\partial \lambda_2} = 0
 \end{array}
 \sim
 \begin{array}{l}
 \boxed{A} \text{ }_{3 \times 3} \\
 \left( \begin{array}{c} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{array} \right) \\
 = (B) \text{ }_{1 \times 3}
 \end{array}$$

unde :

Soluția sistemului de ecuații de mai sus este :

$$[A^{-1}] \cdot (B) = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.1861147 \\ -0.0699 \\ 0.1126051 \\ 0.1861144 \\ -0.0699 \\ 0.1126051 \\ -2.887645 \cdot 10^{-11} \\ -7.1404 \cdot 10^{-7} \end{pmatrix}$$

iar

$$\sigma_{y,5,5}(x) = \left( 40.727571 \frac{x^4}{L^4} - 81.455142 \frac{x^5}{L^5} + 54.459036 \frac{x^2}{L^2} - 13.731466 \frac{x}{L} + 1 \right) u_p$$

Se remarcă faptul că expresia eforturilor din penduli este practic aceeași atât în cazul barei alcătuite din două subbare cât și în cazul barei alcătuite din patru subbare.

. . . Relația dintre funcțiile eforturilor axiale  $\tilde{\sigma}_y(x)$  din pendulii de discretizare a zonei de conlucrare și realitate

În cadrul relațiilor preliminare de calcul, s-au determinat funcții pentru eforturile axiale  $\tilde{\sigma}_y(x)$  din penduli și anume :  $\tilde{\sigma}_y(x)$ ,  $\tilde{\sigma}_y(x)$ ,  $\tilde{\sigma}_y(x)$  care satisfac condițiile :

$$A_{3,3} \quad A_{4,4} \quad A_{5,5}$$

$$\ast \quad \tilde{\sigma}_y(0) = \tilde{\sigma}_y(L) = \mu p$$

$\ast \ast$  Energia elastică a barei cu conlucrare considerată structură static nedeterminată este minimă.

În funcție de gradul polinomului care aproximează funcția  $\tilde{\sigma}_y(x)$  - gradul doi în cazul folosirii sistemelor de noduri fixe  $A_{3,3}, A_{4,4}$  sau gradul patru în cazul folosirii sistemului de noduri fixe  $A_{5,5}$  sau un alt grad - se pot obține impunând condiția de minim pentru energia elastică diferite soluții teoretice, dintre care doar una corespunde realității.

Din mulțimea de soluții s-au reținut ca posibile funcțiile ale eforturilor axiale din penduli  $\tilde{\sigma}_y(x)$ ,  $\tilde{\sigma}_y(x)$  și  $\tilde{\sigma}_y(x)$

$$A_{3,3} \quad A_{4,4} \quad A_{5,5}$$

pe baza asemănării între deformata subbarelor și alură momentul încovoietor pe subbare pentru cazul în care funcția  $\tilde{\sigma}_y(x)$ ,  $\tilde{\sigma}_y(x)$

$$A_{3,3} \quad A_{4,4}$$

ar corespunde realității, respectiv pe baza corespondenței între secțiunea barei și funcția eforturilor din penduli în cazul în care funcția  $\tilde{\sigma}_y(x)$  ar corespunde realității.

$$A_{5,5}$$

Pentru a stabili care dintre funcțiile reținute pentru variația eforturilor din pendulii ce discretizează zona de conlucrare corespunde realității, s-a considerat necesar a măsura în mod direct alungirile pendulilor pe o bară cu conlucrare alcătuită dintr-un material elastic.

În foto. 4. Este ilustrată o bară cu conlucrare alcătuită din două subbare din polimer legate între ele cu un număr mare de penduli confecționați din același material, ca și subbarele.

Pe fiecare pendul, în vecinătatea îmbinărilor pendul subbare, au fost fixați prin lipire cu adeziv plăci circulare de celuloză (hartie) pe care au fost desenate cu tuș cercuri mici.

Cercurile imprimate pe plăcile circulare lipite pe capetele pendulilor se numesc reperi mobili.

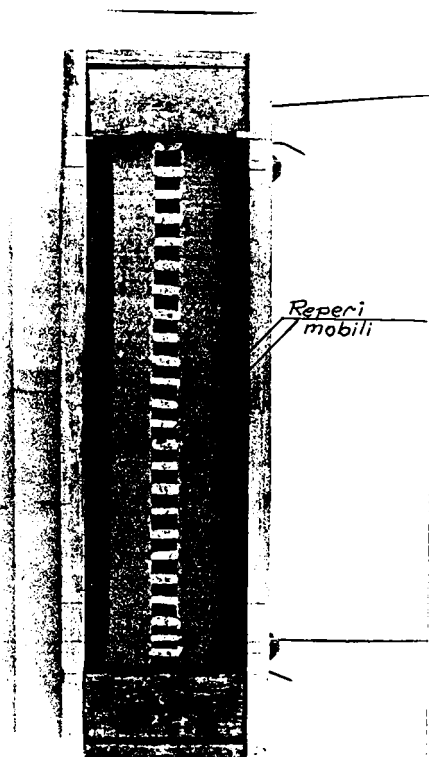


Foto 4.5

În scopul măsurării distanței dintre cei doi reperi mobili fixați la extremitățile unui pendul curent a fost confecționat un dispozitiv în care bara să poată fi încărcată axial centric iar dreapta determinată de centrele reperilor mobili să fie verticală. (foto 46)

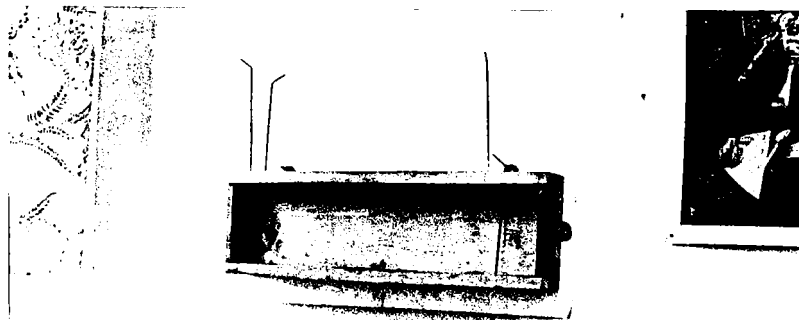


Foto 4,6



În acest caz, în care axele longitudinale ale pendulilor sunt verticale, distanța dintre cei doi reperi fixați la extremitățile de sus respectiv jos ale unui pendul curent poate fi asimilată cu o diferență de nivel. Variația diferenței de nivel, dintre reperi mobili corespunzători unui pendul, determinată de variația încărcării exterioare axial centrică a barei este similară cu alunșirea pendulului.

Pentru a măsura diferențele de nivel dintre reperi mobili, s-a recurs la o metodă de nivelment geometric.

Este cunoscut faptul că instrumentele de nivelment cu lunetă au proprietatea de a induce prin intermediul axei la vizare un plan orizontal.

Pentru două înălțimi distincte ale instrumentului de nivelment, în faze de lucru distincte, diferența de nivel dintre planele paralele induse poate fi determinată folosind o miră verticală. (fig. 4.6)

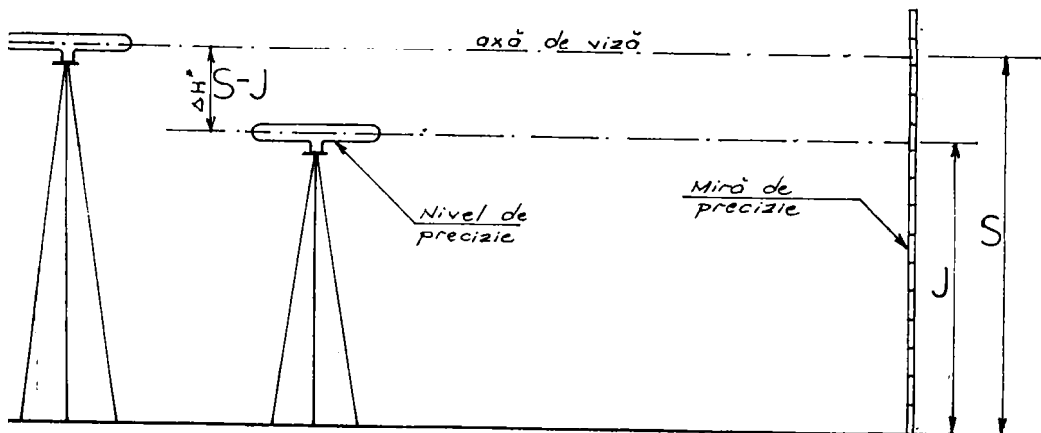


Fig 4.6 Determinarea diferenței de nivel dintre planele de viză

Dacă instrumentul de nivelment cu lunetă este un nivel de precizie iar mira verticală este o miră de precizie, atunci diferența de nivel dintre planele orizontale induse prin intermediul axei de vizare se poate determina cu eroare de 0.07 mm. (foto 4.7)

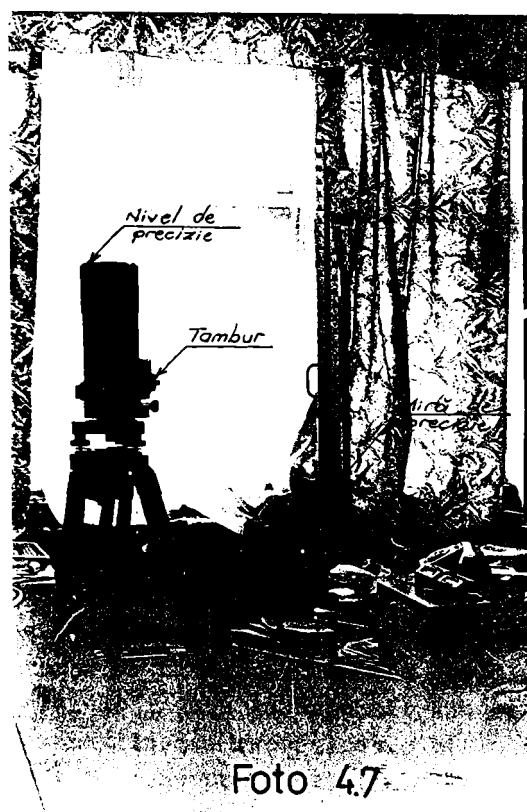


Foto 4.7

Precizia de măsurare se datorește folosirii mirei de precizie - miră specială cu bandă de invar pe care gradațiile sunt de 5 mm și micrometrului optic cu placă plan paralelă, fixat în fața obiectivului și care poate fi înclinată cu ajutorul unui tambur gradat.

Principiul de funcționare al micrometrului este prezentat schematic în fig. 4.7.

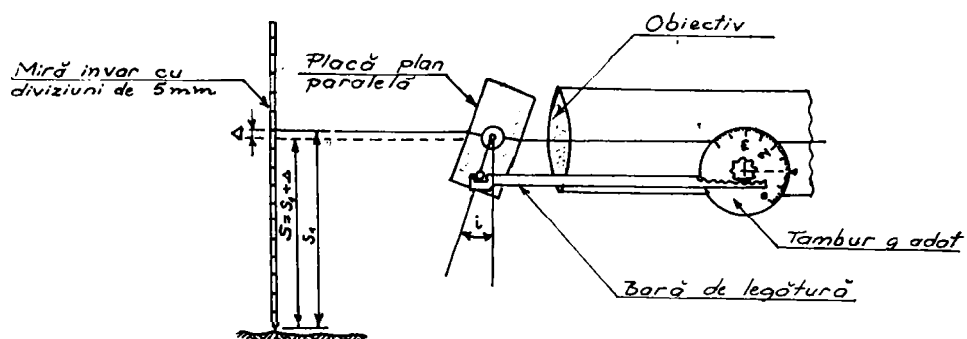


Fig. 4.7 Schema micrometrului optic

Tamburul micrometric este împărțit în 100 diviziuni iar o rotire a tamburului, de la 0 la 100, deplasează imaginea firului nivelor inclus în planul orizontal indus de axa de vizare, pe un interval de 5 mm. Rezultă că prin rotirea tamburului axa de vizare și implicit planul orizontal indus se deplasează cu  $5 \text{ mm} : 100 \text{ div} = 0,05 \text{ mm/1 div}$ . respectând relația de paralelism.

Pentru a determina distanța sau diferența de nivel dintre doi reperi mobili situați pe un pendul pentru o anumită stare de încărcare axială a barei cu conlucrare, se instalează două instrumente de nivelment de precizie la înălțimi diferite respectând condițiile :

- un instrument de nivelment, având reperul de citire în coincidență cu cifra zero de pe tambur, să aibă nivelul axei de vizare la partea superioară a reperilor mobili de sus.

- un instrument de nivelment, având reperul de citire în coincidență cu cifra zero de pe tambur să aibă nivelul axei de vizare la partea superioară a reperilor mobili de jos.

Diferența de nivel  $\Delta H^{\text{m}}$  dintre axele de vizare sau dintre planele paralele induse corespunzătoare celor două instrumente de nivelment având fiecare reperul de citire în coincidență cu cifra zero de pe tambur, se poate determina efectuând citirile finale S respectiv J pe o aceeași miră de precizie. (fig. 4.6)

$$\Delta H^{\text{m}} = (S - J) \times 0,005$$



În continuare, se vizează cu fiecare instrument de nivelment reperul mobil al cărui nivel se află aproximativ la nivelul axei de vizare ; se rotește tamburul până când pana atașată firului nivelat încadrează reperul. (fig. 4.8)

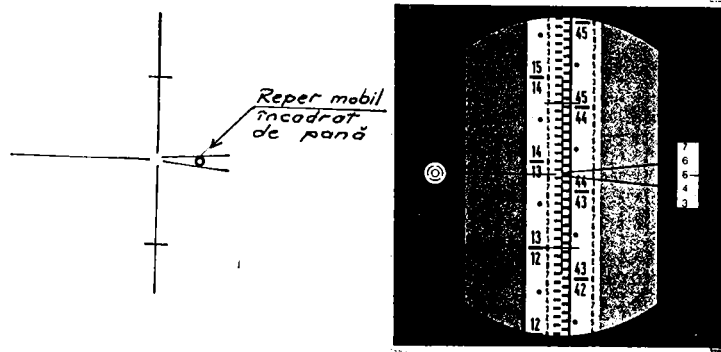


Fig 4.8 Imagini în câmpul lunetei

— Lecturile  $s, j$  de pe tamburii gradați sunt măsurile diferențelor de nivel dintre axele de vizare și reperii mobili, exprimate de diviziuni.

Distanța sau diferența de nivel dintre reperii mobili situați pe pendul se calculează cu formula :

$$\Delta H = (S - J - (s - j)) \cdot 0.005$$

În foto. 4.8 este surprins un crâmpci din activitatea de determinare a lungimii pendulilor când bara se află în diferite stadii de încărcare axială.

Lungimea pendulilor s-a determinat în stădiile de încărcare centric axială a barei astfel:

- încărcarea exterioară centric axială nulă
- încărcarea exterioară centric axială având valoarea  $F_1$
- încărcarea exterioară centric axială având valoarea  $F_2$

Rezultatele măsurătorilor și lungimea pendulilor inter-reperi este dată tabelar (Tabelele 4.1, 4.2, 4.3, 4.4)

Tabel 4.1

Nr. pendul	Citirea pe tambur corespunzătoare reperilor mobili de		Citiri pe mira de învar corespunzătoare înălți- mii aparatului pentru șirul de reperi mobili		Diferențe de nivel dintre reperi și mo- bili amplasați pe penduli $H_p$ (mm)	O b s e r v a ț i i
	sus (s)	jos (j)	sus (s)	jos (j)		
1	133	370			18.715	$H_p = (s-j) \cdot 0.005$ $H_p = (3541-s+j) \cdot 0.005$  Măsurătorile s-au efectuat pe bara cu conclurare nesol- licitată la forțe exterioa- re.
2	140	253			18.27	
3	269	260			17.66	
4	339	330			17.66	
5	435	355			17.205	
6	285	415			17.855	
7	621	710			18.15	
8	462	652			18.655	
9	506	659	882310		17.97	
10	482	779		2793510	19.19	
11	701	660			17.5	
12	620	810			18.625	
13	727	751			17.825	
14	560	787			18.84	
15	515	707			18.665	
16	312	791			20.1	
17	388	654			19.035	
18	182	900			21.295	
19	201	733			20.265	
20	327	835			20.245	
21	303	620			19.29	
22	322	690			19.545	
23	338	671			19.07	
24	330	755			19.83	

Tabel 4.2

Nr. pendul	Citiri pe tambur corespunzătoare reperilor mobili de		Citiri pe mira de inventar corespunzătoare înălțimii aparatului pentru șirul de repere mobili de	Diferența de nivel dintre reperele mobili amplasați pe pendulul	Observații
	sus (s)	jos (j)			
1	651	618		18.885	$H_p = (S - J - (s - j)) \mp 0.005$ $H_p = (S10 - s + j) \mp 0.005$ măsurătorile s-au efectuat pe bara cu conclucrare în timpul solicitării de întindere axial centrică constantă
2	502	510		19.09	
3	683	524		18.255	
4	721	524		18.015	
5	778	469		17.505	
6	700	482		17.96	
7	940	781		18.255	
8	828	731		18.565	
9	903	690	882041	17.985	
10	837	850		19.115	
11	1000	684		17.47	
12	955	851	275541	18.53	
13	1027	777		17.8	
14	870	801		18.705	
15	813	739		18.68	
16	634	818		19.97	
17	697	686		18.995	
18	513	931		21.14	
19	445	717		20.41	
20	603	850		20.285	
21	538	610		19.41	
22	516	624		19.59	
23	509	641		19.71	
24	387	670		20.465	

Table 4.3

Nr. pendul	Citiri pe tambur corespunzătoare reperilor mobile		Citiri pe mira de invar corespunzătoare înălțimii aparaturii pentru șirul de repere mobili		Diferența de nivel dintre reperele mobile amplasate pe penduli	Observații
	sus (s)	jos (j)	sus (S)	jos (J)		
1	650	622			18.91	$H_p = (S - J) - (s - j) \pm 0.005$ $H_p = (3810 - s + j) \pm 0.005$  Măsurătorile au fost efectuate pe bara cu conclurare parțială, fiind secționată pendulii 7, ... 18, sub acțiune forței axiale exterioare aplicată centric.
2	475	510			19.225	
3	660	521			18.355	
4	720	527			18.082	
5	761	467			17.58	
6	678	479			18.055	
7	878	845			18.885	
8	718	815			19.525	
9	811	808			19.025	
10	740	940		882041	20.05	
11	831	842			19.105	
12	789	897		275541	19.59	
13	860	804			18.77	
14	886	906			19.15	
15	727	645			18.64	
16	643	780			19.935	
17	440	680			19.25	
18	440	919			21.445	
19	421	700			20.445	
20	575	841			20.38	
21	507	605			19.55	
22	495	616			19.625	
23	480	622			19.625	
24	365	666			20.555	

Tabel 4.4

nr. pendul	Citiri pe tambur corespunzătoare reperilor mobili de		Citiri pe mire de invar corespunzătoare înălțimii aparatului pentru șirul de reperi mobili de		Diferența de nivel dintre reperi mobili amplasați pe penduli $H_p$ (mm)	Observații
	sus (s)	jos (j)	sus (S)	Jos (J)		
1	-	-	-	-	-	$H_p = (S-J-(s-j)) \neq 0.005$ $H_p = (5580-s+j) \neq 0.005$  măsurătorile s-au efectuat pe bara fără conclucrare în timpul sollicitării la întindere axial centrică constantă.
2	565	106			25.505	
3	515	255			26.6	
4	505	225			27	
5	521	310			26.735	
6	400	220			27.55	
7	530	642			28.16	
8	435	619			28.92	
9	521	610	886500	880920	28.245	
10	441	750	280000	274420	29.445	
11	530	640			28.45	
12	487	694			28.935	
13	555	598			28.115	
14	585	690			28.425	
15	430	428			27.89	
16	311	550			29.095	
17	351	452			28.405	
18	146	688			20.61	
19	169	463			29.37	
20	220	644			29.52	
21	217	410			28.865	
22	280	224			28.12	
23	260	268			27.44	
24	461	150			26.345	



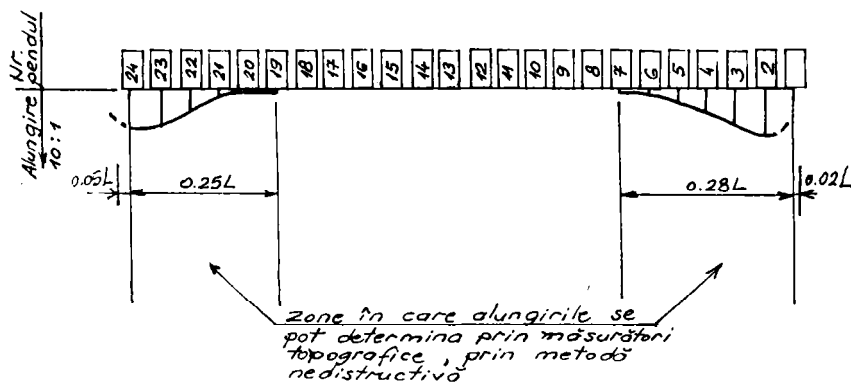


Fig. 4.9. Alungirile pendulilor în zonele marginale

Diferența de nivel sau distanța dintre reperii mobili corespunzători unui pendul fiind :

$$\Delta H = (C - J - (s - j)) \quad (\text{div})$$

unde C, J, s, j sunt determinate prin măsurători directe afectate fiecare de erori evaluate la 0.5 diviziuni fiindcă se pot aprecia jumătățile de diviziuni pe tambur, rezultă că eroarea funcției  $\Delta H$  este:

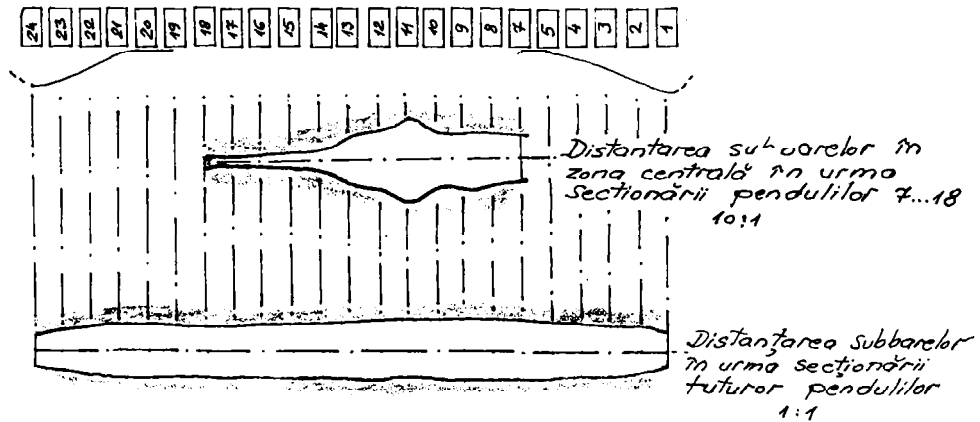
$$e_{\Delta H} = \pm \left( \left( \frac{\partial \Delta H}{\partial C} \right)^2 (0.5)^2 + \left( \frac{\partial \Delta H}{\partial J} \right)^2 (0.5)^2 + \left( \frac{\partial \Delta H}{\partial s} \right)^2 (0.5)^2 + \left( \frac{\partial \Delta H}{\partial j} \right)^2 (0.5)^2 \right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{4 \times (0.5)^2} = 2 \times 0.5 = 1 \text{ div.}$$

$$e_{\Delta H} = \pm 1 \text{ div} \times \frac{0.05 \text{ mm}}{\text{div}} = \pm 0.05 \text{ mm}$$

Din tabelele 4.1, 4.2 rezultă că în intervalele (0, 0.3L) și (0.7L, L) eforturile axiale în penduli sunt de întindere (fig. 4.9)

În intervalul (0.3L, 0.7L) eforturile în penduli sunt mici și având în considerare eroarea de determinare a lungimii u-

nui pendul, nu se pot trage concluzii asupra semnului pe baza măsurătorilor de mai sus.



## Fig 4.10 Distanțarea subbarelor

Pentru a determina semnul eforturilor din penduli au fost secționați transversal pendulii în intervalul  $(0.3L, 0.7L)$  în timp ce bara cu conlucrare se afla sub încărcări exterioare, urmărind următorul raționament: dacă eforturile în pendulii din zona centrală sunt de compresiune, atunci în zona secționată semi-pendulii vor rezema simplu iar distanța sau diferența de nivel dintre reperi nu se va modifica; dacă eforturile din pendulii din zona centrală sunt de întindere, atunci în zona secționată <sup>distanța</sup> dintre reperi va crește.

S-au efectuat măsurători topografice pe bara cu conlucrare solicitată axial centric având pendulii secționați transversal în intervalul  $(0.3L, 0.7L)$ ; rezultatele măsurătorilor sunt prezentate în tabelul 4.3 și fig. 4.10

Din măsurătorile topografice efectuate pe bara cu conlucrare solicitată axial centric, rezultă că eforturile în penduli variază în lungul barei approximate cel mai bine prin funcția  $\sigma_y(x)$ ,  
A5,5

eforturile în penduli tind spre zero în vecinătatea punctelor de abscise  $0.3L$  și  $0.7L$ , fiind strict pozitive în afara vecinătăților punctelor de abscise  $0.3L$  și  $0.7L$ .

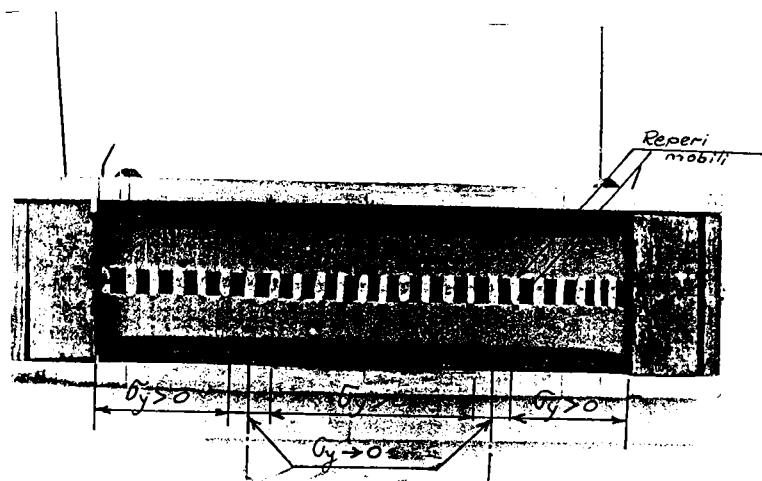


Foto 4.9

Această concluzie este în concordanță și cu relația de inegalitate între valorile energiei elastice a barei cu conclucrare solicitată axial centric, asociate sistemelor de noduri fixe  $A_{4,4}$  și  $A_{5,5}$ .

$$\mathcal{E}_{A_{4,4}} > \mathcal{E}_{A_{5,5}}$$

$$\mathcal{E}_{A_{3,3}} = 0.0000096 \frac{\delta^2 L^5}{BI} \mu^2 p^2 \quad ; \quad \mathcal{E}_{A_{5,5}} = 0.0000004 \frac{\delta^2 L^2}{BI} \mu^2 p^2$$

$$\mathcal{E}_{A_{3,3}} = \mathcal{E}_{A_{4,4}}$$

Din cele de mai sus rezultă că diagramele de eforturi  
 nenule pe bară sunt  $N$  și  $\sigma_y$ ; diagrama  $\sigma_y$  fiind consecință a e-  
 forturilor axiale ce se dezvoltă în penduli odată cu creșterea  
 forței axiale exterioare, aplicată centric.

#### Probleme speciale

#### 4.4.3. Influența proprietăților materialului de conlucrare asupra stării de eforturi din bara cu conlucrare solicitată axial centric

Bara cu conlucrare solicitată axial prezintă în anumite condiții de alcătuire o comportare elastică până la atingerea rezistenței de rupere. (foto. 4.10)

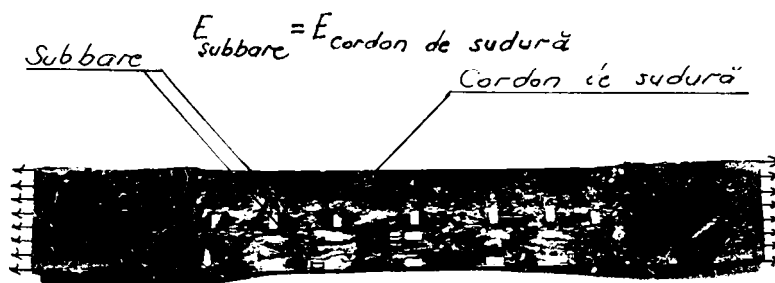
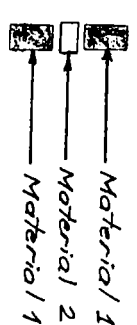
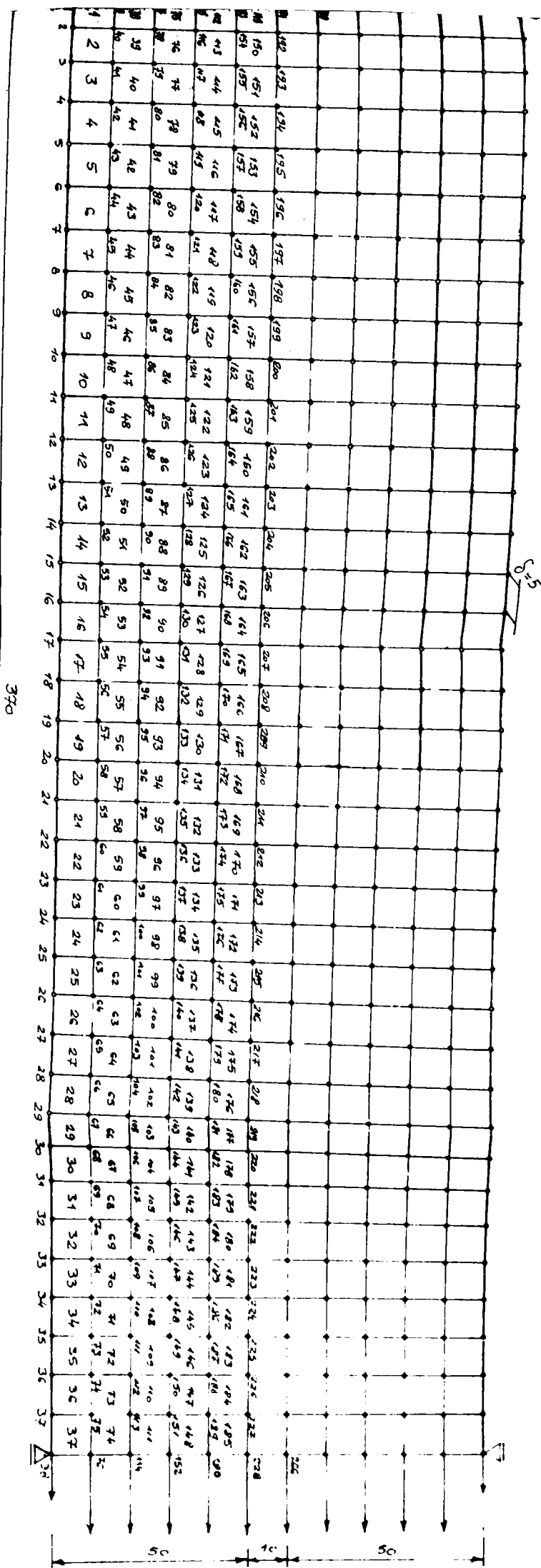


Foto 4.10  
 Bară avînd comportare elastică pînă  
 la atingerea rezistenței de rupere

Pentru a cunoaște influența proprietăților materialului de conlucrare asupra stării de eforturi din bara cu conlucrare solicitată axial centric, s-a ales o bară cu conlucrare, care s-a comportat elastic pînă la atingerea rezistenței de rupere, în cadrul încercării experimentale și materialului de conlucrare din cordonul de sudură i s-a atribuit un modul de elasticitate longitudinal de 1,5 ori mai mare decât modulului de elasticitate longitudinal al materialului subbarelor. (fig. 4.11) în cadrul calculului barei cu metoda elementului finit



$$E_{\text{material 2}} = 1.5 \cdot E_{\text{material 1}}$$

$$E_{\text{material 1}} = E_0 \cdot k_1 = 2.1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$$

Fig 4.11  
 Bara folosită pentru analiza conlucrării materialelor  
 cu proprietăți diferite

```

*****
*****
*
*
*          C O S M O S / M
*
*        VERSION:  1.60
*
*      DISTRIBUTED BY:
*
*    STRUCTURAL RESEARCH AND ANALYSIS CORPORATION
*
*      1661 LINCOLN BLVD. #200
*
*    SANTA MONICA, CALIFORNIA  90404
*
*      TEL. NO.  (213) 452-2158
*
*    COPYRIGHT 1988  S. R. A. C.
*
*****
*****

```

DATE: 6/4/1993 TIME: 0:19:55

TITLE :  
SUBTITLE :

E L E M E N T    G R O U P    D A T A  
-----

ELEMENT GROUP NUMBER = 1

PLANE2D    Two dimensional 4 to 8 node plane elements

Type of integration = . . . . . 1  
 EQ. 0 ; Reduced integration  
 EQ. 1 ; QM6 incompatible element  
 EQ. 2 ; Full integration  
 Type of 2-D element = . . . . . 0  
 EQ. 0 ; Plane Stress  
 EQ. 1 ; Axisymmetric  
 EQ. 2 ; Plane Strain

*Scopul analizei globale elastice a barei alcătuite din subbare având același modul de elasticitate E, legate între ele cu un alt material având modulul de elasticitate 1.5E este de a demonstra că în planul de schimbare a proprietăților materialelor, diagrama eforturilor unitare  $\sigma_y$  diferă calitativ și cantitativ de diagrama eforturilor unitare  $\sigma_y$  obținută prin analiza globală elastică a barei alcătuită din subbare cu conlucrare, considerată ca structură infinit static nedeterminată interior, în care zona de conlucrare a fost discretizată printr-o infinitate de penduli având același modul de elasticitate E corespunzător subbarelor (vezi Cosmos M și fig. 4.12 coroborată cu fig. 3.13)*

*Cosmos M și fig. 4.12 coroborată cu fig. 3.13 pag. 125*

REAL    CONSTANT    DATA  
-----

REAL CONSTANT SET 1.

PLANE2D Two dimensional 4 to 8 node plane elements  
 Thickness = 5.0000  
 Material angle = .00000

\*\*\*\*\*

MATERIAL PROPERTY DATA

MATERIAL PROPERTY SET 1

	Value	Temp curve no.
EX : X Elastic Modulus	21000.	0
NUXY : Poisson Ratio	.30000	0

MATERIAL PROPERTY SET 2

	Value	Temp curve no.
EX : X Elastic Modulus	31500.	0
NUXY : Poisson Ratio	.30000	0

\*\*\*\*\*

NODAL INPUT DATA

NODE	BOUNDARY CONDITION CODES (0 = FREE ; 1 = FIXED)						NODAL POINT COORDINATES		
	X	Y	Z	XX	YY	ZZ	X	Y	Z
1	0	1	1	1	1	1	.00000	.00000	.00000
2	0	0	1	1	1	1	10.000	.00000	.00000
3	0	0	1	1	1	1	20.000	.00000	.00000
4	0	0	1	1	1	1	30.000	.00000	.00000
5	0	0	1	1	1	1	40.000	.00000	.00000
6	0	0	1	1	1	1	50.000	.00000	.00000
7	0	0	1	1	1	1	60.000	.00000	.00000
8	0	0	1	1	1	1	70.000	.00000	.00000
9	0	0	1	1	1	1	80.000	.00000	.00000
10	0	0	1	1	1	1	90.000	.00000	.00000
11	0	0	1	1	1	1	100.00	.00000	.00000
12	0	0	1	1	1	1	110.00	.00000	.00000
13	0	0	1	1	1	1	120.00	.00000	.00000
14	0	0	1	1	1	1	130.00	.00000	.00000
15	0	0	1	1	1	1	140.00	.00000	.00000
16	0	0	1	1	1	1	150.00	.00000	.00000
17	0	0	1	1	1	1	160.00	.00000	.00000
18	0	0	1	1	1	1	170.00	.00000	.00000
19	0	0	1	1	1	1	180.00	.00000	.00000
20	0	0	1	1	1	1	190.00	.00000	.00000
21	0	0	1	1	1	1	200.00	.00000	.00000
22	0	0	1	1	1	1	210.00	.00000	.00000
23	0	0	1	1	1	1	220.00	.00000	.00000
24	0	0	1	1	1	1	230.00	.00000	.00000
25	0	0	1	1	1	1	240.00	.00000	.00000
26	0	0	1	1	1	1	250.00	.00000	.00000
27	0	0	1	1	1	1	260.00	.00000	.00000
28	0	0	1	1	1	1	270.00	.00000	.00000
29	0	0	1	1	1	1	280.00	.00000	.00000
30	0	0	1	1	1	1	290.00	.00000	.00000
31	0	0	1	1	1	1	300.00	.00000	.00000
32	0	0	1	1	1	1	310.00	.00000	.00000

33	0	0	1	1	1	1	320.00	.00000	.00000
34	0	0	1	1	1	1	330.00	.00000	.00000
35	0	0	1	1	1	1	340.00	.00000	.00000
36	0	0	1	1	1	1	350.00	.00000	.00000
37	0	0	1	1	1	1	360.00	.00000	.00000
38	0	1	1	1	1	1	370.00	.00000	.00000
39	0	1	1	1	1	1	.00000	10.000	.00000
40	0	0	1	1	1	1	10.000	10.000	.00000
41	0	0	1	1	1	1	20.000	10.000	.00000
42	0	0	1	1	1	1	30.000	10.000	.00000
43	0	0	1	1	1	1	40.000	10.000	.00000
44	0	0	1	1	1	1	50.000	10.000	.00000
45	0	0	1	1	1	1	60.000	10.000	.00000
46	0	0	1	1	1	1	70.000	10.000	.00000
47	0	0	1	1	1	1	80.000	10.000	.00000
48	0	0	1	1	1	1	90.000	10.000	.00000
49	0	0	1	1	1	1	100.00	10.000	.00000
50	0	0	1	1	1	1	110.00	10.000	.00000
51	0	0	1	1	1	1	120.00	10.000	.00000
52	0	0	1	1	1	1	130.00	10.000	.00000
53	0	0	1	1	1	1	140.00	10.000	.00000
54	0	0	1	1	1	1	150.00	10.000	.00000
55	0	0	1	1	1	1	160.00	10.000	.00000
56	0	0	1	1	1	1	170.00	10.000	.00000
57	0	0	1	1	1	1	180.00	10.000	.00000
58	0	0	1	1	1	1	190.00	10.000	.00000
59	0	0	1	1	1	1	200.00	10.000	.00000
60	0	0	1	1	1	1	210.00	10.000	.00000
61	0	0	1	1	1	1	220.00	10.000	.00000
62	0	0	1	1	1	1	230.00	10.000	.00000
63	0	0	1	1	1	1	240.00	10.000	.00000
64	0	0	1	1	1	1	250.00	10.000	.00000
65	0	0	1	1	1	1	260.00	10.000	.00000
66	0	0	1	1	1	1	270.00	10.000	.00000
67	0	0	1	1	1	1	280.00	10.000	.00000
68	0	0	1	1	1	1	290.00	10.000	.00000
69	0	0	1	1	1	1	300.00	10.000	.00000
70	0	0	1	1	1	1	310.00	10.000	.00000
71	0	0	1	1	1	1	320.00	10.000	.00000
72	0	0	1	1	1	1	330.00	10.000	.00000
73	0	0	1	1	1	1	340.00	10.000	.00000
74	0	0	1	1	1	1	350.00	10.000	.00000
75	0	0	1	1	1	1	360.00	10.000	.00000
76	0	1	1	1	1	1	370.00	10.000	.00000
77	0	1	1	1	1	1	.00000	20.000	.00000
78	0	0	1	1	1	1	10.000	20.000	.00000
79	0	0	1	1	1	1	20.000	20.000	.00000
80	0	0	1	1	1	1	30.000	20.000	.00000
81	0	0	1	1	1	1	40.000	20.000	.00000
82	0	0	1	1	1	1	50.000	20.000	.00000
83	0	0	1	1	1	1	60.000	20.000	.00000
84	0	0	1	1	1	1	70.000	20.000	.00000
85	0	0	1	1	1	1	80.000	20.000	.00000
86	0	0	1	1	1	1	90.000	20.000	.00000
87	0	0	1	1	1	1	100.00	20.000	.00000
88	0	0	1	1	1	1	110.00	20.000	.00000
89	0	0	1	1	1	1	120.00	20.000	.00000
90	0	0	1	1	1	1	130.00	20.000	.00000
91	0	0	1	1	1	1	140.00	20.000	.00000
92	0	0	1	1	1	1	150.00	20.000	.00000
93	0	0	1	1	1	1	160.00	20.000	.00000
94	0	0	1	1	1	1	170.00	20.000	.00000
95	0	0	1	1	1	1	180.00	20.000	.00000



96	0	0	1	1	1	1	190.00	20.000	.00000
97	0	0	1	1	1	1	200.00	20.000	.00000
98	0	0	1	1	1	1	210.00	20.000	.00000
99	0	0	1	1	1	1	220.00	20.000	.00000
100	0	0	1	1	1	1	230.00	20.000	.00000
101	0	0	1	1	1	1	240.00	20.000	.00000
102	0	0	1	1	1	1	250.00	20.000	.00000
103	0	0	1	1	1	1	260.00	20.000	.00000
104	0	0	1	1	1	1	270.00	20.000	.00000
105	0	0	1	1	1	1	280.00	20.000	.00000
106	0	0	1	1	1	1	290.00	20.000	.00000
107	0	0	1	1	1	1	300.00	20.000	.00000
108	0	0	1	1	1	1	310.00	20.000	.00000
109	0	0	1	1	1	1	320.00	20.000	.00000
110	0	0	1	1	1	1	330.00	20.000	.00000
111	0	0	1	1	1	1	340.00	20.000	.00000
112	0	0	1	1	1	1	350.00	20.000	.00000
113	0	0	1	1	1	1	360.00	20.000	.00000
114	0	1	1	1	1	1	370.00	20.000	.00000
115	0	1	1	1	1	1	.00000	30.000	.00000
116	0	0	1	1	1	1	10.000	30.000	.00000
117	0	0	1	1	1	1	20.000	30.000	.00000
118	0	0	1	1	1	1	30.000	30.000	.00000
119	0	0	1	1	1	1	40.000	30.000	.00000
120	0	0	1	1	1	1	50.000	30.000	.00000
121	0	0	1	1	1	1	60.000	30.000	.00000
122	0	0	1	1	1	1	70.000	30.000	.00000
123	0	0	1	1	1	1	80.000	30.000	.00000
124	0	0	1	1	1	1	90.000	30.000	.00000
125	0	0	1	1	1	1	100.00	30.000	.00000
126	0	0	1	1	1	1	110.00	30.000	.00000
127	0	0	1	1	1	1	120.00	30.000	.00000
128	0	0	1	1	1	1	130.00	30.000	.00000
129	0	0	1	1	1	1	140.00	30.000	.00000
130	0	0	1	1	1	1	150.00	30.000	.00000
131	0	0	1	1	1	1	160.00	30.000	.00000
132	0	0	1	1	1	1	170.00	30.000	.00000
133	0	0	1	1	1	1	180.00	30.000	.00000
134	0	0	1	1	1	1	190.00	30.000	.00000
135	0	0	1	1	1	1	200.00	30.000	.00000
136	0	0	1	1	1	1	210.00	30.000	.00000
137	0	0	1	1	1	1	220.00	30.000	.00000
138	0	0	1	1	1	1	230.00	30.000	.00000
139	0	0	1	1	1	1	240.00	30.000	.00000
140	0	0	1	1	1	1	250.00	30.000	.00000
141	0	0	1	1	1	1	260.00	30.000	.00000
142	0	0	1	1	1	1	270.00	30.000	.00000
143	0	0	1	1	1	1	280.00	30.000	.00000
144	0	0	1	1	1	1	290.00	30.000	.00000
145	0	0	1	1	1	1	300.00	30.000	.00000
146	0	0	1	1	1	1	310.00	30.000	.00000
147	0	0	1	1	1	1	320.00	30.000	.00000
148	0	0	1	1	1	1	330.00	30.000	.00000
149	0	0	1	1	1	1	340.00	30.000	.00000
150	0	0	1	1	1	1	350.00	30.000	.00000
151	0	0	1	1	1	1	360.00	30.000	.00000
152	0	1	1	1	1	1	370.00	30.000	.00000
153	0	1	1	1	1	1	.00000	40.000	.00000
154	0	0	1	1	1	1	10.000	40.000	.00000
155	0	0	1	1	1	1	20.000	40.000	.00000
156	0	0	1	1	1	1	30.000	40.000	.00000
157	0	0	1	1	1	1	40.000	40.000	.00000
158	0	0	1	1	1	1	50.000	40.000	.00000
159	0	0	1	1	1	1	60.000	40.000	.00000
160	0	0	1	1	1	1	70.000	40.000	.00000

161	0	0	1	1	1	1	80.000	40.000	.00000
162	0	0	1	1	1	1	90.000	40.000	.00000
163	0	0	1	1	1	1	100.00	40.000	.00000
164	0	0	1	1	1	1	110.00	40.000	.00000
165	0	0	1	1	1	1	120.00	40.000	.00000
166	0	0	1	1	1	1	130.00	40.000	.00000
167	0	0	1	1	1	1	140.00	40.000	.00000
168	0	0	1	1	1	1	150.00	40.000	.00000
169	0	0	1	1	1	1	160.00	40.000	.00000
170	0	0	1	1	1	1	170.00	40.000	.00000
171	0	0	1	1	1	1	180.00	40.000	.00000
172	0	0	1	1	1	1	190.00	40.000	.00000
173	0	0	1	1	1	1	200.00	40.000	.00000
174	0	0	1	1	1	1	210.00	40.000	.00000
175	0	0	1	1	1	1	220.00	40.000	.00000
176	0	0	1	1	1	1	230.00	40.000	.00000
177	0	0	1	1	1	1	240.00	40.000	.00000
178	0	0	1	1	1	1	250.00	40.000	.00000
179	0	0	1	1	1	1	260.00	40.000	.00000
180	0	0	1	1	1	1	270.00	40.000	.00000
181	0	0	1	1	1	1	280.00	40.000	.00000
182	0	0	1	1	1	1	290.00	40.000	.00000
183	0	0	1	1	1	1	300.00	40.000	.00000
184	0	0	1	1	1	1	310.00	40.000	.00000
185	0	0	1	1	1	1	320.00	40.000	.00000
186	0	0	1	1	1	1	330.00	40.000	.00000
187	0	0	1	1	1	1	340.00	40.000	.00000
188	0	0	1	1	1	1	350.00	40.000	.00000
189	0	0	1	1	1	1	360.00	40.000	.00000
190	0	1	1	1	1	1	370.00	40.000	.00000
191	0	1	1	1	1	1	.00000	50.000	.00000
192	0	0	1	1	1	1	10.000	50.000	.00000
193	0	0	1	1	1	1	20.000	50.000	.00000
194	0	0	1	1	1	1	30.000	50.000	.00000
195	0	0	1	1	1	1	40.000	50.000	.00000
196	0	0	1	1	1	1	50.000	50.000	.00000
197	0	0	1	1	1	1	60.000	50.000	.00000
198	0	0	1	1	1	1	70.000	50.000	.00000
199	0	0	1	1	1	1	80.000	50.000	.00000
200	0	0	1	1	1	1	90.000	50.000	.00000
201	0	0	1	1	1	1	100.00	50.000	.00000
202	0	0	1	1	1	1	110.00	50.000	.00000
203	0	0	1	1	1	1	120.00	50.000	.00000
204	0	0	1	1	1	1	130.00	50.000	.00000
205	0	0	1	1	1	1	140.00	50.000	.00000
206	0	0	1	1	1	1	150.00	50.000	.00000
207	0	0	1	1	1	1	160.00	50.000	.00000
208	0	0	1	1	1	1	170.00	50.000	.00000
209	0	0	1	1	1	1	180.00	50.000	.00000
210	0	0	1	1	1	1	190.00	50.000	.00000
211	0	0	1	1	1	1	200.00	50.000	.00000
212	0	0	1	1	1	1	210.00	50.000	.00000
213	0	0	1	1	1	1	220.00	50.000	.00000
214	0	0	1	1	1	1	230.00	50.000	.00000
215	0	0	1	1	1	1	240.00	50.000	.00000
216	0	0	1	1	1	1	250.00	50.000	.00000
217	0	0	1	1	1	1	260.00	50.000	.00000
218	0	0	1	1	1	1	270.00	50.000	.00000
219	0	0	1	1	1	1	280.00	50.000	.00000
220	0	0	1	1	1	1	290.00	50.000	.00000
221	0	0	1	1	1	1	300.00	50.000	.00000
222	0	0	1	1	1	1	310.00	50.000	.00000
223	0	0	1	1	1	1	320.00	50.000	.00000
224	0	0	1	1	1	1	330.00	50.000	.00000
225	0	0	1	1	1	1	340.00	50.000	.00000

226	0	0	1	1	1	1	350.00	50.000	.00000
227	0	0	1	1	1	1	360.00	50.000	.00000
228	0	1	1	1	1	1	370.00	50.000	.00000
229	0	1	1	1	1	1	.00000	60.000	.00000
230	0	0	1	1	1	1	10.000	60.000	.00000
231	0	0	1	1	1	1	20.000	60.000	.00000
232	0	0	1	1	1	1	30.000	60.000	.00000
233	0	0	1	1	1	1	40.000	60.000	.00000
234	0	0	1	1	1	1	50.000	60.000	.00000
235	0	0	1	1	1	1	60.000	60.000	.00000
236	0	0	1	1	1	1	70.000	60.000	.00000
237	0	0	1	1	1	1	80.000	60.000	.00000
238	0	0	1	1	1	1	90.000	60.000	.00000
239	0	0	1	1	1	1	100.00	60.000	.00000
240	0	0	1	1	1	1	110.00	60.000	.00000
241	0	0	1	1	1	1	120.00	60.000	.00000
242	0	0	1	1	1	1	130.00	60.000	.00000
243	0	0	1	1	1	1	140.00	60.000	.00000
244	0	0	1	1	1	1	150.00	60.000	.00000
245	0	0	1	1	1	1	160.00	60.000	.00000
246	0	0	1	1	1	1	170.00	60.000	.00000
247	0	0	1	1	1	1	180.00	60.000	.00000
248	0	0	1	1	1	1	190.00	60.000	.00000
249	0	0	1	1	1	1	200.00	60.000	.00000
250	0	0	1	1	1	1	210.00	60.000	.00000
251	0	0	1	1	1	1	220.00	60.000	.00000
252	0	0	1	1	1	1	230.00	60.000	.00000
253	0	0	1	1	1	1	240.00	60.000	.00000
254	0	0	1	1	1	1	250.00	60.000	.00000
255	0	0	1	1	1	1	260.00	60.000	.00000
256	0	0	1	1	1	1	270.00	60.000	.00000
257	0	0	1	1	1	1	280.00	60.000	.00000
258	0	0	1	1	1	1	290.00	60.000	.00000
259	0	0	1	1	1	1	300.00	60.000	.00000
260	0	0	1	1	1	1	310.00	60.000	.00000
261	0	0	1	1	1	1	320.00	60.000	.00000
262	0	0	1	1	1	1	330.00	60.000	.00000
263	0	0	1	1	1	1	340.00	60.000	.00000
264	0	0	1	1	1	1	350.00	60.000	.00000
265	0	0	1	1	1	1	360.00	60.000	.00000
266	0	1	1	1	1	1	370.00	60.000	.00000
267	0	1	1	1	1	1	.00000	70.000	.00000
268	0	0	1	1	1	1	10.000	70.000	.00000
269	0	0	1	1	1	1	20.000	70.000	.00000
270	0	0	1	1	1	1	30.000	70.000	.00000
271	0	0	1	1	1	1	40.000	70.000	.00000
272	0	0	1	1	1	1	50.000	70.000	.00000
273	0	0	1	1	1	1	60.000	70.000	.00000
274	0	0	1	1	1	1	70.000	70.000	.00000
275	0	0	1	1	1	1	80.000	70.000	.00000
276	0	0	1	1	1	1	90.000	70.000	.00000
277	0	0	1	1	1	1	100.00	70.000	.00000
278	0	0	1	1	1	1	110.00	70.000	.00000
279	0	0	1	1	1	1	120.00	70.000	.00000
280	0	0	1	1	1	1	130.00	70.000	.00000
281	0	0	1	1	1	1	140.00	70.000	.00000
282	0	0	1	1	1	1	150.00	70.000	.00000
283	0	0	1	1	1	1	160.00	70.000	.00000
284	0	0	1	1	1	1	170.00	70.000	.00000
285	0	0	1	1	1	1	180.00	70.000	.00000
286	0	0	1	1	1	1	190.00	70.000	.00000
287	0	0	1	1	1	1	200.00	70.000	.00000
288	0	0	1	1	1	1	210.00	70.000	.00000
289	0	0	1	1	1	1	220.00	70.000	.00000
290	0	0	1	1	1	1	230.00	70.000	.00000

291	0	0	1	1	1	1	240.00	70.000	.00000
292	0	0	1	1	1	1	250.00	70.000	.00000
293	0	0	1	1	1	1	260.00	70.000	.00000
294	0	0	1	1	1	1	270.00	70.000	.00000
295	0	0	1	1	1	1	280.00	70.000	.00000
296	0	0	1	1	1	1	290.00	70.000	.00000
297	0	0	1	1	1	1	300.00	70.000	.00000
298	0	0	1	1	1	1	310.00	70.000	.00000
299	0	0	1	1	1	1	320.00	70.000	.00000
300	0	0	1	1	1	1	330.00	70.000	.00000
301	0	0	1	1	1	1	340.00	70.000	.00000
302	0	0	1	1	1	1	350.00	70.000	.00000
303	0	0	1	1	1	1	360.00	70.000	.00000
304	0	1	1	1	1	1	370.00	70.000	.00000
305	0	1	1	1	1	1	.00000	80.000	.00000
306	0	0	1	1	1	1	10.000	80.000	.00000
307	0	0	1	1	1	1	20.000	80.000	.00000
308	0	0	1	1	1	1	30.000	80.000	.00000
309	0	0	1	1	1	1	40.000	80.000	.00000
310	0	0	1	1	1	1	50.000	80.000	.00000
311	0	0	1	1	1	1	60.000	80.000	.00000
312	0	0	1	1	1	1	70.000	80.000	.00000
313	0	0	1	1	1	1	80.000	80.000	.00000
314	0	0	1	1	1	1	90.000	80.000	.00000
315	0	0	1	1	1	1	100.00	80.000	.00000
316	0	0	1	1	1	1	110.00	80.000	.00000
317	0	0	1	1	1	1	120.00	80.000	.00000
318	0	0	1	1	1	1	130.00	80.000	.00000
319	0	0	1	1	1	1	140.00	80.000	.00000
320	0	0	1	1	1	1	150.00	80.000	.00000
321	0	0	1	1	1	1	160.00	80.000	.00000
322	0	0	1	1	1	1	170.00	80.000	.00000
323	0	0	1	1	1	1	180.00	80.000	.00000
324	0	0	1	1	1	1	190.00	80.000	.00000
325	0	0	1	1	1	1	200.00	80.000	.00000
326	0	0	1	1	1	1	210.00	80.000	.00000
327	0	0	1	1	1	1	220.00	80.000	.00000
328	0	0	1	1	1	1	230.00	80.000	.00000
329	0	0	1	1	1	1	240.00	80.000	.00000
330	0	0	1	1	1	1	250.00	80.000	.00000
331	0	0	1	1	1	1	260.00	80.000	.00000
332	0	0	1	1	1	1	270.00	80.000	.00000
333	0	0	1	1	1	1	280.00	80.000	.00000
334	0	0	1	1	1	1	290.00	80.000	.00000
335	0	0	1	1	1	1	300.00	80.000	.00000
336	0	0	1	1	1	1	310.00	80.000	.00000
337	0	0	1	1	1	1	320.00	80.000	.00000
338	0	0	1	1	1	1	330.00	80.000	.00000
339	0	0	1	1	1	1	340.00	80.000	.00000
340	0	0	1	1	1	1	350.00	80.000	.00000
341	0	0	1	1	1	1	360.00	80.000	.00000
342	0	1	1	1	1	1	370.00	80.000	.00000
343	0	1	1	1	1	1	.00000	90.000	.00000
344	0	0	1	1	1	1	10.000	90.000	.00000
345	0	0	1	1	1	1	20.000	90.000	.00000
346	0	0	1	1	1	1	30.000	90.000	.00000
347	0	0	1	1	1	1	40.000	90.000	.00000
348	0	0	1	1	1	1	50.000	90.000	.00000
349	0	0	1	1	1	1	60.000	90.000	.00000
350	0	0	1	1	1	1	70.000	90.000	.00000
351	0	0	1	1	1	1	80.000	90.000	.00000
352	0	0	1	1	1	1	90.000	90.000	.00000
353	0	0	1	1	1	1	100.00	90.000	.00000
354	0	0	1	1	1	1	110.00	90.000	.00000
355	0	0	1	1	1	1	120.00	90.000	.00000

356	0	0	1	1	1	1	130.00	90.000	.00000
357	0	0	1	1	1	1	140.00	90.000	.00000
358	0	0	1	1	1	1	150.00	90.000	.00000
359	0	0	1	1	1	1	160.00	90.000	.00000
360	0	0	1	1	1	1	170.00	90.000	.00000
361	0	0	1	1	1	1	180.00	90.000	.00000
362	0	0	1	1	1	1	190.00	90.000	.00000
363	0	0	1	1	1	1	200.00	90.000	.00000
364	0	0	1	1	1	1	210.00	90.000	.00000
365	0	0	1	1	1	1	220.00	90.000	.00000
366	0	0	1	1	1	1	230.00	90.000	.00000
367	0	0	1	1	1	1	240.00	90.000	.00000
368	0	0	1	1	1	1	250.00	90.000	.00000
369	0	0	1	1	1	1	260.00	90.000	.00000
370	0	0	1	1	1	1	270.00	90.000	.00000
371	0	0	1	1	1	1	280.00	90.000	.00000
372	0	0	1	1	1	1	290.00	90.000	.00000
373	0	0	1	1	1	1	300.00	90.000	.00000
374	0	0	1	1	1	1	310.00	90.000	.00000
375	0	0	1	1	1	1	320.00	90.000	.00000
376	0	0	1	1	1	1	330.00	90.000	.00000
377	0	0	1	1	1	1	340.00	90.000	.00000
378	0	0	1	1	1	1	350.00	90.000	.00000
379	0	0	1	1	1	1	360.00	90.000	.00000
380	0	1	1	1	1	1	370.00	90.000	.00000
381	0	1	1	1	1	1	.00000	100.00	.00000
382	0	0	1	1	1	1	10.000	100.00	.00000
383	0	0	1	1	1	1	20.000	100.00	.00000
384	0	0	1	1	1	1	30.000	100.00	.00000
385	0	0	1	1	1	1	40.000	100.00	.00000
386	0	0	1	1	1	1	50.000	100.00	.00000
387	0	0	1	1	1	1	60.000	100.00	.00000
388	0	0	1	1	1	1	70.000	100.00	.00000
389	0	0	1	1	1	1	80.000	100.00	.00000
390	0	0	1	1	1	1	90.000	100.00	.00000
391	0	0	1	1	1	1	100.00	100.00	.00000
392	0	0	1	1	1	1	110.00	100.00	.00000
393	0	0	1	1	1	1	120.00	100.00	.00000
394	0	0	1	1	1	1	130.00	100.00	.00000
395	0	0	1	1	1	1	140.00	100.00	.00000
396	0	0	1	1	1	1	150.00	100.00	.00000
397	0	0	1	1	1	1	160.00	100.00	.00000
398	0	0	1	1	1	1	170.00	100.00	.00000
399	0	0	1	1	1	1	180.00	100.00	.00000
400	0	0	1	1	1	1	190.00	100.00	.00000
401	0	0	1	1	1	1	200.00	100.00	.00000
402	0	0	1	1	1	1	210.00	100.00	.00000
403	0	0	1	1	1	1	220.00	100.00	.00000
404	0	0	1	1	1	1	230.00	100.00	.00000
405	0	0	1	1	1	1	240.00	100.00	.00000
406	0	0	1	1	1	1	250.00	100.00	.00000
407	0	0	1	1	1	1	260.00	100.00	.00000
408	0	0	1	1	1	1	270.00	100.00	.00000
409	0	0	1	1	1	1	280.00	100.00	.00000
410	0	0	1	1	1	1	290.00	100.00	.00000
411	0	0	1	1	1	1	300.00	100.00	.00000
412	0	0	1	1	1	1	310.00	100.00	.00000
413	0	0	1	1	1	1	320.00	100.00	.00000
414	0	0	1	1	1	1	330.00	100.00	.00000
415	0	0	1	1	1	1	340.00	100.00	.00000
416	0	0	1	1	1	1	350.00	100.00	.00000
417	0	0	1	1	1	1	360.00	100.00	.00000
418	0	1	1	1	1	1	370.00	100.00	.00000
419	0	1	1	1	1	1	.00000	110.00	.00000
420	0	0	1	1	1	1	10.000	110.00	.00000

421	0	0	1	1	1	1	20.000	110.00	.00000
422	0	0	1	1	1	1	30.000	110.00	.00000
423	0	0	1	1	1	1	40.000	110.00	.00000
424	0	0	1	1	1	1	50.000	110.00	.00000
425	0	0	1	1	1	1	60.000	110.00	.00000
426	0	0	1	1	1	1	70.000	110.00	.00000
427	0	0	1	1	1	1	80.000	110.00	.00000
428	0	0	1	1	1	1	90.000	110.00	.00000
429	0	0	1	1	1	1	100.000	110.00	.00000
430	0	0	1	1	1	1	110.000	110.00	.00000
431	0	0	1	1	1	1	120.000	110.00	.00000
432	0	0	1	1	1	1	130.000	110.00	.00000
433	0	0	1	1	1	1	140.000	110.00	.00000
434	0	0	1	1	1	1	150.000	110.00	.00000
435	0	0	1	1	1	1	160.000	110.00	.00000
436	0	0	1	1	1	1	170.000	110.00	.00000
437	0	0	1	1	1	1	180.000	110.00	.00000
438	0	0	1	1	1	1	190.000	110.00	.00000
439	0	0	1	1	1	1	200.000	110.00	.00000
440	0	0	1	1	1	1	210.000	110.00	.00000
441	0	0	1	1	1	1	220.000	110.00	.00000
442	0	0	1	1	1	1	230.000	110.00	.00000
443	0	0	1	1	1	1	240.000	110.00	.00000
444	0	0	1	1	1	1	250.000	110.00	.00000
445	0	0	1	1	1	1	260.000	110.00	.00000
446	0	0	1	1	1	1	270.000	110.00	.00000
447	0	0	1	1	1	1	280.000	110.00	.00000
448	0	0	1	1	1	1	290.000	110.00	.00000
449	0	0	1	1	1	1	300.000	110.00	.00000
450	0	0	1	1	1	1	310.000	110.00	.00000
451	0	0	1	1	1	1	320.000	110.00	.00000
452	0	0	1	1	1	1	330.000	110.00	.00000
453	0	0	1	1	1	1	340.000	110.00	.00000
454	0	0	1	1	1	1	350.000	110.00	.00000
455	0	0	1	1	1	1	360.000	110.00	.00000
456	0	1	1	1	1	1	370.000	110.00	.00000

ELEMENT DATA

ELEM	GROUP	MAT	REAL	ECS	NOD1	NOD2	NOD3	NOD4	NOD5	NOD6	NOD7	NOD8	NOD9	NOD10
					NOD11	NOD12	NOD13	NOD14	NOD15	NOD16	NOD17	NOD18	NOD19	NOD20
1	1	1	1	-1	1	2	40	39						
2	1	1	1	-1	2	3	41	40						
3	1	1	1	-1	3	4	42	41						
4	1	1	1	-1	4	5	43	42						
5	1	1	1	-1	5	6	44	43						
6	1	1	1	-1	6	7	45	44						
7	1	1	1	-1	7	8	46	45						
8	1	1	1	-1	8	9	47	46						
9	1	1	1	-1	9	10	48	47						
10	1	1	1	-1	10	11	49	48						
11	1	1	1	-1	11	12	50	49						
12	1	1	1	-1	12	13	51	50						
13	1	1	1	-1	13	14	52	51						
14	1	1	1	-1	14	15	53	52						
15	1	1	1	-1	15	16	54	53						
16	1	1	1	-1	16	17	55	54						
17	1	1	1	-1	17	18	56	55						
18	1	1	1	-1	18	19	57	56						
19	1	1	1	-1	19	20	58	57						
20	1	1	1	-1	20	21	59	58						
21	1	1	1	-1	21	22	60	59						

22	1	1	1	-1	22	23	61	60
23	1	1	1	-1	23	24	62	61
24	1	1	1	-1	24	25	63	62
25	1	1	1	-1	25	26	64	63
26	1	1	1	-1	26	27	65	64
27	1	1	1	-1	27	28	66	65
28	1	1	1	-1	28	29	67	66
29	1	1	1	-1	29	30	68	67
30	1	1	1	-1	30	31	69	68
31	1	1	1	-1	31	32	70	69
32	1	1	1	-1	32	33	71	70
33	1	1	1	-1	33	34	72	71
34	1	1	1	-1	34	35	73	72
35	1	1	1	-1	35	36	74	73
36	1	1	1	-1	36	37	75	74
37	1	1	1	-1	37	38	76	75
38	1	1	1	-1	39	40	78	77
39	1	1	1	-1	40	41	79	78
40	1	1	1	-1	41	42	80	79
41	1	1	1	-1	42	43	81	80
42	1	1	1	-1	43	44	82	81
43	1	1	1	-1	44	45	83	82
44	1	1	1	-1	45	46	84	83
45	1	1	1	-1	46	47	85	84
46	1	1	1	-1	47	48	86	85
47	1	1	1	-1	48	49	87	86
48	1	1	1	-1	49	50	88	87
49	1	1	1	-1	50	51	89	88
50	1	1	1	-1	51	52	90	89
51	1	1	1	-1	52	53	91	90
52	1	1	1	-1	53	54	92	91
53	1	1	1	-1	54	55	93	92
54	1	1	1	-1	55	56	94	93
55	1	1	1	-1	56	57	95	94
56	1	1	1	-1	57	58	96	95
57	1	1	1	-1	58	59	97	96
58	1	1	1	-1	59	60	98	97
59	1	1	1	-1	60	61	99	98
60	1	1	1	-1	61	62	100	99
61	1	1	1	-1	62	63	101	100
62	1	1	1	-1	63	64	102	101
63	1	1	1	-1	64	65	103	102
64	1	1	1	-1	65	66	104	103
65	1	1	1	-1	66	67	105	104
66	1	1	1	-1	67	68	106	105
67	1	1	1	-1	68	69	107	106
68	1	1	1	-1	69	70	108	107
69	1	1	1	-1	70	71	109	108
70	1	1	1	-1	71	72	110	109
71	1	1	1	-1	72	73	111	110
72	1	1	1	-1	73	74	112	111
73	1	1	1	-1	74	75	113	112
74	1	1	1	-1	75	76	114	113
75	1	1	1	-1	77	78	116	115
76	1	1	1	-1	78	79	117	116
77	1	1	1	-1	79	80	118	117
78	1	1	1	-1	80	81	119	118
79	1	1	1	-1	81	82	120	119
80	1	1	1	-1	82	83	121	120
81	1	1	1	-1	83	84	122	121
82	1	1	1	-1	84	85	123	122
83	1	1	1	-1	85	86	124	123
84	1	1	1	-1	86	87	125	124

85	1	1	1	-1	87	88	126	125
86	1	1	1	-1	88	89	127	126
87	1	1	1	-1	89	90	128	127
88	1	1	1	-1	90	91	129	128
89	1	1	1	-1	91	92	130	129
90	1	1	1	-1	92	93	131	130
91	1	1	1	-1	93	94	132	131
92	1	1	1	-1	94	95	133	132
93	1	1	1	-1	95	96	134	133
94	1	1	1	-1	96	97	135	134
95	1	1	1	-1	97	98	136	135
96	1	1	1	-1	98	99	137	136
97	1	1	1	-1	99	100	138	137
98	1	1	1	-1	100	101	139	138
99	1	1	1	-1	101	102	140	139
100	1	1	1	-1	102	103	141	140
101	1	1	1	-1	103	104	142	141
102	1	1	1	-1	104	105	143	142
103	1	1	1	-1	105	106	144	143
104	1	1	1	-1	106	107	145	144
105	1	1	1	-1	107	108	146	145
106	1	1	1	-1	108	109	147	146
107	1	1	1	-1	109	110	148	147
108	1	1	1	-1	110	111	149	148
109	1	1	1	-1	111	112	150	149
110	1	1	1	-1	112	113	151	150
111	1	1	1	-1	113	114	152	151
112	1	1	1	-1	115	116	154	153
113	1	1	1	-1	116	117	155	154
114	1	1	1	-1	117	118	156	155
115	1	1	1	-1	118	119	157	156
116	1	1	1	-1	119	120	158	157
117	1	1	1	-1	120	121	159	158
118	1	1	1	-1	121	122	160	159
119	1	1	1	-1	122	123	161	160
120	1	1	1	-1	123	124	162	161
121	1	1	1	-1	124	125	163	162
122	1	1	1	-1	125	126	164	163
123	1	1	1	-1	126	127	165	164
124	1	1	1	-1	127	128	166	165
125	1	1	1	-1	128	129	167	166
126	1	1	1	-1	129	130	168	167
127	1	1	1	-1	130	131	169	168
128	1	1	1	-1	131	132	170	169
129	1	1	1	-1	132	133	171	170
130	1	1	1	-1	133	134	172	171
131	1	1	1	-1	134	135	173	172
132	1	1	1	-1	135	136	174	173
133	1	1	1	-1	136	137	175	174
134	1	1	1	-1	137	138	176	175
135	1	1	1	-1	138	139	177	176
136	1	1	1	-1	139	140	178	177
137	1	1	1	-1	140	141	179	178
138	1	1	1	-1	141	142	180	179
139	1	1	1	-1	142	143	181	180
140	1	1	1	-1	143	144	182	181
141	1	1	1	-1	144	145	183	182
142	1	1	1	-1	145	146	184	183
143	1	1	1	-1	146	147	185	184
144	1	1	1	-1	147	148	186	185
145	1	1	1	-1	148	149	187	186
146	1	1	1	-1	149	150	188	187
147	1	1	1	-1	150	151	189	188
148	1	1	1	-1	151	152	190	189
149	1	1	1	-1	153	154	192	191



150	1	1	1	-1	154	155	193	192
151	1	1	1	-1	155	156	194	193
152	1	1	1	-1	156	157	195	194
153	1	1	1	-1	157	158	196	195
154	1	1	1	-1	158	159	197	196
155	1	1	1	-1	159	160	198	197
156	1	1	1	-1	160	161	199	198
157	1	1	1	-1	161	162	200	199
158	1	1	1	-1	162	163	201	200
159	1	1	1	-1	163	164	202	201
160	1	1	1	-1	164	165	203	202
161	1	1	1	-1	165	166	204	203
162	1	1	1	-1	166	167	205	204
163	1	1	1	-1	167	168	206	205
164	1	1	1	-1	168	169	207	206
165	1	1	1	-1	169	170	208	207
166	1	1	1	-1	170	171	209	208
167	1	1	1	-1	171	172	210	209
168	1	1	1	-1	172	173	211	210
169	1	1	1	-1	173	174	212	211
170	1	1	1	-1	174	175	213	212
171	1	1	1	-1	175	176	214	213
172	1	1	1	-1	176	177	215	214
173	1	1	1	-1	177	178	216	215
174	1	1	1	-1	178	179	217	216
175	1	1	1	-1	179	180	218	217
176	1	1	1	-1	180	181	219	218
177	1	1	1	-1	181	182	220	219
178	1	1	1	-1	182	183	221	220
179	1	1	1	-1	183	184	222	221
180	1	1	1	-1	184	185	223	222
181	1	1	1	-1	185	186	224	223
182	1	1	1	-1	186	187	225	224
183	1	1	1	-1	187	188	226	225
184	1	1	1	-1	188	189	227	226
185	1	1	1	-1	189	190	228	227
186	1	2	1	-1	191	192	230	229
187	1	2	1	-1	192	193	231	230
188	1	2	1	-1	193	194	232	231
189	1	2	1	-1	194	195	233	232
190	1	2	1	-1	195	196	234	233
191	1	2	1	-1	196	197	235	234
192	1	2	1	-1	197	198	236	235
193	1	2	1	-1	198	199	237	236
194	1	2	1	-1	199	200	238	237
195	1	2	1	-1	200	201	239	238
196	1	2	1	-1	201	202	240	239
197	1	2	1	-1	202	203	241	240
198	1	2	1	-1	203	204	242	241
199	1	2	1	-1	204	205	243	242
200	1	2	1	-1	205	206	244	243
201	1	2	1	-1	206	207	245	244
202	1	2	1	-1	207	208	246	245
203	1	2	1	-1	208	209	247	246
204	1	2	1	-1	209	210	248	247
205	1	2	1	-1	210	211	249	248
206	1	2	1	-1	211	212	250	249
207	1	2	1	-1	212	213	251	250
208	1	2	1	-1	213	214	252	251
209	1	2	1	-1	214	215	253	252
210	1	2	1	-1	215	216	254	253
211	1	2	1	-1	216	217	255	254
212	1	2	1	-1	217	218	256	255
213	1	2	1	-1	218	219	257	256
214	1	2	1	-1	219	220	258	257

215	1	2	1	-1	220	221	259	258
216	1	2	1	-1	221	222	260	259
217	1	2	1	-1	222	223	261	260
218	1	2	1	-1	223	224	262	261
219	1	2	1	-1	224	225	263	262
220	1	2	1	-1	225	226	264	263
221	1	2	1	-1	226	227	265	264
222	1	2	1	-1	227	228	266	265
223	1	1	1	-1	229	230	268	267
224	1	1	1	-1	230	231	269	268
225	1	1	1	-1	231	232	270	269
226	1	1	1	-1	232	233	271	270
227	1	1	1	-1	233	234	272	271
228	1	1	1	-1	234	235	273	272
229	1	1	1	-1	235	236	274	273
230	1	1	1	-1	236	237	275	274
231	1	1	1	-1	237	238	276	275
232	1	1	1	-1	238	239	277	276
233	1	1	1	-1	239	240	278	277
234	1	1	1	-1	240	241	279	278
235	1	1	1	-1	241	242	280	279
236	1	1	1	-1	242	243	281	280
237	1	1	1	-1	243	244	282	281
238	1	1	1	-1	244	245	283	282
239	1	1	1	-1	245	246	284	283
240	1	1	1	-1	246	247	285	284
241	1	1	1	-1	247	248	286	285
242	1	1	1	-1	248	249	287	286
243	1	1	1	-1	249	250	288	287
244	1	1	1	-1	250	251	289	288
245	1	1	1	-1	251	252	290	289
246	1	1	1	-1	252	253	291	290
247	1	1	1	-1	253	254	292	291
248	1	1	1	-1	254	255	293	292
249	1	1	1	-1	255	256	294	293
250	1	1	1	-1	256	257	295	294
251	1	1	1	-1	257	258	296	295
252	1	1	1	-1	258	259	297	296
253	1	1	1	-1	259	260	298	297
254	1	1	1	-1	260	261	299	298
255	1	1	1	-1	261	262	300	299
256	1	1	1	-1	262	263	301	300
257	1	1	1	-1	263	264	302	301
258	1	1	1	-1	264	265	303	302
259	1	1	1	-1	265	266	304	303
260	1	1	1	-1	267	268	306	305
261	1	1	1	-1	268	269	307	306
262	1	1	1	-1	269	270	308	307
263	1	1	1	-1	270	271	309	308
264	1	1	1	-1	271	272	310	309
265	1	1	1	-1	272	273	311	310
266	1	1	1	-1	273	274	312	311
267	1	1	1	-1	274	275	313	312
268	1	1	1	-1	275	276	314	313
269	1	1	1	-1	276	277	315	314
270	1	1	1	-1	277	278	316	315
271	1	1	1	-1	278	279	317	316
272	1	1	1	-1	279	280	318	317
273	1	1	1	-1	280	281	319	318
274	1	1	1	-1	281	282	320	319
275	1	1	1	-1	282	283	321	320
276	1	1	1	-1	283	284	322	321
277	1	1	1	-1	284	285	323	322
278	1	1	1	-1	285	286	324	323
279	1	1	1	-1	286	287	325	324

280	1	1	1	-1	287	288	326	325
281	1	1	1	-1	288	289	327	326
282	1	1	1	-1	289	290	328	327
283	1	1	1	-1	290	291	329	328
284	1	1	1	-1	291	292	330	329
285	1	1	1	-1	292	293	331	330
286	1	1	1	-1	293	294	332	331
287	1	1	1	-1	294	295	333	332
288	1	1	1	-1	295	296	334	333
289	1	1	1	-1	296	297	335	334
290	1	1	1	-1	297	298	336	335
291	1	1	1	-1	298	299	337	336
292	1	1	1	-1	299	300	338	337
293	1	1	1	-1	300	301	339	338
294	1	1	1	-1	301	302	340	339
295	1	1	1	-1	302	303	341	340
296	1	1	1	-1	303	304	342	341
297	1	1	1	-1	305	306	344	343
298	1	1	1	-1	306	307	345	344
299	1	1	1	-1	307	308	346	345
300	1	1	1	-1	308	309	347	346
301	1	1	1	-1	309	310	348	347
302	1	1	1	-1	310	311	349	348
303	1	1	1	-1	311	312	350	349
304	1	1	1	-1	312	313	351	350
305	1	1	1	-1	313	314	352	351
306	1	1	1	-1	314	315	353	352
307	1	1	1	-1	315	316	354	353
308	1	1	1	-1	316	317	355	354
309	1	1	1	-1	317	318	356	355
310	1	1	1	-1	318	319	357	356
311	1	1	1	-1	319	320	358	357
312	1	1	1	-1	320	321	359	358
313	1	1	1	-1	321	322	360	359
314	1	1	1	-1	322	323	361	360
315	1	1	1	-1	323	324	362	361
316	1	1	1	-1	324	325	363	362
317	1	1	1	-1	325	326	364	363
318	1	1	1	-1	326	327	365	364
319	1	1	1	-1	327	328	366	365
320	1	1	1	-1	328	329	367	366
321	1	1	1	-1	329	330	368	367
322	1	1	1	-1	330	331	369	368
323	1	1	1	-1	331	332	370	369
324	1	1	1	-1	332	333	371	370
325	1	1	1	-1	333	334	372	371
326	1	1	1	-1	334	335	373	372
327	1	1	1	-1	335	336	374	373
328	1	1	1	-1	336	337	375	374
329	1	1	1	-1	337	338	376	375
330	1	1	1	-1	338	339	377	376
331	1	1	1	-1	339	340	378	377
332	1	1	1	-1	340	341	379	378
333	1	1	1	-1	341	342	380	379
334	1	1	1	-1	343	344	382	381
335	1	1	1	-1	344	345	383	382
336	1	1	1	-1	345	346	384	383
337	1	1	1	-1	346	347	385	384
338	1	1	1	-1	347	348	386	385
339	1	1	1	-1	348	349	387	386
340	1	1	1	-1	349	350	388	387
341	1	1	1	-1	350	351	389	388
342	1	1	1	-1	351	352	390	389
343	1	1	1	-1	352	353	391	390
344	1	1	1	-1	353	354	392	391

345	1	1	1	-1	354	355	393	392
346	1	1	1	-1	355	356	394	393
347	1	1	1	-1	356	357	395	394
348	1	1	1	-1	357	358	396	395
349	1	1	1	-1	358	359	397	396
350	1	1	1	-1	359	360	398	397
351	1	1	1	-1	360	361	399	398
352	1	1	1	-1	361	362	400	399
353	1	1	1	-1	362	363	401	400
354	1	1	1	-1	363	364	402	401
355	1	1	1	-1	364	365	403	402
356	1	1	1	-1	365	366	404	403
357	1	1	1	-1	366	367	405	404
358	1	1	1	-1	367	368	406	405
359	1	1	1	-1	368	369	407	406
360	1	1	1	-1	369	370	408	407
361	1	1	1	-1	370	371	409	408
362	1	1	1	-1	371	372	410	409
363	1	1	1	-1	372	373	411	410
364	1	1	1	-1	373	374	412	411
365	1	1	1	-1	374	375	413	412
366	1	1	1	-1	375	376	414	413
367	1	1	1	-1	376	377	415	414
368	1	1	1	-1	377	378	416	415
369	1	1	1	-1	378	379	417	416
370	1	1	1	-1	379	380	418	417
371	1	1	1	-1	381	382	420	419
372	1	1	1	-1	382	383	421	420
373	1	1	1	-1	383	384	422	421
374	1	1	1	-1	384	385	423	422
375	1	1	1	-1	385	386	424	423
376	1	1	1	-1	386	387	425	424
377	1	1	1	-1	387	388	426	425
378	1	1	1	-1	388	389	427	426
379	1	1	1	-1	389	390	428	427
380	1	1	1	-1	390	391	429	428
381	1	1	1	-1	391	392	430	429
382	1	1	1	-1	392	393	431	430
383	1	1	1	-1	393	394	432	431
384	1	1	1	-1	394	395	433	432
385	1	1	1	-1	395	396	434	433
386	1	1	1	-1	396	397	435	434
387	1	1	1	-1	397	398	436	435
388	1	1	1	-1	398	399	437	436
389	1	1	1	-1	399	400	438	437
390	1	1	1	-1	400	401	439	438
391	1	1	1	-1	401	402	440	439
392	1	1	1	-1	402	403	441	440
393	1	1	1	-1	403	404	442	441
394	1	1	1	-1	404	405	443	442
395	1	1	1	-1	405	406	444	443
396	1	1	1	-1	406	407	445	444
397	1	1	1	-1	407	408	446	445
398	1	1	1	-1	408	409	447	446
399	1	1	1	-1	409	410	448	447
400	1	1	1	-1	410	411	449	448
401	1	1	1	-1	411	412	450	449
402	1	1	1	-1	412	413	451	450
403	1	1	1	-1	413	414	452	451
404	1	1	1	-1	414	415	453	452
405	1	1	1	-1	415	416	454	453
406	1	1	1	-1	416	417	455	454
407	1	1	1	-1	417	418	456	455

Loads corresponding to Load case Number = 1

NODAL LOADS

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-5000.	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
38	5000.	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
39	-.1000E+05	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
76	.1000E+05	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
77	-10000.	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
114	10000.	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
115	-.1000E+05	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
152	.1000E+05	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
153	-.1000E+05	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
190	.1000E+05	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
191	-10000.	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
228	10000.	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
229	-.1000E+05	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
266	.1000E+05	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
267	-10000.	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
304	10000.	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
305	-.1000E+05	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
342	.1000E+05	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
343	-.1000E+05	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
380	.1000E+05	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
381	-10000.	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
418	10000.	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
419	-5000.	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
456	5000.	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000

CONTROL INFORMATION

NUMBER OF LOAD CASES . . . . . (NLCASE) = 1  
SOLUTION MODE . . . . . (MODEX) = 0  
EQ. 0, STATIC ANALYSIS  
EQ. 1, BUCKLING ANALYSIS  
EQ. 2, DYNAMIC ANALYSIS  
THERMAL LOADING FLAG . . . . . (ITHERM) = 0  
EQ. 0, NO THERMAL EFFECTS CONSIDERED  
EQ. 1, ADD TEMPERATURE EFFECT  
GRAVITY LOADING FLAG . . . . . (IGRAV) = 0  
EQ. 0, NO GRAVITY LOADING CONSIDERED  
EQ. 1, ADD GRAVITY LOADING EFFECT  
CENTRIFUGAL LOADING FLAG . . . . . (ICNTRF) = 0  
EQ. 0, NO CENTRIFUGAL LOADING CONSIDERED  
EQ. 1, ADD CENTRIFUGAL LOADING EFFECT  
IN-PLANE STIFFENING FLAG . . . . . (INPLN) = 0  
EQ. 0, NO IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED  
EQ. 1, IN-PLANE EFFECTS CONSIDERED  
SOFT SPRING ADDITION FLAG . . . . . (ISOFT) = 0  
EQ. 0, NO SOFT SPRING OPTION  
EQ. 1, SOFT SPRING ADDED  
SAVE DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX FLAG . . . (ISAVK) = 0  
EQ. 0, DO NOT SAVE DECOMPOSED K  
EQ. 1, SAVE DECOMPOSED K  
FORM STIFFNESS MATRIX FLAG . . . . . (IFORMK) = 0  
EQ. 0, FORM STIFFNESS MATRIX  
EQ. 1, USE EXIST DECOMPOSED STIFFNESS MATRIX

TOTAL SYSTEM DATA

NUMBER OF EQUATIONS . . . . . (NEQ) = 888  
NUMBER OF MATRIX ELEMENTS . . . . . (NMK) = 23717

MAXIMUM HALF BANDWIDTH . . . . . (MK) = 28  
 MEAN HALF BANDWIDTH . . . . . (MM) = 26.  
 NUMBER OF ELEMENTS . . . . . (NUME) = 407  
 NUMBER OF NODAL POINTS . . . . . (NUMNP) = 456  
 SIZE OF EACH BLOCK . . . . . (MTBLK) = 8000  
 NUMBER OF BLOCKS . . . . . (NBLK) = 3

MAXIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .238462E+06  
 MINIMUM DIAGONAL STIFFNESS MATRIX VALUE = .476923E+05

LOAD CASE NUMBER . . . . . = 1

TOTAL STRAIN ENERGY . . . . . = .184312E+06

DISPLACEMENTS

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
1	-2.6236	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
2	-2.5441	8.35894E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
3	-2.4700	.11597	.00000	.00000	.00000	.00000
4	-2.3921	.13449	.00000	.00000	.00000	.00000
5	-2.3107	.14419	.00000	.00000	.00000	.00000
6	-2.2266	.14930	.00000	.00000	.00000	.00000
7	-2.1405	.15170	.00000	.00000	.00000	.00000
8	-2.0529	.15259	.00000	.00000	.00000	.00000
9	-1.9641	.15268	.00000	.00000	.00000	.00000
10	-1.8745	.15240	.00000	.00000	.00000	.00000
11	-1.7843	.15200	.00000	.00000	.00000	.00000
12	-1.6937	.15159	.00000	.00000	.00000	.00000
13	-1.6029	.15123	.00000	.00000	.00000	.00000
14	-1.5120	.15094	.00000	.00000	.00000	.00000
15	-1.4209	.15073	.00000	.00000	.00000	.00000
16	-1.3299	.15058	.00000	.00000	.00000	.00000
17	-1.2388	.15048	.00000	.00000	.00000	.00000
18	-1.1476	.15042	.00000	.00000	.00000	.00000
19	-1.0565	.15039	.00000	.00000	.00000	.00000
20	-.96536	.15039	.00000	.00000	.00000	.00000
21	-.87423	.15042	.00000	.00000	.00000	.00000
22	-.78311	.15048	.00000	.00000	.00000	.00000
23	-.69199	.15058	.00000	.00000	.00000	.00000
24	-.60091	.15073	.00000	.00000	.00000	.00000
25	-.50987	.15094	.00000	.00000	.00000	.00000
26	-.41892	.15123	.00000	.00000	.00000	.00000
27	-.32812	.15159	.00000	.00000	.00000	.00000
28	-.23757	.15200	.00000	.00000	.00000	.00000
29	-.14739	.15240	.00000	.00000	.00000	.00000
30	-5.77816E-02	.15268	.00000	.00000	.00000	.00000
31	3.10085E-02	.15259	.00000	.00000	.00000	.00000
32	.11865	.15170	.00000	.00000	.00000	.00000
33	.20475	.14930	.00000	.00000	.00000	.00000
34	.28680	.14419	.00000	.00000	.00000	.00000
35	.37021	.13449	.00000	.00000	.00000	.00000
36	.44818	.11597	.00000	.00000	.00000	.00000
37	.52226	8.35894E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
38	.60169	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
39	-2.6796	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
40	-2.5882	5.68858E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
41	-2.4956	9.19283E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
42	-2.4073	.10920	.00000	.00000	.00000	.00000
43	-2.3197	.11850	.00000	.00000	.00000	.00000
44	-2.2318	.12323	.00000	.00000	.00000	.00000
45	-2.1434	.12528	.00000	.00000	.00000	.00000
46	-2.0543	.12588	.00000	.00000	.00000	.00000

47	-1.9647	.12576	.00000	.00000	.00000	.00000
48	-1.8746	.12533	.00000	.00000	.00000	.00000
49	-1.7842	.12483	.00000	.00000	.00000	.00000
50	-1.6936	.12435	.00000	.00000	.00000	.00000
51	-1.6028	.12395	.00000	.00000	.00000	.00000

DISPLACEMENTS

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
52	-1.5118	.12364	.00000	.00000	.00000	.00000
53	-1.4208	.12341	.00000	.00000	.00000	.00000
54	-1.3298	.12325	.00000	.00000	.00000	.00000
55	-1.2387	.12314	.00000	.00000	.00000	.00000
56	-1.1476	.12308	.00000	.00000	.00000	.00000
57	-1.0565	.12305	.00000	.00000	.00000	.00000
58	-.96537	.12305	.00000	.00000	.00000	.00000
59	-.87427	.12308	.00000	.00000	.00000	.00000
60	-.78317	.12314	.00000	.00000	.00000	.00000
61	-.69209	.12325	.00000	.00000	.00000	.00000
62	-.60103	.12341	.00000	.00000	.00000	.00000
63	-.51002	.12364	.00000	.00000	.00000	.00000
64	-.41909	.12395	.00000	.00000	.00000	.00000
65	-.32826	.12435	.00000	.00000	.00000	.00000
66	-.23761	.12483	.00000	.00000	.00000	.00000
67	-.14721	.12533	.00000	.00000	.00000	.00000
68	-5.71475E-02	.12576	.00000	.00000	.00000	.00000
69	3.24657E-02	.12588	.00000	.00000	.00000	.00000
70	.12152	.12528	.00000	.00000	.00000	.00000
71	.20995	.12323	.00000	.00000	.00000	.00000
72	.29780	.11858	.00000	.00000	.00000	.00000
73	.38543	.10920	.00000	.00000	.00000	.00000
74	.47372	9.19282E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
75	.56632	5.68858E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
76	.65772	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
77	-2.6993	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
78	-2.6095	3.72167E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
79	-2.5157	6.56151E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
80	-2.4218	8.25975E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
81	-2.3297	9.16536E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
82	-2.2386	9.61929E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
83	-2.1478	9.81128E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
84	-2.0571	9.86329E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
85	-1.9664	9.84598E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
86	-1.8756	9.80023E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
87	-1.7848	9.74793E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
88	-1.6939	9.69975E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
89	-1.6029	9.65990E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
90	-1.5119	9.62918E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
91	-1.4208	9.60671E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
92	-1.3297	9.59107E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
93	-1.2387	9.58078E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
94	-1.1476	9.57463E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
95	-1.0565	9.57177E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
96	-.96538	9.57177E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
97	-.87429	9.57463E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
98	-.78320	9.58078E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
99	-.69212	9.59107E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
100	-.60105	9.60671E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
101	-.51000	9.62918E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
102	-.41898	9.65990E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
103	-.32800	9.69975E-02	.00000	.00000	.00000	.00000

DISPLACEMENTS

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
104	-.23708	9.74793E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
105	-.14622	9.80023E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
106	-5.54403E-02	9.84598E-02	.00000	.00000	.00000	.00000

107	3.52672E-02	9.86329E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
108	.12594	9.81128E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
109	.21671	9.61928E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
110	.30785	9.16536E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
111	.39989	8.25975E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
112	.49385	6.56151E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
113	.58765	3.72167E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
114	.67742	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
115	-2.7061	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
116	-2.6175	2.30962E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
117	-2.5245	4.24571E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
118	-2.4308	5.64009E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
119	-2.3373	6.44497E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
120	-2.2445	6.85339E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
121	-2.1521	7.03007E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
122	-2.0601	7.08034E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
123	-1.9684	7.06852E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
124	-1.8769	7.03096E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
125	-1.7856	6.98714E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
126	-1.6943	6.94649E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
127	-1.6031	6.91277E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
128	-1.5120	6.88671E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
129	-1.4209	6.86764E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
130	-1.3298	6.85434E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
131	-1.2387	6.84559E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
132	-1.1476	6.84036E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
133	-1.0565	6.83792E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
134	-.96538	6.83792E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
135	-.87429	6.84036E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
136	-.78320	6.84559E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
137	-.69210	6.85434E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
138	-.60099	6.86764E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
139	-.50987	6.88671E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
140	-.41872	6.91277E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
141	-.32753	6.94649E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
142	-.23627	6.98714E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
143	-.14492	7.03096E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
144	-5.34245E-02	7.06852E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
145	-3.82710E-02	7.08034E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
146	.13025	7.03007E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
147	.22261	6.85339E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
148	.31548	6.44496E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
149	.40897	5.64008E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
150	.50264	4.24571E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
151	.59561	2.30962E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
152	.68428	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
153	-2.7039	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
154	-2.6138	1.09523E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
155	-2.5251	2.36487E-02	.00000	.00000	.00000	.00000

DISPLACEMENTS

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
156	-2.4340	3.25245E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
157	-2.3414	3.80061E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
158	-2.2483	4.08851E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
159	-2.1552	4.21651E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
160	-2.0625	4.25619E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
161	-1.9701	4.25181E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
162	-1.8781	4.22884E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
163	-1.7864	4.20088E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
164	-1.6948	4.17454E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
165	-1.6034	4.15252E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
166	-1.5122	4.13543E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
167	-1.4210	4.12286E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
168	-1.3298	4.11409E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
169	-1.2387	4.10829E-02	.00000	.00000	.00000	.00000



170	-1.1476	4.10482E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
171	-1.0565	4.10320E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
172	-.96538	4.10320E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
173	-.87428	4.10482E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
174	-.78317	4.10829E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
175	-.69205	4.11409E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
176	-.60089	4.12286E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
177	-.50969	4.13543E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
178	-.41841	4.15252E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
179	-.32703	4.17454E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
180	-.23549	4.20088E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
181	-.14374	4.22884E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
182	-5.17124E-02	4.25181E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
183	4.06472E-02	4.25619E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
184	.13337	4.21651E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
185	.22641	4.00851E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
186	.31953	3.80061E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
187	.41215	3.25245E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
188	.50319	2.36487E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
189	.59189	1.09523E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
190	.68201	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
191	-2.6751	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
192	-2.6031	4.91130E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
193	-2.5211	8.60764E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
194	-2.4333	1.12283E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
195	-2.3423	1.27930E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
196	-2.2498	1.36416E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
197	-2.1568	1.40165E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
198	-2.0638	1.41310E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
199	-1.9712	1.41158E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
200	-1.8789	1.40464E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
201	-1.7869	1.39630E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
202	-1.6952	1.38850E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
203	-1.6037	1.38201E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
204	-1.5123	1.37698E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
205	-1.4211	1.37330E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
206	-1.3299	1.37073E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
207	-1.2387	1.36903E-02	.00000	.00000	.00000	.00000

DISPLACEMENTS

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
208	-1.1476	1.36802E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
209	-1.0565	1.36755E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
210	-.96538	1.36755E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
211	-.87427	1.36802E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
212	-.78315	1.36903E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
213	-.69209	1.37073E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
214	-.60080	1.37329E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
215	-.50954	1.37698E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
216	-.41818	1.38201E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
217	-.32666	1.38850E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
218	-.23495	1.39630E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
219	-.14297	1.40464E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
220	-5.06731E-02	1.41158E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
221	4.19696E-02	1.41310E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
222	.13490	1.40165E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
223	.22790	1.36416E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
224	.32043	1.27930E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
225	.41146	1.12283E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
226	.49929	8.60764E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
227	.58129	4.91130E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
228	.65320	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
229	-2.6751	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
230	-2.6031	-4.91130E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
231	-2.5211	-8.60764E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
232	-2.4333	-1.12283E-02	.00000	.00000	.00000	.00000

233	-2.3423	-1.27930E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
234	-2.2498	-1.36416E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
235	-2.1568	-1.40165E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
236	-2.0638	-1.41310E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
237	-1.9712	-1.41158E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
238	-1.8789	-1.40464E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
239	-1.7869	-1.39630E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
240	-1.6952	-1.38850E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
241	-1.6037	-1.38201E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
242	-1.5123	-1.37698E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
243	-1.4211	-1.37329E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
244	-1.3299	-1.37073E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
245	-1.2387	-1.36903E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
246	-1.1476	-1.36802E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
247	-1.0565	-1.36755E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
248	-.96538	-1.36755E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
249	-.87427	-1.36802E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
250	-.78315	-1.36903E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
251	-.69200	-1.37073E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
252	-.60080	-1.37329E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
253	-.50954	-1.37698E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
254	-.41818	-1.38201E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
255	-.32666	-1.38850E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
256	-.23495	-1.39630E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
257	-.14297	-1.40464E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
258	-5.06731E-02	-1.41158E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
259	4.19695E-02	-1.41310E-02	.00000	.00000	.00000	.00000

## D I S P L A C E M E N T S

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
260	.13490	-1.40165E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
261	.22790	-1.36416E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
262	.32043	-1.27930E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
263	.41146	-1.12283E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
264	.49929	-8.60764E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
265	.58129	-4.91130E-03	.00000	.00000	.00000	.00000
266	.65320	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
267	-2.7039	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
268	-2.6138	-1.09523E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
269	-2.5251	-2.36487E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
270	-2.4340	-3.25245E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
271	-2.3414	-3.80061E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
272	-2.2483	-4.08852E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
273	-2.1552	-4.21652E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
274	-2.0625	-4.25619E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
275	-1.9701	-4.25181E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
276	-1.8781	-4.22835E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
277	-1.7864	-4.20088E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
278	-1.6948	-4.17455E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
279	-1.6034	-4.15253E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
280	-1.5122	-4.13543E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
281	-1.4210	-4.12287E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
282	-1.3298	-4.11409E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
283	-1.2387	-4.10830E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
284	-1.1476	-4.10482E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
285	-1.0565	-4.10321E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
286	-.96538	-4.10321E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
287	-.87428	-4.10482E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
288	-.78317	-4.10830E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
289	-.69205	-4.11409E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
290	-.60089	-4.12287E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
291	-.50969	-4.13543E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
292	-.41841	-4.15253E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
293	-.32703	-4.17455E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
294	-.23549	-4.20088E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
295	-.14374	-4.22835E-02	.00000	.00000	.00000	.00000

296	-5.17124E-02	-4.25181E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
297	4.06472E-02	-4.25619E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
298	.13337	-4.21652E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
299	.22641	-4.08851E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
300	.31953	-3.80061E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
301	.41215	-3.25245E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
302	.50319	-2.36487E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
303	.59189	-1.09523E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
304	.68201	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
305	-2.7061	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
306	-2.6175	-2.30962E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
307	-2.5245	-4.24571E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
308	-2.4308	-5.64008E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
309	-2.3373	-6.44496E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
310	-2.2445	-6.85339E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
311	-2.1521	-7.03007E-02	.00000	.00000	.00000	.00000

DISPLACEMENTS

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
312	-2.0601	-7.08034E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
313	-1.9684	-7.06652E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
314	-1.8769	-7.03095E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
315	-1.7856	-6.98713E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
316	-1.6943	-6.94649E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
317	-1.6031	-6.91276E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
318	-1.5120	-6.88671E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
319	-1.4209	-6.86764E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
320	-1.3298	-6.85434E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
321	-1.2387	-6.84559E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
322	-1.1476	-6.84035E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
323	-1.0565	-6.83792E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
324	-.96538	-6.83792E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
325	-.87429	-6.84035E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
326	-.78320	-6.84559E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
327	-.69210	-6.85434E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
328	-.60099	-6.86764E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
329	-.50987	-6.88671E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
330	-.41872	-6.91276E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
331	-.32753	-6.94649E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
332	-.23627	-6.98713E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
333	-.14492	-7.03095E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
334	-5.34245E-02	-7.06852E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
335	3.82710E-02	-7.08034E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
336	.13025	-7.03007E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
337	.22261	-6.85339E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
338	.31548	-6.44496E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
339	.40897	-5.64008E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
340	.50264	-4.24571E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
341	.59561	-2.30962E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
342	.68428	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
343	-2.6993	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
344	-2.6095	-3.72167E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
345	-2.5157	-6.56151E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
346	-2.4218	-8.25975E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
347	-2.3297	-9.16537E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
348	-2.2386	-9.61929E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
349	-2.1478	-9.81129E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
350	-2.0571	-9.86329E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
351	-1.9664	-9.84598E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
352	-1.8756	-9.80023E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
353	-1.7848	-9.74793E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
354	-1.6939	-9.69975E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
355	-1.6029	-9.65991E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
356	-1.5119	-9.62918E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
357	-1.4208	-9.60671E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
358	-1.3297	-9.59107E-02	.00000	.00000	.00000	.00000

359	-1.2387	-9.58078E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
360	-1.1476	-9.57463E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
361	-1.0565	-9.57177E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
362	-.96538	-9.57177E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
363	-.87429	-9.57463E-02	.00000	.00000	.00000	.00000

## D I S P L A C E M E N T S .

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
364	-.78320	-9.58078E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
365	-.69212	-9.59107E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
366	-.60105	-9.60671E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
367	-.51000	-9.62918E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
368	-.41898	-9.65991E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
369	-.32800	-9.69975E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
370	-.23708	-9.74793E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
371	-.14622	-9.80023E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
372	-5.54403E-02	-9.84599E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
373	3.52672E-02	-9.86329E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
374	.12594	-9.81129E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
375	.21671	-9.61929E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
376	.30785	-9.16536E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
377	.39989	-8.25975E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
378	.49385	-6.56151E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
379	.58765	-3.72167E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
380	.67742	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
381	-2.6796	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
382	-2.5882	-5.68858E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
383	-2.4956	-9.19283E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
384	-2.4073	-.10920	.00000	.00000	.00000	.00000
385	-2.3197	-.11858	.00000	.00000	.00000	.00000
386	-2.2318	-.12323	.00000	.00000	.00000	.00000
387	-2.1434	-.12528	.00000	.00000	.00000	.00000
388	-2.0543	-.12588	.00000	.00000	.00000	.00000
389	-1.9647	-.12576	.00000	.00000	.00000	.00000
390	-1.8746	-.12533	.00000	.00000	.00000	.00000
391	-1.7842	-.12483	.00000	.00000	.00000	.00000
392	-1.6936	-.12435	.00000	.00000	.00000	.00000
393	-1.6028	-.12395	.00000	.00000	.00000	.00000
394	-1.5118	-.12364	.00000	.00000	.00000	.00000
395	-1.4208	-.12341	.00000	.00000	.00000	.00000
396	-1.3298	-.12325	.00000	.00000	.00000	.00000
397	-1.2387	-.12314	.00000	.00000	.00000	.00000
398	-1.1476	-.12308	.00000	.00000	.00000	.00000
399	-1.0565	-.12305	.00000	.00000	.00000	.00000
400	-.96537	-.12305	.00000	.00000	.00000	.00000
401	-.87427	-.12308	.00000	.00000	.00000	.00000
402	-.78317	-.12314	.00000	.00000	.00000	.00000
403	-.69209	-.12325	.00000	.00000	.00000	.00000
404	-.60103	-.12341	.00000	.00000	.00000	.00000
405	-.51002	-.12364	.00000	.00000	.00000	.00000
406	-.41909	-.12395	.00000	.00000	.00000	.00000
407	-.32826	-.12435	.00000	.00000	.00000	.00000
408	-.23761	-.12483	.00000	.00000	.00000	.00000
409	-.14721	-.12533	.00000	.00000	.00000	.00000
410	-5.71475E-02	-.12576	.00000	.00000	.00000	.00000
411	3.24657E-02	-.12588	.00000	.00000	.00000	.00000
412	.12152	-.12528	.00000	.00000	.00000	.00000
413	.20995	-.12323	.00000	.00000	.00000	.00000
414	.29780	-.11858	.00000	.00000	.00000	.00000
415	.38543	-.10920	.00000	.00000	.00000	.00000

## D I S P L A C E M E N T S

NODE	X-DISPL.	Y-DISPL.	Z-DISPL.	XX-ROT.	YY-ROT.	ZZ-ROT.
416	.47372	-9.19282E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
417	.56632	-5.68858E-02	.00000	.00000	.00000	.00000

418	.65772	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
419	-2.6236	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000
420	-2.5441	-8.35894E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
421	-2.4700	-.11597	.00000	.00000	.00000	.00000
422	-2.3921	-.13449	.00000	.00000	.00000	.00000
423	-2.3107	-.14419	.00000	.00000	.00000	.00000
424	-2.2266	-.14930	.00000	.00000	.00000	.00000
425	-2.1405	-.15170	.00000	.00000	.00000	.00000
426	-2.0529	-.15259	.00000	.00000	.00000	.00000
427	-1.9641	-.15268	.00000	.00000	.00000	.00000
428	-1.8745	-.15240	.00000	.00000	.00000	.00000
429	-1.7843	-.15200	.00000	.00000	.00000	.00000
430	-1.6937	-.15159	.00000	.00000	.00000	.00000
431	-1.6029	-.15123	.00000	.00000	.00000	.00000
432	-1.5120	-.15094	.00000	.00000	.00000	.00000
433	-1.4209	-.15073	.00000	.00000	.00000	.00000
434	-1.3299	-.15058	.00000	.00000	.00000	.00000
435	-1.2388	-.15048	.00000	.00000	.00000	.00000
436	-1.1476	-.15042	.00000	.00000	.00000	.00000
437	-1.0565	-.15039	.00000	.00000	.00000	.00000
438	-.96536	-.15039	.00000	.00000	.00000	.00000
439	-.87423	-.15042	.00000	.00000	.00000	.00000
440	-.78311	-.15048	.00000	.00000	.00000	.00000
441	-.69199	-.15058	.00000	.00000	.00000	.00000
442	-.60091	-.15073	.00000	.00000	.00000	.00000
443	-.50987	-.15094	.00000	.00000	.00000	.00000
444	-.41892	-.15123	.00000	.00000	.00000	.00000
445	-.32812	-.15159	.00000	.00000	.00000	.00000
446	-.23757	-.15200	.00000	.00000	.00000	.00000
447	-.14739	-.15240	.00000	.00000	.00000	.00000
448	-5.77816E-02	-.15268	.00000	.00000	.00000	.00000
449	3.10085E-02	-.15259	.00000	.00000	.00000	.00000
450	.11865	-.15170	.00000	.00000	.00000	.00000
451	.20475	-.14930	.00000	.00000	.00000	.00000
452	.28880	-.14419	.00000	.00000	.00000	.00000
453	.37021	-.13449	.00000	.00000	.00000	.00000
454	.44818	-.11597	.00000	.00000	.00000	.00000
455	.52226	-8.35894E-02	.00000	.00000	.00000	.00000
456	.60169	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000

SOLUTION TIME LOG IN SEC  
 FOR PROBLEM  
 TIME FOR INPUT PHASE . . . . . = 24  
 TIME FOR CALCULATION OF STRUCTURE STIFFNESS MATRIX= 24  
 TRIANGULARIZATION OF STIFFNESS MATRIX . . . . . = 6  
 TIME FOR LOAD CASE SOLUTIONS . . . . . = 10  
 TOTAL SOLUTION TIME . . . . . = 64

1

STRESS EVALUATION FOR STATIC ANALYSIS (daN/mm<sup>2</sup>)

STRESS OUTPUT FOR 2/D ELEMENT GROUP 1 CASE NO. 1  
 (PLANE STRESS)

ELEMENT NUMBER	STRESS OUTPUT NODE	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	SIGMA-Z	VON MISES	SIGMA-P+	SIGMA-P-
1	1	.175322E+03	.563640E+02	.163071E+02	.000000E+00	.157577E+03		

2	.175322E+03	.286171E+00	.163071E+02	.000000E+00	.177441E+03			
40	.200439E+03	.286171E+00	.163071E+02	.000000E+00	.202277E+03			
39	.200439E+03	.563640E+02	.163071E+02	.000000E+00	.181253E+03			
CENTER	.187880E+03	.283251E+02	.163071E+02	.000000E+00	.177700E+03	.187630E+03	.266755E+02	5.776
STRAIN	.854202E-02	-.133519E-02	.201897E-02	.000000E+00				
2								
2	.155296E+03	-.365223E+01	-.880108E+00	.000000E+00	.157162E+03			
3	.155296E+03	.192979E+01	-.880108E+00	.000000E+00	.154348E+03			
41	.194208E+03	.192979E+01	-.880108E+00	.000000E+00	.193256E+03			
40	.194208E+03	-.365223E+01	-.880108E+00	.000000E+00	.196066E+03			
CENTER	.174752E+03	-.861223E+00	-.880108E+00	.000000E+00	.175191E+03	.174757E+03	-.865633E+00	-.287
STRAIN	.833383E-02	-.253747E-02	-.108966E-03	.000000E+00				
3								
3	.163937E+03	.193343E+01	-.200835E+01	.000000E+00	.163016E+03			
4	.163937E+03	-.689483E+00	-.200835E+01	.000000E+00	.164320E+03			
42	.185591E+03	-.689483E+00	-.200835E+01	.000000E+00	.185969E+03			
41	.185591E+03	.193343E+01	-.200835E+01	.000000E+00	.184665E+03			
CENTER	.174764E+03	.621974E+00	-.200835E+01	.000000E+00	.174489E+03	.174787E+03	.598815E+00	-.661
STRAIN	.831322E-02	-.246702E-02	-.240653E-03	.000000E+00				
4								
4	.170894E+03	.108618E+00	-.208406E+01	.000000E+00	.170878E+03			
5	.170894E+03	-.544581E+00	-.208406E+01	.000000E+00	.171205E+03			
43	.183955E+03	-.544581E+00	-.208406E+01	.000000E+00	.184264E+03			
42	.183955E+03	.108618E+00	-.208406E+01	.000000E+00	.183937E+03			
CENTER	.177425E+03	-.217982E+00	-.208406E+01	.000000E+00	.177570E+03	.177449E+03	-.242428E+00	-.672
STRAIN	.845191E-02	-.254502E-02	-.258026E-03	.000000E+00				
5								
5	.176465E+03	.365303E+00	-.179491E+01	.000000E+00	.176310E+03			
6	.176465E+03	-.617503E+00	-.179491E+01	.000000E+00	.176802E+03			
44	.184450E+03	-.617503E+00	-.179491E+01	.000000E+00	.184786E+03			
43	.184450E+03	.365303E+00	-.179491E+01	.000000E+00	.184294E+03			
CENTER	.180458E+03	-.126100E+00	-.179491E+01	.000000E+00	.180547E+03	.180475E+03	-.143939E+00	-.569
STRAIN	.859502E-02	-.258397E-02	-.222227E-03	.000000E+00				
6								
6	.180754E+03	.207107E+00	-.146730E+01	.000000E+00	.180669E+03			
7	.180754E+03	-.527352E+00	-.146730E+01	.000000E+00	.181036E+03			
45	.185658E+03	-.527352E+00	-.146730E+01	.000000E+00	.185940E+03			
44	.185658E+03	.207107E+00	-.146730E+01	.000000E+00	.185572E+03			
CENTER	.183206E+03	-.160123E+00	-.146730E+01	.000000E+00	.183304E+03	.183218E+03	-.171863E+00	-.458
STRAIN	.872640E-02	-.262486E-02	-.181665E-03	.000000E+00				
7								
7	.184012E+03	.159187E+00	-.114427E+01	.000000E+00	.183943E+03			
8	.184012E+03	-.439854E+00	-.114427E+01	.000000E+00	.184243E+03			
46	.186978E+03	-.439854E+00	-.114427E+01	.000000E+00	.187208E+03			
45	.186978E+03	.159187E+00	-.114427E+01	.000000E+00	.186909E+03			
CENTER	.185495E+03	-.140334E+00	-.114427E+01	.000000E+00	.185576E+03	.185502E+03	-.147387E+00	-.353
STRAIN	.883509E-02	-.265661E-02	-.141672E-03	.000000E+00				
8								
8	.186424E+03	.981764E-01	-.855380E+00	.000000E+00	.186381E+03			
9	.186424E+03	-.342506E+00	-.855380E+00	.000000E+00	.186601E+03			
47	.188152E+03	-.342506E+00	-.855380E+00	.000000E+00	.188330E+03			
46	.188152E+03	.981764E-01	-.855380E+00	.000000E+00	.188109E+03			
CENTER	.187288E+03	-.122165E+00	-.855380E+00	.000000E+00	.187355E+03	.187292E+03	-.126069E+00	-.262
STRAIN	.892023E-02	-.268136E-02	-.105904E-03	.000000E+00				
9								
9	.188153E+03	.595235E-01	-.614313E+00	.000000E+00	.188126E+03			
10	.188153E+03	-.255413E+00	-.614313E+00	.000000E+00	.188284E+03			
48	.189104E+03	-.255413E+00	-.614313E+00	.000000E+00	.189235E+03			
47	.189104E+03	.595235E-01	-.614313E+00	.000000E+00	.189077E+03			
CENTER	.188628E+03	-.979450E-01	-.614313E+00	.000000E+00	.188680E+03	.188630E+03	-.999446E-01	-.186
STRAIN	.898370E-02	-.269935E-02	-.760578E-04	.000000E+00				
10								
10	.189350E+03	.326189E-01	-.424838E+00	.000000E+00	.189335E+03			
11	.189350E+03	-.182357E+00	-.424838E+00	.000000E+00	.189443E+03			
49	.189827E+03	-.182357E+00	-.424838E+00	.000000E+00	.189919E+03			
48	.189827E+03	.326189E-01	-.424838E+00	.000000E+00	.189812E+03			

CENTER	.189588E+03	-.748688E-01	-.424838E+00	.000000E+00	.189627E+03	.189589E+03	-.758204E-01	-.128
STRAIN	.902909E-02	-.271197E-02	-.525990E-04	.000000E+00				
11								
11	.190150E+03	.162360E-01	-.283194E+00	.000000E+00	.190143E+03			
12	.190150E+03	-.125312E+00	-.283194E+00	.000000E+00	.190214E+03			
50	.190351E+03	-.125312E+00	-.283194E+00	.000000E+00	.190414E+03			
49	.190351E+03	.162360E-01	-.283194E+00	.000000E+00	.190343E+03			
CENTER	.190250E+03	-.545380E-01	-.283194E+00	.000000E+00	.190278E+03	.190251E+03	-.549594E-01	-.085
STRAIN	.906832E-02	-.272046E-02	-.350621E-04	.000000E+00				
12								
12	.190666E+03	.664636E-02	-.181856E+00	.000000E+00	.190663E+03			
13	.190666E+03	-.829181E-01	-.181856E+00	.000000E+00	.190707E+03			
51	.190715E+03	-.829181E-01	-.181856E+00	.000000E+00	.190757E+03			
50	.190715E+03	.664636E-02	-.181856E+00	.000000E+00	.190712E+03			
CENTER	.190690E+03	-.381359E-01	-.181856E+00	.000000E+00	.190710E+03	.190690E+03	-.383093E-01	-.055
STRAIN	.908103E-02	-.272596E-02	-.225155E-04	.000000E+00				
13								
13	.190985E+03	.155658E-02	-.112232E+00	.000000E+00	.190984E+03			
14	.190985E+03	-.527953E-01	-.112232E+00	.000000E+00	.191011E+03			
52	.190959E+03	-.527953E-01	-.112232E+00	.000000E+00	.190985E+03			
51	.190959E+03	.155658E-02	-.112232E+00	.000000E+00	.190958E+03			
CENTER	.190972E+03	-.256194E-01	-.112232E+00	.000000E+00	.190985E+03	.190972E+03	-.256853E-01	-.034
STRAIN	.909426E-02	-.272939E-02	-.138953E-04	.000000E+00				
14								
14	.191174E+03	-.808989E-03	-.662682E-01	.000000E+00	.191174E+03			
15	.191174E+03	-.322383E-01	-.662682E-01	.000000E+00	.191190E+03			
53	.191117E+03	-.322383E-01	-.662682E-01	.000000E+00	.191133E+03			
52	.191117E+03	-.808989E-03	-.662682E-01	.000000E+00	.191117E+03			
CENTER	.191145E+03	-.165236E-01	-.662682E-01	.000000E+00	.191153E+03	.191145E+03	-.165466E-01	-.029
STRAIN	.910238E-02	-.273143E-02	-.820464E-05	.000000E+00				
15								
15	.191280E+03	-.160986E-02	-.371753E-01	.000000E+00	.191281E+03			
16	.191280E+03	-.187735E-01	-.371753E-01	.000000E+00	.191289E+03			
54	.191215E+03	-.187735E-01	-.371753E-01	.000000E+00	.191224E+03			
53	.191215E+03	-.160986E-02	-.371753E-01	.000000E+00	.191215E+03			
CENTER	.191247E+03	-.101917E-01	-.371753E-01	.000000E+00	.191252E+03	.191247E+03	-.101989E-01	-.011
STRAIN	.910716E-02	-.273259E-02	-.460265E-05	.000000E+00				
16								
16	.191336E+03	-.161921E-02	-.195935E-01	.000000E+00	.191337E+03			
17	.191336E+03	-.103499E-01	-.195935E-01	.000000E+00	.191341E+03			
55	.191273E+03	-.103499E-01	-.195935E-01	.000000E+00	.191278E+03			
54	.191273E+03	-.161921E-02	-.195935E-01	.000000E+00	.191274E+03			
CENTER	.191304E+03	-.596457E-02	-.195935E-01	.000000E+00	.191307E+03	.191304E+03	-.598658E-02	-.006
STRAIN	.910982E-02	-.273321E-02	-.242586E-05	.000000E+00				
17								
17	.191363E+03	-.135292E-02	-.945727E-02	.000000E+00	.191364E+03			
18	.191363E+03	-.538381E-02	-.945727E-02	.000000E+00	.191366E+03			
56	.191396E+03	-.538381E-02	-.945727E-02	.000000E+00	.191309E+03			
55	.191306E+03	-.135292E-02	-.945727E-02	.000000E+00	.191307E+03			
CENTER	.191334E+03	-.336836E-02	-.945727E-02	.000000E+00	.191336E+03	.191334E+03	-.336883E-02	-.003
STRAIN	.911121E-02	-.273351E-02	-.117090E-05	.000000E+00				
18								
18	.191375E+03	-.119681E-02	-.371534E-02	.000000E+00	.191375E+03			
19	.191375E+03	-.271164E-02	-.371534E-02	.000000E+00	.191376E+03			
57	.191322E+03	-.271164E-02	-.371534E-02	.000000E+00	.191324E+03			
56	.191322E+03	-.119681E-02	-.371534E-02	.000000E+00	.191323E+03			
CENTER	.191348E+03	-.195423E-02	-.371534E-02	.000000E+00	.191349E+03	.191348E+03	-.195438E-02	-.001
STRAIN	.911185E-02	-.273364E-02	-.459995E-06	.000000E+00				
19								
19	.191378E+03	-.150870E-02	.452509E-07	.000000E+00	.191378E+03			
20	.191378E+03	-.150867E-02	.452509E-07	.000000E+00	.191378E+03			
58	.191327E+03	-.150867E-02	.452508E-07	.000000E+00	.191328E+03			
57	.191327E+03	-.150870E-02	.452508E-07	.000000E+00	.191328E+03			
CENTER	.191352E+03	-.150869E-02	.452509E-07	.000000E+00	.191353E+03	.191352E+03	-.150869E-02	.000
STRAIN	.911204E-02	-.273368E-02	.560249E-11	.000000E+00				

20	20	.191375E+03	-.271167E-02	.371544E-02	.000000E+00	.191376E+03		
	21	.191375E+03	-.119678E-02	.371544E-02	.000000E+00	.191375E+03		
	59	.191322E+03	-.119678E-02	.371544E-02	.000000E+00	.191323E+03		
	58	.191322E+03	-.271167E-02	.371544E-02	.000000E+00	.191324E+03		
	CENTER	.191348E+03	-.195422E-02	.371544E-02	.000000E+00	.191349E+03	.191348E+03	-.195430E-02
	STRAIN	.911185E-02	-.273364E-02	.460007E-06	.000000E+00			.001
21	21	.191363E+03	-.538385E-02	.945739E-02	.000000E+00	.191366E+03		
	22	.191363E+03	-.135290E-02	.945739E-02	.000000E+00	.191364E+03		
	60	.191306E+03	-.135290E-02	.945739E-02	.000000E+00	.191307E+03		
	59	.191306E+03	-.538385E-02	.945739E-02	.000000E+00	.191309E+03		
	CENTER	.191334E+03	-.336837E-02	.945739E-02	.000000E+00	.191336E+03	.191334E+03	-.336884E-02
	STRAIN	.911121E-02	-.273351E-02	.117091E-05	.000000E+00			.003
22	22	.191336E+03	-.103500E-01	.195936E-01	.000000E+00	.191341E+03		
	23	.191336E+03	-.161920E-02	.195936E-01	.000000E+00	.191337E+03		
	61	.191273E+03	-.161920E-02	.195936E-01	.000000E+00	.191274E+03		
	60	.191273E+03	-.103500E-01	.195936E-01	.000000E+00	.191278E+03		
	CENTER	.191304E+03	-.598459E-02	.195936E-01	.000000E+00	.191307E+03	.191304E+03	-.598659E-02
	STRAIN	.910982E-02	-.273321E-02	.242588E-05	.000000E+00			.006
23	23	.191280E+03	-.187736E-01	.371754E-01	.000000E+00	.191289E+03		
	24	.191280E+03	-.160985E-02	.371754E-01	.000000E+00	.191281E+03		
	62	.191215E+03	-.160985E-02	.371754E-01	.000000E+00	.191215E+03		
	61	.191215E+03	-.187736E-01	.371754E-01	.000000E+00	.191224E+03		
	CENTER	.191247E+03	-.101917E-01	.371754E-01	.000000E+00	.191252E+03	.191247E+03	-.101989E-01
	STRAIN	.910716E-02	-.273259E-02	.460267E-05	.000000E+00			.011
24	24	.191174E+03	-.322385E-01	.662686E-01	.000000E+00	.191190E+03		
	25	.191174E+03	-.809029E-03	.662686E-01	.000000E+00	.191174E+03		
	63	.191117E+03	-.809029E-03	.662686E-01	.000000E+00	.191117E+03		
	62	.191117E+03	-.322385E-01	.662686E-01	.000000E+00	.191133E+03		
	CENTER	.191145E+03	-.165238E-01	.662686E-01	.000000E+00	.191153E+03	.191145E+03	-.165467E-01
	STRAIN	.910238E-02	-.273143E-02	.820468E-05	.000000E+00			.020
25	25	.190985E+03	-.527956E-01	.112232E+00	.000000E+00	.191011E+03		
	26	.190985E+03	.155648E-02	.112232E+00	.000000E+00	.190984E+03		
	64	.190959E+03	.155648E-02	.112232E+00	.000000E+00	.190958E+03		
	63	.190959E+03	-.527956E-01	.112232E+00	.000000E+00	.190985E+03		
	CENTER	.190972E+03	-.256196E-01	.112232E+00	.000000E+00	.190985E+03	.190972E+03	-.256855E-01
	STRAIN	.909426E-02	-.272939E-02	.138954E-04	.000000E+00			.034
26	26	.190666E+03	-.829184E-01	.181857E+00	.000000E+00	.190707E+03		
	27	.190666E+03	.664616E-02	.181857E+00	.000000E+00	.190663E+03		
	65	.190715E+03	.664616E-02	.181857E+00	.000000E+00	.190712E+03		
	64	.190715E+03	-.829184E-01	.181857E+00	.000000E+00	.190757E+03		
	CENTER	.190690E+03	-.381361E-01	.181857E+00	.000000E+00	.190710E+03	.190690E+03	-.383095E-01
	STRAIN	.908103E-02	-.272596E-02	.225156E-04	.000000E+00			.055
27	27	.190150E+03	-.125312E+00	.283194E+00	.000000E+00	.190214E+03		
	28	.190150E+03	.162361E-01	.283194E+00	.000000E+00	.190143E+03		
	66	.190351E+03	.162361E-01	.283194E+00	.000000E+00	.190343E+03		
	65	.190351E+03	-.125312E+00	.283194E+00	.000000E+00	.190414E+03		
	CENTER	.190250E+03	-.545380E-01	.283194E+00	.000000E+00	.190278E+03	.190251E+03	-.549595E-01
	STRAIN	.906032E-02	-.272046E-02	.350622E-04	.000000E+00			.085
28	28	.189350E+03	-.182357E+00	.424839E+00	.000000E+00	.189443E+03		
	29	.189350E+03	.326190E-01	.424839E+00	.000000E+00	.189335E+03		
	67	.189827E+03	.326190E-01	.424839E+00	.000000E+00	.189812E+03		
	66	.189827E+03	-.182357E+00	.424839E+00	.000000E+00	.189919E+03		
	CENTER	.189588E+03	-.748689E-01	.424839E+00	.000000E+00	.189627E+03	.189539E+03	-.758205E-01
	STRAIN	.902909E-02	-.271197E-02	.525992E-04	.000000E+00			.128
29	29	.188153E+03	-.255414E+00	.614314E+00	.000000E+00	.188284E+03		



30	.188153E+03	.595234E-01	.614314E+00	.000000E+00	.188126E+03		
68	.189104E+03	.595234E-01	.614314E+00	.000000E+00	.189077E+03		
67	.189104E+03	-.255414E+00	.614314E+00	.000000E+00	.189235E+03		
CENTER	.188628E+03	-.979453E-01	.614314E+00	.000000E+00	.188680E+03	.188630E+03	-.999449E-01
STRAIN	.898370E-02	-.269935E-02	.760579E-04	.000000E+00			.186
30							
30	.186424E+03	-.342506E+00	.855381E+00	.000000E+00	.186601E+03		
31	.186424E+03	.981762E-01	.855381E+00	.000000E+00	.186381E+03		
69	.188152E+03	.981762E-01	.855381E+00	.000000E+00	.188109E+03		
68	.188152E+03	-.942506E+00	.855381E+00	.000000E+00	.188330E+03		
CENTER	.187288E+03	-.122165E+00	.855381E+00	.000000E+00	.187355E+03	.187292E+03	-.126069E+00
STRAIN	.892023E-02	-.268136E-02	.105904E-03	.000000E+00			.262
31							
31	.184012E+03	-.439854E+00	.114427E+01	.000000E+00	.184243E+03		
32	.184012E+03	.159187E+00	.114427E+01	.000000E+00	.183943E+03		
70	.186978E+03	.159187E+00	.114427E+01	.000000E+00	.186909E+03		
69	.186978E+03	-.439854E+00	.114427E+01	.000000E+00	.187208E+03		
CENTER	.185495E+03	-.140334E+00	.114427E+01	.000000E+00	.185576E+03	.185502E+03	-.147387E+00
STRAIN	.883509E-02	-.265661E-02	.141672E-03	.000000E+00			.353
32							
32	.180754E+03	-.527352E+00	.146730E+01	.000000E+00	.181036E+03		
33	.180754E+03	.207107E+00	.146730E+01	.000000E+00	.180669E+03		
71	.185658E+03	.207107E+00	.146730E+01	.000000E+00	.185572E+03		
70	.185658E+03	-.527352E+00	.146730E+01	.000000E+00	.185940E+03		
CENTER	.183206E+03	-.160123E+00	.146730E+01	.000000E+00	.183304E+03	.183218E+03	-.171863E+00
STRAIN	.872640E-02	-.262486E-02	.181666E-03	.000000E+00			.458
33							
33	.176465E+03	-.617503E+00	.179491E+01	.000000E+00	.176802E+03		
34	.176465E+03	.365302E+00	.179491E+01	.000000E+00	.176310E+03		
72	.184450E+03	.365302E+00	.179491E+01	.000000E+00	.184294E+03		
71	.184450E+03	-.617503E+00	.179491E+01	.000000E+00	.184786E+03		
CENTER	.180458E+03	-.126100E+00	.179491E+01	.000000E+00	.180547E+03	.180475E+03	-.143939E+00
STRAIN	.859502E-02	-.258397E-02	.222227E-03	.000000E+00			.569
34							
34	.170894E+03	-.544581E+00	.208406E+01	.000000E+00	.171205E+03		
35	.170894E+03	.108618E+00	.208406E+01	.000000E+00	.170878E+03		
73	.183955E+03	.108618E+00	.208406E+01	.000000E+00	.183937E+03		
72	.183955E+03	-.544581E+00	.208406E+01	.000000E+00	.184264E+03		
CENTER	.177425E+03	-.217981E+00	.208406E+01	.000000E+00	.177570E+03	.177449E+03	-.242428E+00
STRAIN	.845191E-02	-.254502E-02	.258026E-03	.000000E+00			.672
35							
35	.163937E+03	-.689482E+00	.200835E+01	.000000E+00	.164320E+03		
36	.163937E+03	.193343E+01	.200835E+01	.000000E+00	.163016E+03		
74	.185591E+03	.193343E+01	.200835E+01	.000000E+00	.184665E+03		
73	.185591E+03	-.689482E+00	.200835E+01	.000000E+00	.185969E+03		
CENTER	.174764E+03	.621975E+00	.200835E+01	.000000E+00	.174489E+03	.174787E+03	.598816E+00
STRAIN	.831322E-02	-.246701E-02	.248653E-03	.000000E+00			.661
36							
36	.155296E+03	.192979E+01	.880105E+00	.000000E+00	.154348E+03		
37	.155296E+03	-.365223E+01	.880105E+00	.000000E+00	.157162E+03		
75	.194208E+03	-.365223E+01	.880105E+00	.000000E+00	.196066E+03		
74	.194208E+03	.192979E+01	.880105E+00	.000000E+00	.193256E+03		
CENTER	.174752E+03	-.861220E+00	.880105E+00	.000000E+00	.175191E+03	.174757E+03	-.865631E+00
STRAIN	.833383E-02	-.253747E-02	.108965E-03	.000000E+00			.287
37							
37	.175322E+03	.286175E+00	-.163071E+02	.000000E+00	.177441E+03		
38	.175322E+03	.563640E+02	-.163071E+02	.000000E+00	.157577E+03		
76	.280439E+03	.563640E+02	-.163071E+02	.000000E+00	.181253E+03		
75	.280439E+03	.286175E+00	-.163071E+02	.000000E+00	.282277E+03		
CENTER	.187880E+03	.283251E+02	-.163071E+02	.000000E+00	.177700E+03	.189530E+03	.266755E+02
STRAIN	.854202E-02	-.133519E-02	-.201897E-02	.000000E+00			-5.776
38							
38	.203947E+03	.606714E+02	.214350E+02	.000000E+00	.185148E+03		
40	.203947E+03	.193662E+02	.214350E+02	.000000E+00	.198409E+03		
78	.280538E+03	.193662E+02	.214350E+02	.000000E+00	.195146E+03		
77	.280538E+03	.606714E+02	.214350E+02	.000000E+00	.181942E+03		

39	CENTER	.202238E+03	.400188E+02	.214350E+02	.000000E+00	.189174E+03	.205023E+03	.372343E+02	7.402
	STRAIN	.985870E-02	-.983460E-03	.265386E-02	.000000E+00				
	40	.197907E+03	.184452E+02	.888043E+01	.000000E+00	.189983E+03			
	41	.197907E+03	.449263E+01	.888043E+01	.000000E+00	.196303E+03			
	79	.200430E+03	.449263E+01	.888043E+01	.000000E+00	.198818E+03			
	78	.200430E+03	.184452E+02	.888043E+01	.000000E+00	.192489E+03			
	CENTER	.199168E+03	.114689E+02	.888043E+01	.000000E+00	.194299E+03	.199588E+03	.110497E+02	2.703
	STRAIN	.932037E-02	-.229912E-02	.109948E-02	.000000E+00				
40	41	.186012E+03	.233001E+01	-.134045E+00	.000000E+00	.184859E+03			
	42	.186012E+03	.172241E+01	-.134045E+00	.000000E+00	.185157E+03			
	80	.197907E+03	.172241E+01	-.134045E+00	.000000E+00	.197052E+03			
	79	.197907E+03	.233001E+01	-.134045E+00	.000000E+00	.196752E+03			
	CENTER	.191960E+03	.202621E+01	-.134045E+00	.000000E+00	.190955E+03	.191960E+03	.202612E+01	-.040
	STRAIN	.911199E-02	-.264580E-02	-.165961E-04	.000000E+00				
41	42	.184149E+03	.770559E+00	-.245044E+01	.000000E+00	.183814E+03			
	43	.184149E+03	.874826E-01	-.245044E+01	.000000E+00	.184155E+03			
	81	.193424E+03	.874826E-01	-.245044E+01	.000000E+00	.193427E+03			
	80	.193424E+03	.770559E+00	-.245044E+01	.000000E+00	.193087E+03			
	CENTER	.188787E+03	.429021E+00	-.245044E+01	.000000E+00	.188621E+03	.188819E+03	.397147E+00	-.745
	STRAIN	.898372E-02	-.267653E-02	-.303388E-03	.000000E+00				
42	43	.184395E+03	-.193509E+00	-.307295E+01	.000000E+00	.184569E+03			
	44	.184395E+03	-.425850E+00	-.307295E+01	.000000E+00	.184685E+03			
	82	.191305E+03	-.425850E+00	-.307295E+01	.000000E+00	.191593E+03			
	81	.191305E+03	-.193509E+00	-.307295E+01	.000000E+00	.191476E+03			
	CENTER	.187850E+03	-.389679E+00	-.307295E+01	.000000E+00	.188081E+03	.187900E+03	-.359852E+00	-.935
	STRAIN	.894968E-02	-.269832E-02	-.380461E-03	.000000E+00				
43	44	.185553E+03	-.380315E+00	-.291153E+01	.000000E+00	.185812E+03			
	45	.185553E+03	-.644114E+00	-.291153E+01	.000000E+00	.185944E+03			
	83	.190451E+03	-.644114E+00	-.291153E+01	.000000E+00	.190841E+03			
	82	.190451E+03	-.380315E+00	-.291153E+01	.000000E+00	.190708E+03			
	CENTER	.188002E+03	-.512214E+00	-.291153E+01	.000000E+00	.188326E+03	.188047E+03	-.557171E+00	-.885
	STRAIN	.895980E-02	-.271014E-02	-.360475E-03	.000000E+00				
44	45	.186849E+03	-.479697E+00	-.246296E+01	.000000E+00	.187138E+03			
	46	.186849E+03	-.655930E+00	-.246296E+01	.000000E+00	.187227E+03			
	84	.190251E+03	-.655930E+00	-.246296E+01	.000000E+00	.190627E+03			
	83	.190251E+03	-.479697E+00	-.246296E+01	.000000E+00	.190539E+03			
	CENTER	.188550E+03	-.567814E+00	-.246296E+01	.000000E+00	.188883E+03	.188582E+03	-.599884E+00	-.746
	STRAIN	.898669E-02	-.272061E-02	-.304938E-03	.000000E+00				
45	46	.188032E+03	-.466726E+00	-.193852E+01	.000000E+00	.188296E+03			
	47	.188032E+03	-.581672E+00	-.193852E+01	.000000E+00	.188353E+03			
	85	.190330E+03	-.581672E+00	-.193852E+01	.000000E+00	.190651E+03			
	84	.190330E+03	-.466726E+00	-.193852E+01	.000000E+00	.190593E+03			
	CENTER	.189181E+03	-.524199E+00	-.193852E+01	.000000E+00	.189473E+03	.189201E+03	-.544006E+00	-.585
	STRAIN	.901610E-02	-.272755E-02	-.240007E-03	.000000E+00				
46	47	.189001E+03	-.409717E+00	-.144683E+01	.000000E+00	.189223E+03			
	48	.189001E+03	-.471957E+00	-.144683E+01	.000000E+00	.189254E+03			
	86	.190507E+03	-.471957E+00	-.144683E+01	.000000E+00	.190760E+03			
	85	.190507E+03	-.409717E+00	-.144683E+01	.000000E+00	.190729E+03			
	CENTER	.189754E+03	-.440837E+00	-.144683E+01	.000000E+00	.189991E+03	.189765E+03	-.451843E+00	-.436
	STRAIN	.904220E-02	-.273176E-02	-.179131E-03	.000000E+00				
47	48	.189745E+03	-.331643E+00	-.103337E+01	.000000E+00	.189920E+03			
	49	.189745E+03	-.360311E+00	-.103337E+01	.000000E+00	.189934E+03			
	87	.190698E+03	-.360311E+00	-.103337E+01	.000000E+00	.190887E+03			
	86	.190698E+03	-.331643E+00	-.103337E+01	.000000E+00	.190872E+03			
	CENTER	.190222E+03	-.345977E+00	-.103337E+01	.000000E+00	.190403E+03	.190227E+03	-.351580E+00	-.311
	STRAIN	.906312E-02	-.273393E-02	-.127941E-03	.000000E+00				
48									

49	.190290E+03	-.253335E+00	-.709712E+00	.000000E+00	.190420E+03			
50	.190290E+03	-.261904E+00	-.709712E+00	.000000E+00	.190425E+03			
88	.190867E+03	-.261904E+00	-.709712E+00	.000000E+00	.191002E+03			
87	.190867E+03	-.253335E+00	-.709712E+00	.000000E+00	.190998E+03			
CENTER	.190578E+03	-.257619E+00	-.709712E+00	.000000E+00	.190711E+03	.190581E+03	-.260258E+00	-.213
STRAIN	.907884E-02	-.273481E-02	-.878691E-04	.000000E+00				
50	.190671E+03	-.184321E+00	-.469632E+00	.000000E+00	.190765E+03			
51	.190671E+03	-.182484E+00	-.469632E+00	.000000E+00	.190764E+03			
89	.191003E+03	-.182484E+00	-.469632E+00	.000000E+00	.191096E+03			
88	.191003E+03	-.184321E+00	-.469632E+00	.000000E+00	.191097E+03			
CENTER	.190837E+03	-.183402E+00	-.469632E+00	.000000E+00	.190930E+03	.190838E+03	-.184557E+00	-.141
STRAIN	.909009E-02	-.273498E-02	-.581449E-04	.000000E+00				
51	.190929E+03	-.128509E+00	-.299387E+00	.000000E+00	.190994E+03			
52	.190929E+03	-.122174E+00	-.299387E+00	.000000E+00	.190991E+03			
90	.191105E+03	-.122174E+00	-.299387E+00	.000000E+00	.191166E+03			
89	.191105E+03	-.128509E+00	-.299387E+00	.000000E+00	.191170E+03			
CENTER	.191017E+03	-.125341E+00	-.299387E+00	.000000E+00	.191088E+03	.191017E+03	-.125810E+00	-.090
STRAIN	.909783E-02	-.273478E-02	-.370669E-04	.000000E+00				
52	.191097E+03	-.860108E-01	-.183497E+00	.000000E+00	.191140E+03			
53	.191097E+03	-.785724E-01	-.183497E+00	.000000E+00	.191136E+03			
91	.191178E+03	-.785724E-01	-.183497E+00	.000000E+00	.191217E+03			
90	.191178E+03	-.860108E-01	-.183497E+00	.000000E+00	.191221E+03			
CENTER	.191137E+03	-.822916E-01	-.183497E+00	.000000E+00	.191179E+03	.191138E+03	-.824677E-01	-.055
STRAIN	.910295E-02	-.273445E-02	-.227187E-04	.000000E+00				
53	.191202E+03	-.552276E-01	-.107666E+00	.000000E+00	.191230E+03			
54	.191202E+03	-.484391E-01	-.107666E+00	.000000E+00	.191226E+03			
92	.191228E+03	-.484391E-01	-.107666E+00	.000000E+00	.191253E+03			
91	.191228E+03	-.552276E-01	-.107666E+00	.000000E+00	.191256E+03			
CENTER	.191215E+03	-.518333E-01	-.107666E+00	.000000E+00	.191241E+03	.191215E+03	-.518939E-01	-.032
STRAIN	.910623E-02	-.273411E-02	-.133301E-04	.000000E+00				
54	.191265E+03	-.339829E-01	-.599249E-01	.000000E+00	.191282E+03			
55	.191265E+03	-.286428E-01	-.599249E-01	.000000E+00	.191280E+03			
93	.191261E+03	-.286428E-01	-.599249E-01	.000000E+00	.191276E+03			
92	.191261E+03	-.339829E-01	-.599249E-01	.000000E+00	.191278E+03			
CENTER	.191263E+03	-.313128E-01	-.599249E-01	.000000E+00	.191279E+03	.191263E+03	-.313316E-01	-.018
STRAIN	.910823E-02	-.273383E-02	-.741928E-05	.000000E+00				
55	.191301E+03	-.202058E-01	-.307691E-01	.000000E+00	.191311E+03			
56	.191301E+03	-.166046E-01	-.307691E-01	.000000E+00	.191318E+03			
94	.191282E+03	-.166046E-01	-.307691E-01	.000000E+00	.191298E+03			
93	.191282E+03	-.202058E-01	-.307691E-01	.000000E+00	.191292E+03			
CENTER	.191291E+03	-.184052E-01	-.307691E-01	.000000E+00	.191301E+03	.191291E+03	-.184102E-01	-.009
STRAIN	.910938E-02	-.273361E-02	-.380951E-05	.000000E+00				
56	.191319E+03	-.122680E-01	-.127795E-01	.000000E+00	.191325E+03			
57	.191319E+03	-.104693E-01	-.127795E-01	.000000E+00	.191325E+03			
95	.191293E+03	-.104693E-01	-.127795E-01	.000000E+00	.191298E+03			
94	.191293E+03	-.122680E-01	-.127795E-01	.000000E+00	.191299E+03			
CENTER	.191306E+03	-.113687E-01	-.127795E-01	.000000E+00	.191312E+03	.191306E+03	-.113695E-01	-.004
STRAIN	.910997E-02	-.273348E-02	-.158223E-05	.000000E+00				
57	.191325E+03	-.914158E-02	.141653E-06	.000000E+00	.191329E+03			
58	.191325E+03	-.914157E-02	.141653E-06	.000000E+00	.191329E+03			
96	.191296E+03	-.914157E-02	.141652E-06	.000000E+00	.191301E+03			
95	.191296E+03	-.914158E-02	.141652E-06	.000000E+00	.191301E+03			
CENTER	.191310E+03	-.914157E-02	.141653E-06	.000000E+00	.191315E+03	.191310E+03	-.914157E-02	.000
STRAIN	.911015E-02	-.273344E-02	.175379E-10	.000000E+00				
58	.191319E+03	-.104694E-01	.127799E-01	.000000E+00	.191325E+03			
59	.191319E+03	-.122680E-01	.127799E-01	.000000E+00	.191325E+03			

97	.191293E+03	-.122680E-01	.127799E-01	.000000E+00	.191299E+03			
96	.191293E+03	-.104694E-01	.127799E-01	.000000E+00	.191298E+03			
CENTER	.191306E+03	-.113687E-01	.127799E-01	.000000E+00	.191312E+03	.191306E+03	-.113696E-01	.004
STRAIN	.910997E-02	-.273348E-02	.158227E-05	.000000E+00				
58								
59	.191301E+03	-.166046E-01	.307695E-01	.000000E+00	.191310E+03			
60	.191301E+03	-.202058E-01	.307695E-01	.000000E+00	.191311E+03			
98	.191282E+03	-.202058E-01	.307695E-01	.000000E+00	.191292E+03			
97	.191282E+03	-.166046E-01	.307695E-01	.000000E+00	.191290E+03			
CENTER	.191291E+03	-.184052E-01	.307695E-01	.000000E+00	.191301E+03	.191291E+03	-.184102E-01	.009
STRAIN	.910938E-02	-.273361E-02	.380956E-05	.000000E+00				
59								
60	.191265E+03	-.286428E-01	.599253E-01	.000000E+00	.191280E+03			
61	.191265E+03	-.339829E-01	.599253E-01	.000000E+00	.191282E+03			
99	.191261E+03	-.339829E-01	.599253E-01	.000000E+00	.191278E+03			
98	.191261E+03	-.286428E-01	.599253E-01	.000000E+00	.191276E+03			
CENTER	.191263E+03	-.313129E-01	.599253E-01	.000000E+00	.191279E+03	.191263E+03	-.313316E-01	.018
STRAIN	.910823E-02	-.273383E-02	.741932E-05	.000000E+00				
60								
61	.191202E+03	-.484391E-01	.107667E+00	.000000E+00	.191226E+03			
62	.191202E+03	-.552278E-01	.107667E+00	.000000E+00	.191230E+03			
100	.191228E+03	-.552278E-01	.107667E+00	.000000E+00	.191256E+03			
99	.191228E+03	-.484391E-01	.107667E+00	.000000E+00	.191253E+03			
CENTER	.191215E+03	-.518335E-01	.107667E+00	.000000E+00	.191241E+03	.191215E+03	-.518941E-01	.032
STRAIN	.910623E-02	-.273411E-02	.133301E-04	.000000E+00				
61								
62	.191097E+03	-.785727E-01	.183498E+00	.000000E+00	.191136E+03			
63	.191097E+03	-.860115E-01	.183498E+00	.000000E+00	.191140E+03			
101	.191178E+03	-.860115E-01	.183498E+00	.000000E+00	.191221E+03			
100	.191178E+03	-.785727E-01	.183498E+00	.000000E+00	.191217E+03			
CENTER	.191137E+03	-.822921E-01	.183498E+00	.000000E+00	.191179E+03	.191136E+03	-.824682E-01	.055
STRAIN	.910295E-02	-.273445E-02	.227188E-04	.000000E+00				
62								
63	.190929E+03	-.122174E+00	.299388E+00	.000000E+00	.190991E+03			
64	.190929E+03	-.128510E+00	.299388E+00	.000000E+00	.190994E+03			
102	.191105E+03	-.128510E+00	.299388E+00	.000000E+00	.191178E+03			
101	.191105E+03	-.122174E+00	.299388E+00	.000000E+00	.191166E+03			
CENTER	.191017E+03	-.125342E+00	.299388E+00	.000000E+00	.191080E+03	.191017E+03	-.125811E+00	.090
STRAIN	.909783E-02	-.273478E-02	.370671E-04	.000000E+00				
63								
64	.190671E+03	-.182485E+00	.469634E+00	.000000E+00	.190764E+03			
65	.190671E+03	-.184321E+00	.469634E+00	.000000E+00	.190765E+03			
103	.191003E+03	-.184321E+00	.469634E+00	.000000E+00	.191097E+03			
102	.191003E+03	-.182485E+00	.469634E+00	.000000E+00	.191096E+03			
CENTER	.190837E+03	-.183403E+00	.469634E+00	.000000E+00	.190930E+03	.190838E+03	-.184558E+00	.141
STRAIN	.909009E-02	-.273498E-02	.581452E-04	.000000E+00				
64								
65	.190290E+03	-.261904E+00	.709714E+00	.000000E+00	.190425E+03			
66	.190290E+03	-.253335E+00	.709714E+00	.000000E+00	.190420E+03			
104	.190867E+03	-.253335E+00	.709714E+00	.000000E+00	.190998E+03			
103	.190867E+03	-.261904E+00	.709714E+00	.000000E+00	.191002E+03			
CENTER	.190578E+03	-.257620E+00	.709714E+00	.000000E+00	.190711E+03	.190581E+03	-.260259E+00	.213
STRAIN	.907884E-02	-.273481E-02	.878694E-04	.000000E+00				
65								
66	.189745E+03	-.360311E+00	.103337E+01	.000000E+00	.189934E+03			
67	.189745E+03	-.331643E+00	.103337E+01	.000000E+00	.189920E+03			
105	.190698E+03	-.331643E+00	.103337E+01	.000000E+00	.190872E+03			
104	.190698E+03	-.360311E+00	.103337E+01	.000000E+00	.190837E+03			
CENTER	.190222E+03	-.345977E+00	.103337E+01	.000000E+00	.190403E+03	.190227E+03	-.351588E+00	.311
STRAIN	.906312E-02	-.273393E-02	.127941E-03	.000000E+00				
66								
67	.189001E+03	-.471958E+00	.144683E+01	.000000E+00	.189254E+03			
68	.189001E+03	-.409717E+00	.144683E+01	.000000E+00	.189223E+03			
106	.190507E+03	-.409717E+00	.144683E+01	.000000E+00	.190729E+03			
105	.190507E+03	-.471958E+00	.144683E+01	.000000E+00	.190760E+03			
CENTER	.189754E+03	-.440838E+00	.144683E+01	.000000E+00	.189991E+03	.189765E+03	-.451843E+00	.436

TRAIN	.904220E-02	-.273176E-02	.179132E-03	.000000E+00				
68	.188032E+03	-.581672E+00	.193852E+01	.000000E+00	.188353E+03			
69	.188032E+03	-.466727E+00	.193852E+01	.000000E+00	.188296E+03			
107	.190330E+03	-.466727E+00	.193852E+01	.000000E+00	.190593E+03			
106	.190330E+03	-.581672E+00	.193852E+01	.000000E+00	.190651E+03			
ENTER	.189181E+03	-.524199E+00	.193852E+01	.000000E+00	.189473E+03	.189201E+03	-.544006E+00	.585
STRAIN	.901610E-02	-.272755E-02	.240007E-03	.000000E+00				
69	.186849E+03	-.655930E+00	.246296E+01	.000000E+00	.187227E+03			
70	.186849E+03	-.479697E+00	.246296E+01	.000000E+00	.187138E+03			
108	.190251E+03	-.479697E+00	.246296E+01	.000000E+00	.190539E+03			
107	.190251E+03	-.655930E+00	.246296E+01	.000000E+00	.190627E+03			
ENTER	.188550E+03	-.567814E+00	.246296E+01	.000000E+00	.188883E+03	.188582E+03	-.599884E+00	.746
STRAIN	.898669E-02	-.272061E-02	.304938E-03	.000000E+00				
70	.185553E+03	-.644113E+00	.291153E+01	.000000E+00	.185944E+03			
71	.185553E+03	-.380314E+00	.291153E+01	.000000E+00	.185812E+03			
109	.190451E+03	-.380314E+00	.291153E+01	.000000E+00	.190708E+03			
108	.190451E+03	-.644113E+00	.291153E+01	.000000E+00	.190841E+03			
CENTER	.188002E+03	-.512214E+00	.291153E+01	.000000E+00	.188326E+03	.188047E+03	-.557170E+00	.885
STRAIN	.895980E-02	-.271014E-02	.360475E-03	.000000E+00				
71	.184395E+03	-.425849E+00	.307295E+01	.000000E+00	.184685E+03			
72	.184395E+03	-.193507E+00	.307295E+01	.000000E+00	.184569E+03			
110	.191305E+03	-.193507E+00	.307295E+01	.000000E+00	.191476E+03			
109	.191305E+03	-.425849E+00	.307295E+01	.000000E+00	.191593E+03			
CENTER	.187850E+03	-.309678E+00	.307295E+01	.000000E+00	.188081E+03	.187900E+03	-.359851E+00	.935
STRAIN	.894968E-02	-.269832E-02	.380461E-03	.000000E+00				
72	.184149E+03	.874843E-01	.245044E+01	.000000E+00	.184155E+03			
73	.184149E+03	.770560E+00	.245044E+01	.000000E+00	.183814E+03			
111	.193424E+03	.770560E+00	.245044E+01	.000000E+00	.193087E+03			
110	.193424E+03	.874843E-01	.245044E+01	.000000E+00	.193427E+03			
CENTER	.188787E+03	.429022E+00	.245044E+01	.000000E+00	.188621E+03	.188819E+03	.397149E+00	.745
STRAIN	.898373E-02	-.267653E-02	.303388E-03	.000000E+00				
73	.186012E+03	.172241E+01	.134040E+00	.000000E+00	.185157E+03			
74	.186012E+03	.233002E+01	.134040E+00	.000000E+00	.184859E+03			
112	.197907E+03	.233002E+01	.134040E+00	.000000E+00	.196752E+03			
111	.197907E+03	.172241E+01	.134040E+00	.000000E+00	.197052E+03			
CENTER	.191960E+03	.202621E+01	.134040E+00	.000000E+00	.190955E+03	.191960E+03	.202612E+01	.040
STRAIN	.911199E-02	-.264580E-02	.165954E-04	.000000E+00				
74	.197907E+03	.449264E+01	-.888044E+01	.000000E+00	.196303E+03			
75	.197907E+03	.184452E+02	-.888044E+01	.000000E+00	.189983E+03			
113	.200430E+03	.184452E+02	-.888044E+01	.000000E+00	.192489E+03			
112	.200430E+03	.449264E+01	-.888044E+01	.000000E+00	.198818E+03			
CENTER	.199168E+03	.114689E+02	-.888044E+01	.000000E+00	.194299E+03	.199588E+03	.110497E+02	-2.703
STRAIN	.932037E-02	-.229912E-02	-.109948E-02	.000000E+00				
75	.203947E+03	.193662E+02	-.214350E+02	.000000E+00	.198489E+03			
76	.203947E+03	.606714E+02	-.214350E+02	.000000E+00	.185148E+03			
114	.200530E+03	.606714E+02	-.214350E+02	.000000E+00	.181948E+03			
113	.200530E+03	.193662E+02	-.214350E+02	.000000E+00	.195146E+03			
CENTER	.202238E+03	.400188E+02	-.214350E+02	.000000E+00	.189174E+03	.205023E+03	.372343E+02	-7.402
STRAIN	.905870E-02	-.983460E-03	-.265386E-02	.000000E+00				
77	.202167E+03	.603027E+02	.183731E+02	.000000E+00	.182563E+03			
78	.202167E+03	.306495E+02	.183731E+02	.000000E+00	.191383E+03			
116	.199851E+03	.306495E+02	.183731E+02	.000000E+00	.189122E+03			
115	.199851E+03	.603027E+02	.183731E+02	.000000E+00	.180383E+03			
CENTER	.201009E+03	.454761E+02	.183731E+02	.000000E+00	.185322E+03	.203150E+03	.433352E+02	6.646
STRAIN	.892220E-02	-.706028E-03	.227476E-02	.000000E+00				

78	.203481E+03	.311281E+02	.125208E+02	.000000E+00	.191075E+03				
79	.203481E+03	.121492E+02	.125208E+02	.000000E+00	.198872E+03				
117	.201728E+03	.121492E+02	.125208E+02	.000000E+00	.197132E+03				
116	.201728E+03	.311281E+02	.125208E+02	.000000E+00	.189351E+03				
CENTER	.202604E+03	.216387E+02	.125208E+02	.000000E+00	.193915E+03	.203466E+03	.207765E+02	3.939	
STRAIN	.933870E-02	-.186393E-02	.155020E-02	.000000E+00					
77									
79	.199698E+03	.111874E+02	.527035E+01	.000000E+00	.194560E+03				
80	.199698E+03	.480634E+01	.527035E+01	.000000E+00	.197550E+03				
118	.199098E+03	.480634E+01	.527035E+01	.000000E+00	.196951E+03				
117	.199098E+03	.111874E+02	.527035E+01	.000000E+00	.193962E+03				
CENTER	.199398E+03	.799689E+01	.527035E+01	.000000E+00	.195736E+03	.199543E+03	.785188E+01	1.576	
STRAIN	.938891E-02	-.246774E-02	.652519E-03	.000000E+00					
78									
80	.194079E+03	.366727E+01	.159067E+00	.000000E+00	.192271E+03				
81	.194079E+03	.155181E+01	.159067E+00	.000000E+00	.193308E+03				
119	.197124E+03	.155181E+01	.159067E+00	.000000E+00	.196353E+03				
118	.197124E+03	.366727E+01	.159067E+00	.000000E+00	.195317E+03				
CENTER	.195601E+03	.260954E+01	.159067E+00	.000000E+00	.194310E+03	.195602E+03	.260941E+01	.047	
STRAIN	.927707E-02	-.267004E-02	.196941E-04	.000000E+00					
79									
81	.191516E+03	.870241E+00	-.198296E+01	.000000E+00	.191113E+03				
82	.191516E+03	-.850953E-01	-.198296E+01	.000000E+00	.191589E+03				
120	.195143E+03	-.850953E-01	-.198296E+01	.000000E+00	.195216E+03				
119	.195143E+03	.870241E+00	-.198296E+01	.000000E+00	.194740E+03				
CENTER	.193330E+03	.392573E+00	-.198296E+01	.000000E+00	.193164E+03	.193350E+03	.372195E+00	-.589	
STRAIN	.920056E-02	-.274316E-02	-.245509E-03	.000000E+00					
80									
82	.190421E+03	-.453948E+00	-.263318E+01	.000000E+00	.190702E+03				
83	.190421E+03	-.775712E+00	-.263318E+01	.000000E+00	.190864E+03				
121	.193780E+03	-.775712E+00	-.263318E+01	.000000E+00	.194222E+03				
120	.193780E+03	-.453948E+00	-.263318E+01	.000000E+00	.194061E+03				
CENTER	.192100E+03	-.614830E+00	-.263318E+01	.000000E+00	.192462E+03	.192136E+03	-.658802E+00	-.783	
STRAIN	.815640E-02	-.277356E-02	-.326012E-03	.000000E+00					
81									
83	.190128E+03	-.957705E+00	-.253808E+01	.000000E+00	.190660E+03				
84	.190128E+03	-.994076E+00	-.253808E+01	.000000E+00	.190678E+03				
122	.192858E+03	-.994076E+00	-.253808E+01	.000000E+00	.193407E+03				
121	.192858E+03	-.957705E+00	-.253808E+01	.000000E+00	.193389E+03				
CENTER	.191493E+03	-.975890E+00	-.253808E+01	.000000E+00	.192034E+03	.191527E+03	-.100935E+01	-.755	
STRAIN	.913267E-02	-.278209E-02	-.314239E-03	.000000E+00					
82									
84	.190181E+03	-.107644E+01	-.214476E+01	.000000E+00	.190758E+03				
85	.190181E+03	-.961235E+00	-.214476E+01	.000000E+00	.190700E+03				
123	.192256E+03	-.961235E+00	-.214476E+01	.000000E+00	.192774E+03				
122	.192256E+03	-.107644E+01	-.214476E+01	.000000E+00	.192833E+03				
CENTER	.191219E+03	-.101884E+01	-.214476E+01	.000000E+00	.191766E+03	.191243E+03	-.104276E+01	-.639	
STRAIN	.912021E-02	-.278021E-02	-.265542E-03	.000000E+00					
83									
85	.190368E+03	-.991672E+00	-.167624E+01	.000000E+00	.190887E+03				
86	.190368E+03	-.819829E+00	-.167624E+01	.000000E+00	.190801E+03				
124	.191867E+03	-.819829E+00	-.167624E+01	.000000E+00	.192300E+03				
123	.191867E+03	-.991672E+00	-.167624E+01	.000000E+00	.192387E+03				
CENTER	.191117E+03	-.905750E+00	-.167624E+01	.000000E+00	.191594E+03	.191132E+03	-.920381E+00	-.500	
STRAIN	.911377E-02	-.277338E-02	-.207534E-03	.000000E+00					
84									
86	.190581E+03	-.824749E+00	-.123963E+01	.000000E+00	.191007E+03				
87	.190581E+03	-.646600E+00	-.123963E+01	.000000E+00	.190917E+03				
125	.191621E+03	-.646600E+00	-.123963E+01	.000000E+00	.191957E+03				
124	.191621E+03	-.824749E+00	-.123963E+01	.000000E+00	.192047E+03				
CENTER	.191101E+03	-.735675E+00	-.123963E+01	.000000E+00	.191482E+03	.191105E+03	-.743685E+00	-.370	
STRAIN	.911056E-02	-.276505E-02	-.153478E-03	.000000E+00					
85									
87	.190776E+03	-.640104E+00	-.876877E+00	.000000E+00	.191103E+03				
88	.190776E+03	-.481911E+00	-.876877E+00	.000000E+00	.191023E+03				
126	.191469E+03	-.481911E+00	-.876877E+00	.000000E+00	.191717E+03				

125	.191469E+03	-.640104E+00	-.876877E+00	.000000E+00	.191796E+03			
CENTER	.191123E+03	-.561008E+00	-.876877E+00	.000000E+00	.191410E+03	.191127E+03	-.565019E+00	-.262
STRAIN	.910909E-02	-.275704E-02	-.108566E-03	.000000E+00				
86								
88	.190935E+03	-.471447E+00	-.596472E+00	.000000E+00	.191174E+03			
89	.190935E+03	-.342899E+00	-.596472E+00	.000000E+00	.191110E+03			
127	.191380E+03	-.342899E+00	-.596472E+00	.000000E+00	.191554E+03			
126	.191380E+03	-.471447E+00	-.596472E+00	.000000E+00	.191619E+03			
CENTER	.191158E+03	-.407173E+00	-.596472E+00	.000000E+00	.191364E+03	.191159E+03	-.409030E+00	-.178
STRAIN	.910856E-02	-.275021E-02	-.738489E-04	.000000E+00				
87								
89	.191057E+03	-.332174E+00	-.390989E+00	.000000E+00	.191225E+03			
90	.191057E+03	-.234071E+00	-.390989E+00	.000000E+00	.191176E+03			
128	.191329E+03	-.234071E+00	-.390989E+00	.000000E+00	.191448E+03			
127	.191329E+03	-.332174E+00	-.390989E+00	.000000E+00	.191497E+03			
CENTER	.191193E+03	-.283122E+00	-.390989E+00	.000000E+00	.191336E+03	.191194E+03	-.283920E+00	-.117
STRAIN	.910849E-02	-.274481E-02	-.484082E-04	.000000E+00				
88								
90	.191146E+03	-.224736E+00	-.246925E+00	.000000E+00	.191259E+03			
91	.191146E+03	-.153525E+00	-.246925E+00	.000000E+00	.191223E+03			
129	.191303E+03	-.153525E+00	-.246925E+00	.000000E+00	.191380E+03			
128	.191303E+03	-.224736E+00	-.246925E+00	.000000E+00	.191416E+03			
CENTER	.191224E+03	-.189131E+00	-.246925E+00	.000000E+00	.191319E+03	.191225E+03	-.189449E+00	-.074
STRAIN	.910862E-02	-.274078E-02	-.305717E-04	.000000E+00				
89								
91	.191207E+03	-.146140E+00	-.149808E+00	.000000E+00	.191281E+03			
92	.191207E+03	-.968247E-01	-.149808E+00	.000000E+00	.191256E+03			
130	.191291E+03	-.968247E-01	-.149808E+00	.000000E+00	.191339E+03			
129	.191291E+03	-.146140E+00	-.149808E+00	.000000E+00	.191364E+03			
CENTER	.191249E+03	-.121482E+00	-.149808E+00	.000000E+00	.191310E+03	.191249E+03	-.121600E+00	-.045
STRAIN	.910883E-02	-.273791E-02	-.185477E-04	.000000E+00				
90								
92	.191248E+03	-.914134E-01	-.865438E-01	.000000E+00	.191294E+03			
93	.191248E+03	-.591153E-01	-.865438E-01	.000000E+00	.191278E+03			
131	.191286E+03	-.591153E-01	-.865438E-01	.000000E+00	.191316E+03			
130	.191286E+03	-.914134E-01	-.865438E-01	.000000E+00	.191332E+03			
CENTER	.191267E+03	-.752643E-01	-.865438E-01	.000000E+00	.191305E+03	.191267E+03	-.753035E-01	-.026
STRAIN	.910903E-02	-.273597E-02	-.107149E-04	.000000E+00				
91								
93	.191273E+03	-.554885E-01	-.461749E-01	.000000E+00	.191301E+03			
94	.191273E+03	-.362376E-01	-.461749E-01	.000000E+00	.191292E+03			
132	.191285E+03	-.362376E-01	-.461749E-01	.000000E+00	.191303E+03			
131	.191285E+03	-.554885E-01	-.461749E-01	.000000E+00	.191313E+03			
CENTER	.191279E+03	-.458631E-01	-.461749E-01	.000000E+00	.191302E+03	.191279E+03	-.458742E-01	-.014
STRAIN	.910918E-02	-.273474E-02	-.571689E-05	.000000E+00				
92								
94	.191287E+03	-.341715E-01	-.197906E-01	.000000E+00	.191304E+03			
95	.191287E+03	-.252358E-01	-.197906E-01	.000000E+00	.191300E+03			
133	.191285E+03	-.252358E-01	-.197906E-01	.000000E+00	.191298E+03			
132	.191285E+03	-.341715E-01	-.197906E-01	.000000E+00	.191302E+03			
CENTER	.191286E+03	-.297036E-01	-.197906E-01	.000000E+00	.191301E+03	.191286E+03	-.297057E-01	-.006
STRAIN	.910928E-02	-.273407E-02	-.245026E-05	.000000E+00				
93								
95	.191291E+03	-.245667E-01	.289762E-06	.000000E+00	.191304E+03			
96	.191291E+03	-.245667E-01	.289762E-06	.000000E+00	.191304E+03			
134	.191285E+03	-.245667E-01	.289762E-06	.000000E+00	.191297E+03			
133	.191285E+03	-.245667E-01	.289762E-06	.000000E+00	.191297E+03			
CENTER	.191288E+03	-.245667E-01	.289762E-06	.000000E+00	.191301E+03	.191288E+03	-.245667E-01	.000
STRAIN	.910931E-02	-.273386E-02	.358753E-10	.000000E+00				
94								
96	.191287E+03	-.252358E-01	.197912E-01	.000000E+00	.191300E+03			
97	.191287E+03	-.341715E-01	.197912E-01	.000000E+00	.191304E+03			
135	.191285E+03	-.341715E-01	.197912E-01	.000000E+00	.191302E+03			
134	.191285E+03	-.252358E-01	.197912E-01	.000000E+00	.191298E+03			
CENTER	.191286E+03	-.297037E-01	.197912E-01	.000000E+00	.191301E+03	.191286E+03	-.297057E-01	.006
STRAIN	.910928E-02	-.273407E-02	.245033E-05	.000000E+00				

95									
	.97	.191273E+03	-.362377E-01	.461756E-01	.000000E+00	.191292E+03			
	98	.191273E+03	-.554884E-01	.461756E-01	.000000E+00	.191301E+03			
	136	.191285E+03	-.554884E-01	.461756E-01	.000000E+00	.191313E+03			
	135	.191285E+03	-.362377E-01	.461756E-01	.000000E+00	.191303E+03			
	CENTER	.191279E+03	-.458631E-01	.461756E-01	.000000E+00	.191302E+03	.191279E+03	-.458742E-01	.014
	STRAIN	.910918E-02	-.273474E-02	.571698E-05	.000000E+00				
96									
	98	.191248E+03	-.591153E-01	.865443E-01	.000000E+00	.191278E+03			
	99	.191248E+03	-.914133E-01	.865443E-01	.000000E+00	.191294E+03			
	137	.191286E+03	-.914133E-01	.865443E-01	.000000E+00	.191332E+03			
	136	.191286E+03	-.591153E-01	.865443E-01	.000000E+00	.191316E+03			
	CENTER	.191267E+03	-.752643E-01	.865443E-01	.000000E+00	.191305E+03	.191267E+03	-.753034E-01	.026
	STRAIN	.910903E-02	-.273597E-02	.107150E-04	.000000E+00				
97									
	99	.191207E+03	-.968246E-01	.149809E+00	.000000E+00	.191256E+03			
	100	.191207E+03	-.146141E+00	.149809E+00	.000000E+00	.191281E+03			
	138	.191291E+03	-.146141E+00	.149809E+00	.000000E+00	.191364E+03			
	137	.191291E+03	-.968246E-01	.149809E+00	.000000E+00	.191339E+03			
	CENTER	.191249E+03	-.121483E+00	.149809E+00	.000000E+00	.191310E+03	.191249E+03	-.121600E+00	.045
	STRAIN	.910883E-02	-.273791E-02	.185477E-04	.000000E+00				
98									
	100	.191146E+03	-.153526E+00	.246926E+00	.000000E+00	.191223E+03			
	101	.191146E+03	-.224738E+00	.246926E+00	.000000E+00	.191259E+03			
	139	.191303E+03	-.224738E+00	.246926E+00	.000000E+00	.191416E+03			
	138	.191303E+03	-.153526E+00	.246926E+00	.000000E+00	.191380E+03			
	CENTER	.191224E+03	-.189132E+00	.246926E+00	.000000E+00	.191319E+03	.191225E+03	-.189450E+00	.074
	STRAIN	.910862E-02	-.274078E-02	.305718E-04	.000000E+00				
99									
	101	.191057E+03	-.234072E+00	.390991E+00	.000000E+00	.191176E+03			
	102	.191057E+03	-.332175E+00	.390991E+00	.000000E+00	.191225E+03			
	140	.191329E+03	-.332175E+00	.390991E+00	.000000E+00	.191497E+03			
	139	.191329E+03	-.234072E+00	.390991E+00	.000000E+00	.191448E+03			
	CENTER	.191193E+03	-.283124E+00	.390991E+00	.000000E+00	.191336E+03	.191194E+03	-.283922E+00	.117
	STRAIN	.910849E-02	-.274481E-02	.484084E-04	.000000E+00				
100									
	102	.190935E+03	-.342901E+00	.596474E+00	.000000E+00	.191110E+03			
	103	.190935E+03	-.471449E+00	.596474E+00	.000000E+00	.191174E+03			
	141	.191380E+03	-.471449E+00	.596474E+00	.000000E+00	.191619E+03			
	140	.191380E+03	-.342901E+00	.596474E+00	.000000E+00	.191554E+03			
	CENTER	.191158E+03	-.407175E+00	.596474E+00	.000000E+00	.191364E+03	.191159E+03	-.409032E+00	.178
	STRAIN	.910856E-02	-.275021E-02	.738492E-04	.000000E+00				
101									
	103	.190776E+03	-.481912E+00	.876879E+00	.000000E+00	.191023E+03			
	104	.190776E+03	-.640105E+00	.876879E+00	.000000E+00	.191103E+03			
	142	.191469E+03	-.640105E+00	.876879E+00	.000000E+00	.191796E+03			
	141	.191469E+03	-.481912E+00	.876879E+00	.000000E+00	.191717E+03			
	CENTER	.191123E+03	-.561009E+00	.876879E+00	.000000E+00	.191410E+03	.191127E+03	-.565020E+00	.262
	STRAIN	.910909E-02	-.275704E-02	.108566E-03	.000000E+00				
102									
	104	.190581E+03	-.646601E+00	.123963E+01	.000000E+00	.190917E+03			
	105	.190581E+03	-.824750E+00	.123963E+01	.000000E+00	.191007E+03			
	143	.191621E+03	-.824750E+00	.123963E+01	.000000E+00	.192047E+03			
	142	.191621E+03	-.646601E+00	.123963E+01	.000000E+00	.191957E+03			
	CENTER	.191101E+03	-.735676E+00	.123963E+01	.000000E+00	.191482E+03	.191109E+03	-.743686E+00	.370
	STRAIN	.911056E-02	-.276505E-02	.153479E-03	.000000E+00				
103									
	105	.190368E+03	-.819830E+00	.167624E+01	.000000E+00	.190801E+03			
	106	.190368E+03	-.991672E+00	.167624E+01	.000000E+00	.190887E+03			
	144	.191867E+03	-.991672E+00	.167624E+01	.000000E+00	.192387E+03			
	143	.191867E+03	-.819830E+00	.167624E+01	.000000E+00	.192300E+03			
	CENTER	.191117E+03	-.905751E+00	.167624E+01	.000000E+00	.191594E+03	.191132E+03	-.920082E+00	.500
	STRAIN	.911377E-02	-.277338E-02	.207535E-03	.000000E+00				
104									
	106	.190181E+03	-.961235E+00	.214476E+01	.000000E+00	.190700E+03			
	107	.190181E+03	-.107644E+01	.214476E+01	.000000E+00	.190759E+03			



145	.192256E+03	-.107644E+01	.214476E+01	.000000E+00	.192833E+03				
144	.192256E+03	-.961235E+00	.214476E+01	.000000E+00	.192774E+03				
CENTER	.191219E+03	-.101884E+01	.214476E+01	.000000E+00	.191766E+03	.191243E+03	-.104277E+01		.639
STRAIN	.912021E-02	-.278021E-02	.265542E-03	.000000E+00					
105									
107	.190128E+03	-.994076E+00	.253808E+01	.000000E+00	.190678E+03				
108	.190128E+03	-.957704E+00	.253808E+01	.000000E+00	.190660E+03				
146	.192858E+03	-.957704E+00	.253808E+01	.000000E+00	.193389E+03				
145	.192858E+03	-.994076E+00	.253808E+01	.000000E+00	.193407E+03				
CENTER	.191493E+03	-.975890E+00	.253808E+01	.000000E+00	.192034E+03	.191527E+03	-.100935E+01		.755
STRAIN	.913267E-02	-.278209E-02	.314239E-03	.000000E+00					
106									
108	.190421E+03	-.775711E+00	.263318E+01	.000000E+00	.190864E+03				
109	.190421E+03	-.453945E+00	.263318E+01	.000000E+00	.190702E+03				
147	.193780E+03	-.453945E+00	.263318E+01	.000000E+00	.194061E+03				
146	.193780E+03	-.775711E+00	.263318E+01	.000000E+00	.194222E+03				
CENTER	.192100E+03	-.614828E+00	.263318E+01	.000000E+00	.192462E+03	.192136E+03	-.650800E+00		.783
STRAIN	.915640E-02	-.277356E-02	.326012E-03	.000000E+00					
107									
109	.191516E+03	-.850916E-01	.198295E+01	.000000E+00	.191589E+03				
110	.191516E+03	.870246E+00	.198295E+01	.000000E+00	.191113E+03				
148	.195143E+03	.870246E+00	.198295E+01	.000000E+00	.194740E+03				
147	.195143E+03	-.850916E-01	.198295E+01	.000000E+00	.195216E+03				
CENTER	.193330E+03	.392577E+00	.198295E+01	.000000E+00	.193164E+03	.193350E+03	.372199E+00		.589
STRAIN	.920056E-02	-.274316E-02	.245509E-03	.000000E+00					
108									
110	.194079E+03	.155181E+01	-.159072E+00	.000000E+00	.193308E+03				
111	.194079E+03	.366728E+01	-.159072E+00	.000000E+00	.192271E+03				
149	.197124E+03	.366728E+01	-.159072E+00	.000000E+00	.195317E+03				
148	.197124E+03	.155181E+01	-.159072E+00	.000000E+00	.196353E+03				
CENTER	.195601E+03	.260954E+01	-.159072E+00	.000000E+00	.194310E+03	.195602E+03	.260941E+01		-.047
STRAIN	.927707E-02	-.267004E-02	-.196947E-04	.000000E+00					
109									
111	.199698E+03	.480634E+01	-.527035E+01	.000000E+00	.197550E+03				
112	.199698E+03	.111875E+02	-.527035E+01	.000000E+00	.194560E+03				
150	.199098E+03	.111875E+02	-.527035E+01	.000000E+00	.193962E+03				
149	.199098E+03	.480634E+01	-.527035E+01	.000000E+00	.196951E+03				
CENTER	.199398E+03	.799690E+01	-.527035E+01	.000000E+00	.195736E+03	.199543E+03	.785189E+01		-1.576
STRAIN	.938091E-02	-.246774E-02	-.652520E-03	.000000E+00					
110									
112	.203481E+03	.121493E+02	-.125209E+02	.000000E+00	.198872E+03				
113	.203481E+03	.311281E+02	-.125209E+02	.000000E+00	.191075E+03				
151	.201728E+03	.311281E+02	-.125209E+02	.000000E+00	.189351E+03				
150	.201728E+03	.121493E+02	-.125209E+02	.000000E+00	.197132E+03				
CENTER	.202604E+03	.216387E+02	-.125209E+02	.000000E+00	.193915E+03	.203466E+03	.207765E+02		-3.939
STRAIN	.933870E-02	-.186393E-02	-.155020E-02	.000000E+00					
111									
113	.202167E+03	.306495E+02	-.183731E+02	.000000E+00	.191383E+03				
114	.202167E+03	.603027E+02	-.183731E+02	.000000E+00	.182563E+03				
152	.199851E+03	.603027E+02	-.183731E+02	.000000E+00	.180383E+03				
151	.199851E+03	.306495E+02	-.183731E+02	.000000E+00	.189122E+03				
CENTER	.201009E+03	.454761E+02	-.183731E+02	.000000E+00	.185322E+03	.203150E+03	.433352E+02		-6.646
STRAIN	.892220E-02	-.706028E-03	-.227476E-02	.000000E+00					
112									
115	.200571E+03	.606278E+02	.161665E+02	.000000E+00	.180356E+03				
116	.200571E+03	.351255E+02	.161665E+02	.000000E+00	.187621E+03				
154	.203614E+03	.351255E+02	.161665E+02	.000000E+00	.199590E+03				
153	.203614E+03	.606278E+02	.161665E+02	.000000E+00	.183232E+03				
CENTER	.202093E+03	.478767E+02	.161665E+02	.000000E+00	.185046E+03	.203769E+03	.462001E+02		5.921
STRAIN	.893951E-02	-.607197E-03	.200157E-02	.000000E+00					

STRESS OUTPUT FOR 2/D ELEMENT GROUP 2 CASE NO. 1  
(PLANE STRESS)

ELEMENT NUMBER	STRESS NODE	OUTPUT	SIGMA-X	SIGMA-Y	TAU-XY	SIGMA-Z	VON MISES	SIGMA-P+	SIGMA-P-	ANGLE
113	116		.203388E+03	.341695E+02	.142239E+02	.000000E+00	.190240E+03			
	117		.203388E+03	.201740E+02	.142239E+02	.000000E+00	.195646E+03			
	155		.194424E+03	.201740E+02	.142239E+02	.000000E+00	.186795E+03			
	154		.194424E+03	.341695E+02	.142239E+02	.000000E+00	.181471E+03			
	CENTER		.198906E+03	.271717E+02	.142239E+02	.000000E+00	.188426E+03	.200076E+03	.260016E+02	4.703
	STRAIN		.908354E-02	-.154762E-02	.176105E-02	.000000E+00				
114	117		.201105E+03	.200080E+02	.771076E+01	.000000E+00	.192349E+03			
	118		.201105E+03	.936521E+01	.771076E+01	.000000E+00	.197043E+03			
	156		.195600E+03	.936521E+01	.771076E+01	.000000E+00	.191556E+03			
	155		.195600E+03	.200080E+02	.771076E+01	.000000E+00	.186881E+03			
	CENTER		.198353E+03	.146866E+02	.771076E+01	.000000E+00	.191898E+03	.198676E+03	.143635E+02	2.400
	STRAIN		.923555E-02	-.213425E-02	.954665E-03	.000000E+00				
115	118		.198250E+03	.905686E+01	.254490E+01	.000000E+00	.193930E+03			
	119		.198250E+03	.366576E+01	.254490E+01	.000000E+00	.196492E+03			
	157		.196400E+03	.366576E+01	.254490E+01	.000000E+00	.194643E+03			
	156		.196400E+03	.905686E+01	.254490E+01	.000000E+00	.192082E+03			
	CENTER		.197325E+03	.636131E+01	.254490E+01	.000000E+00	.194272E+03	.197359E+03	.632740E+01	.763
	STRAIN		.930555E-02	-.251601E-02	.315083E-03	.000000E+00				
116	119		.195616E+03	.323483E+01	-.358239E+00	.000000E+00	.194020E+03			
	120		.195616E+03	.703754E+00	-.358239E+00	.000000E+00	.195266E+03			
	158		.196161E+03	.703754E+00	-.358239E+00	.000000E+00	.195811E+03			
	157		.196161E+03	.323483E+01	-.358239E+00	.000000E+00	.194565E+03			
	CENTER		.195888E+03	.196929E+01	-.358239E+00	.000000E+00	.194912E+03	.195889E+03	.196863E+01	-.106
	STRAIN		.929989E-02	-.270463E-02	-.443535E-04	.000000E+00				
117	120		.193907E+03	.321081E+00	-.156367E+01	.000000E+00	.193766E+03			
	121		.193907E+03	-.701104E+00	-.156367E+01	.000000E+00	.194277E+03			
	159		.195319E+03	-.701104E+00	-.156367E+01	.000000E+00	.195689E+03			
	158		.195319E+03	.321081E+00	-.156367E+01	.000000E+00	.195177E+03			
	CENTER		.194613E+03	-.190012E+00	-.156367E+01	.000000E+00	.194727E+03	.194625E+03	-.202562E+00	-.460
	STRAIN		.926999E-02	-.278923E-02	-.193597E-03	.000000E+00				
118	121		.192816E+03	-.100477E+01	-.185771E+01	.000000E+00	.193347E+03			
	122		.192816E+03	-.122734E+01	-.185771E+01	.000000E+00	.193460E+03			
	160		.194385E+03	-.122734E+01	-.185771E+01	.000000E+00	.195028E+03			
	159		.194385E+03	-.100477E+01	-.185771E+01	.000000E+00	.194916E+03			
	CENTER		.193601E+03	-.111605E+01	-.185771E+01	.000000E+00	.194188E+03	.193618E+03	-.113378E+01	-.547
	STRAIN		.923502E-02	-.281887E-02	-.230003E-03	.000000E+00				
119	122		.192149E+03	-.145350E+01	-.171647E+01	.000000E+00	.192903E+03			
	123		.192149E+03	-.129722E+01	-.171647E+01	.000000E+00	.192824E+03			
	161		.193544E+03	-.129722E+01	-.171647E+01	.000000E+00	.194219E+03			
	160		.193544E+03	-.145350E+01	-.171647E+01	.000000E+00	.194298E+03			
	CENTER		.192847E+03	-.137536E+01	-.171647E+01	.000000E+00	.193561E+03	.192862E+03	-.139053E+01	-.506
	STRAIN		.920283E-02	-.282045E-02	-.212516E-03	.000000E+00				
120	123		.191747E+03	-.145952E+01	-.141240E+01	.000000E+00	.192496E+03			
	124		.191747E+03	-.115289E+01	-.141240E+01	.000000E+00	.192342E+03			
	162		.192864E+03	-.115289E+01	-.141240E+01	.000000E+00	.193459E+03			
	161		.192864E+03	-.145952E+01	-.141240E+01	.000000E+00	.193614E+03			
	CENTER		.192306E+03	-.130621E+01	-.141240E+01	.000000E+00	.192978E+03	.192316E+03	-.131651E+01	-.418
	STRAIN		.917608E-02	-.280942E-02	-.174868E-03	.000000E+00				
121	124		.191512E+03	-.126545E+01	-.108193E+01	.000000E+00	.192157E+03			
	125		.191512E+03	-.932465E+00	-.108193E+01	.000000E+00	.191989E+03			
	163		.192349E+03	-.932465E+00	-.108193E+01	.000000E+00	.192826E+03			
	162		.192349E+03	-.126545E+01	-.108193E+01	.000000E+00	.192994E+03			
	CENTER		.191931E+03	-.109896E+01	-.108193E+01	.000000E+00	.192491E+03	.191937E+03	-.110502E+01	-.321

162

122	STRAIN	.915525E-02	-.279420E-02	-.133953E-03	.000000E+00				
	125	.191380E+03	-.100801E+01	-.786750E+00	.000000E+00	.191891E+03			
	126	.191380E+03	-.707453E+00	-.786750E+00	.000000E+00	.191740E+03			
	164	.191977E+03	-.707453E+00	-.786750E+00	.000000E+00	.192337E+03			
	163	.191977E+03	-.100801E+01	-.786750E+00	.000000E+00	.192488E+03			
	CENTER	.191679E+03	-.857734E+00	-.786750E+00	.000000E+00	.192114E+03	.191682E+03	-.860949E+00	-.234
	STRAIN	.913981E-02	-.277911E-02	-.974072E-04	.000000E+00				
123	126	.191312E+03	-.756437E+00	-.548227E+00	.000000E+00	.191693E+03			
	127	.191312E+03	-.510708E+00	-.548227E+00	.000000E+00	.191570E+03			
	165	.191719E+03	-.510708E+00	-.548227E+00	.000000E+00	.191977E+03			
	164	.191719E+03	-.756437E+00	-.548227E+00	.000000E+00	.192101E+03			
	CENTER	.191515E+03	-.633572E+00	-.548227E+00	.000000E+00	.191835E+03	.191517E+03	-.635136E+00	-.163
	STRAIN	.912883E-02	-.276610E-02	-.678757E-04	.000000E+00				
124	127	.191280E+03	-.541304E+00	-.367711E+00	.000000E+00	.191552E+03			
	128	.191280E+03	-.353201E+00	-.367711E+00	.000000E+00	.191458E+03			
	166	.191547E+03	-.353201E+00	-.367711E+00	.000000E+00	.191725E+03			
	165	.191547E+03	-.541304E+00	-.367711E+00	.000000E+00	.191819E+03			
	CENTER	.191413E+03	-.447252E+00	-.367711E+00	.000000E+00	.191638E+03	.191414E+03	-.447957E+00	-.110
	STRAIN	.912131E-02	-.275578E-02	-.455261E-04	.000000E+00				
125	128	.191269E+03	-.371527E+00	-.237701E+00	.000000E+00	.191455E+03			
	129	.191269E+03	-.234772E+00	-.237701E+00	.000000E+00	.191337E+03			
	167	.191436E+03	-.234772E+00	-.237701E+00	.000000E+00	.191554E+03			
	166	.191436E+03	-.371527E+00	-.237701E+00	.000000E+00	.191622E+03			
	CENTER	.191352E+03	-.303150E+00	-.237701E+00	.000000E+00	.191505E+03	.191353E+03	-.303445E+00	-.071
	STRAIN	.911635E-02	-.274804E-02	-.294297E-04	.000000E+00				
126	129	.191268E+03	-.245228E+00	-.147798E+00	.000000E+00	.191391E+03			
	130	.191268E+03	-.150425E+00	-.147798E+00	.000000E+00	.191343E+03			
	168	.191367E+03	-.150425E+00	-.147798E+00	.000000E+00	.191443E+03			
	167	.191367E+03	-.245228E+00	-.147798E+00	.000000E+00	.191490E+03			
	CENTER	.191317E+03	-.197826E+00	-.147798E+00	.000000E+00	.191417E+03	.191318E+03	-.197940E+00	-.044
	STRAIN	.911318E-02	-.274253E-02	-.182988E-04	.000000E+00				
127	130	.191271E+03	-.156051E+00	-.876066E-01	.000000E+00	.191349E+03			
	131	.191271E+03	-.939204E-01	-.876066E-01	.000000E+00	.191318E+03			
	169	.191326E+03	-.939204E-01	-.876066E-01	.000000E+00	.191373E+03			
	168	.191326E+03	-.156051E+00	-.876066E-01	.000000E+00	.191405E+03			
	CENTER	.191299E+03	-.124986E+00	-.876066E-01	.000000E+00	.191361E+03	.191299E+03	-.125026E+00	-.026
	STRAIN	.911125E-02	-.273879E-02	-.108465E-04	.000000E+00				
128	131	.191275E+03	-.967301E-01	-.479182E-01	.000000E+00	.191324E+03			
	132	.191275E+03	-.596785E-01	-.479182E-01	.000000E+00	.191305E+03			
	170	.191304E+03	-.596785E-01	-.479182E-01	.000000E+00	.191333E+03			
	169	.191304E+03	-.967301E-01	-.479182E-01	.000000E+00	.191352E+03			
	CENTER	.191289E+03	-.782043E-01	-.479182E-01	.000000E+00	.191328E+03	.191289E+03	-.782163E-01	-.014
	STRAIN	.911013E-02	-.273643E-02	-.593273E-05	.000000E+00				
129	132	.191278E+03	-.609187E-01	-.209366E-01	.000000E+00	.191309E+03			
	133	.191278E+03	-.437157E-01	-.209366E-01	.000000E+00	.191300E+03			
	171	.191292E+03	-.437157E-01	-.209366E-01	.000000E+00	.191314E+03			
	170	.191292E+03	-.609187E-01	-.209366E-01	.000000E+00	.191323E+03			
	CENTER	.191285E+03	-.523172E-01	-.209366E-01	.000000E+00	.191311E+03	.191285E+03	-.523195E-01	-.006
	STRAIN	.910957E-02	-.273514E-02	-.259215E-05	.000000E+00				
130	133	.191279E+03	-.440583E-01	.153206E-06	.000000E+00	.191301E+03			
	134	.191279E+03	-.440595E-01	.153206E-06	.000000E+00	.191301E+03			
	172	.191289E+03	-.440595E-01	.153206E-06	.000000E+00	.191311E+03			
	171	.191289E+03	-.440583E-01	.153206E-06	.000000E+00	.191311E+03			
	CENTER	.191284E+03	-.440589E-01	.153206E-06	.000000E+00	.191306E+03	.191284E+03	-.440589E-01	.000
	STRAIN	.910940E-02	-.273473E-02	.189683E-10	.000000E+00				
131									

134	.191278E+03	-.437168E-01	.209380E-01	.000000E+00	.191300E+03		
135	.191278E+03	-.609185E-01	.209380E-01	.000000E+00	.191309E+03		
173	.191292E+03	-.609185E-01	.209380E-01	.000000E+00	.191323E+03		
172	.191292E+03	-.437168E-01	.209380E-01	.000000E+00	.191314E+03		
CENTER	.191285E+03	-.523177E-01	.209380E-01	.000000E+00	.191311E+03	.191285E+03	-.523199E-01
STRAIN	.910957E-02	-.273514E-02	.259232E-05	.000000E+00			.006
132							
135	.191275E+03	-.596789E-01	.479195E-01	.000000E+00	.191305E+03		
136	.191275E+03	-.967290E-01	.479195E-01	.000000E+00	.191324E+03		
174	.191304E+03	-.967290E-01	.479195E-01	.000000E+00	.191352E+03		
173	.191304E+03	-.596789E-01	.479195E-01	.000000E+00	.191333E+03		
CENTER	.191289E+03	-.782039E-01	.479195E-01	.000000E+00	.191328E+03	.191289E+03	-.782159E-01
STRAIN	.911013E-02	-.273643E-02	.593289E-05	.000000E+00			.014
133							
136	.191271E+03	-.939190E-01	.876066E-01	.000000E+00	.191318E+03		
137	.191271E+03	-.156051E+00	.876066E-01	.000000E+00	.191349E+03		
175	.191326E+03	-.156051E+00	.876066E-01	.000000E+00	.191405E+03		
174	.191326E+03	-.939190E-01	.876066E-01	.000000E+00	.191373E+03		
CENTER	.191299E+03	-.124985E+00	.876066E-01	.000000E+00	.191361E+03	.191299E+03	-.125025E+00
STRAIN	.911125E-02	-.273879E-02	.108465E-04	.000000E+00			.026
134							
137	.191268E+03	-.150425E+00	.147798E+00	.000000E+00	.191343E+03		
138	.191268E+03	-.245229E+00	.147798E+00	.000000E+00	.191391E+03		
176	.191367E+03	-.245229E+00	.147798E+00	.000000E+00	.191490E+03		
175	.191367E+03	-.150425E+00	.147798E+00	.000000E+00	.191443E+03		
CENTER	.191317E+03	-.197827E+00	.147798E+00	.000000E+00	.191417E+03	.191318E+03	-.197941E+00
STRAIN	.911318E-02	-.274253E-02	.182938E-04	.000000E+00			.044
135							
138	.191269E+03	-.234773E+00	.237702E+00	.000000E+00	.191387E+03		
139	.191269E+03	-.371530E+00	.237702E+00	.000000E+00	.191455E+03		
177	.191436E+03	-.371530E+00	.237702E+00	.000000E+00	.191622E+03		
176	.191436E+03	-.234773E+00	.237702E+00	.000000E+00	.191554E+03		
CENTER	.191352E+03	-.303152E+00	.237702E+00	.000000E+00	.191505E+03	.191353E+03	-.303446E+00
STRAIN	.911635E-02	-.274804E-02	.294297E-04	.000000E+00			.071
136							
139	.191280E+03	-.353204E+00	.367712E+00	.000000E+00	.191458E+03		
140	.191280E+03	-.541307E+00	.367712E+00	.000000E+00	.191552E+03		
178	.191547E+03	-.541307E+00	.367712E+00	.000000E+00	.191819E+03		
177	.191547E+03	-.353204E+00	.367712E+00	.000000E+00	.191725E+03		
CENTER	.191413E+03	-.447255E+00	.367712E+00	.000000E+00	.191638E+03	.191414E+03	-.447360E+00
STRAIN	.912131E-02	-.275578E-02	.455263E-04	.000000E+00			.110
137							
140	.191312E+03	-.510711E+00	.548229E+00	.000000E+00	.191570E+03		
141	.191312E+03	-.756439E+00	.548229E+00	.000000E+00	.191693E+03		
179	.191719E+03	-.756439E+00	.548229E+00	.000000E+00	.192101E+03		
178	.191719E+03	-.510711E+00	.548229E+00	.000000E+00	.191377E+03		
CENTER	.191515E+03	-.633575E+00	.548229E+00	.000000E+00	.191835E+03	.191517E+03	-.635139E+00
STRAIN	.912883E-02	-.276610E-02	.678760E-04	.000000E+00			.163
138							
141	.191380E+03	-.707456E+00	.786752E+00	.000000E+00	.191740E+03		
142	.191380E+03	-.100802E+01	.786752E+00	.000000E+00	.191891E+03		
180	.191977E+03	-.100802E+01	.786752E+00	.000000E+00	.192488E+03		
179	.191977E+03	-.707456E+00	.786752E+00	.000000E+00	.192337E+03		
CENTER	.191679E+03	-.857736E+00	.786752E+00	.000000E+00	.192114E+03	.191682E+03	-.860951E+00
STRAIN	.913981E-02	-.277911E-02	.974074E-04	.000000E+00			.204
139							
142	.191512E+03	-.932466E+00	.108193E+01	.000000E+00	.191989E+03		
143	.191512E+03	-.126545E+01	.108193E+01	.000000E+00	.192157E+03		
181	.192349E+03	-.126545E+01	.108193E+01	.000000E+00	.192994E+03		
180	.192349E+03	-.932466E+00	.108193E+01	.000000E+00	.192826E+03		
CENTER	.191931E+03	-.109896E+01	.108193E+01	.000000E+00	.192491E+03	.191937E+03	-.110502E+01
STRAIN	.915525E-02	-.279420E-02	.133953E-03	.000000E+00			.321
140							
143	.191747E+03	-.115289E+01	.141240E+01	.000000E+00	.192342E+03		
144	.191747E+03	-.145952E+01	.141240E+01	.000000E+00	.192496E+03		
182	.192864E+03	-.145952E+01	.141240E+01	.000000E+00	.193614E+03		

181	.192864E+03	-.115289E+01	.141240E+01	.000000E+00	.193459E+03			
CENTER	.192306E+03	-.130621E+01	.141240E+01	.000000E+00	.192978E+03	.192316E+03	-.131651E+01	.418
STRAIN	.917608E-02	-.280943E-02	.174869E-03	.000000E+00				
141								
144	.192149E+03	-.129722E+01	.171647E+01	.000000E+00	.192824E+03			
145	.192149E+03	-.145350E+01	.171647E+01	.000000E+00	.192903E+03			
183	.193544E+03	-.145350E+01	.171647E+01	.000000E+00	.194298E+03			
182	.193544E+03	-.129722E+01	.171647E+01	.000000E+00	.194219E+03			
CENTER	.192847E+03	-.137536E+01	.171647E+01	.000000E+00	.193561E+03	.192862E+03	-.139053E+01	.506
STRAIN	.920283E-02	-.282045E-02	.212516E-03	.000000E+00				
142								
145	.192816E+03	-.122733E+01	.185771E+01	.000000E+00	.193460E+03			
146	.192816E+03	-.100477E+01	.185771E+01	.000000E+00	.193347E+03			
184	.194385E+03	-.100477E+01	.185771E+01	.000000E+00	.194916E+03			
183	.194385E+03	-.122733E+01	.185771E+01	.000000E+00	.195028E+03			
CENTER	.193601E+03	-.111605E+01	.185771E+01	.000000E+00	.194188E+03	.193618E+03	-.113377E+01	.547
STRAIN	.923502E-02	-.281887E-02	.230003E-03	.000000E+00				
143								
146	.193907E+03	-.701101E+00	.156367E+01	.000000E+00	.194277E+03			
147	.193907E+03	.321088E+00	.156367E+01	.000000E+00	.193766E+03			
185	.195319E+03	.321088E+00	.156367E+01	.000000E+00	.195177E+03			
184	.195319E+03	-.701101E+00	.156367E+01	.000000E+00	.195689E+03			
CENTER	.194613E+03	-.190007E+00	.156367E+01	.000000E+00	.194727E+03	.194625E+03	-.202557E+00	.460
STRAIN	.926399E-02	-.278923E-02	.193597E-03	.000000E+00				
144								
147	.195616E+03	.703762E+00	.358234E+00	.000000E+00	.195266E+03			
148	.195616E+03	.323484E+01	.358234E+00	.000000E+00	.194020E+03			
186	.196161E+03	.323484E+01	.358234E+00	.000000E+00	.194565E+03			
185	.196161E+03	.703762E+00	.358234E+00	.000000E+00	.195811E+03			
CENTER	.195888E+03	.196930E+01	.358234E+00	.000000E+00	.194912E+03	.195889E+03	.196864E+01	.106
STRAIN	.929989E-02	-.270463E-02	.443528E-04	.000000E+00				
145								
148	.198250E+03	.366577E+01	-.254491E+01	.000000E+00	.196492E+03			
149	.198250E+03	.906687E+01	-.254491E+01	.000000E+00	.193330E+03			
187	.196400E+03	.906687E+01	-.254491E+01	.000000E+00	.192082E+03			
186	.196400E+03	.366577E+01	-.254491E+01	.000000E+00	.194643E+03			
CENTER	.197325E+03	.636132E+01	-.254491E+01	.000000E+00	.194272E+03	.197359E+03	.632741E+01	-7.763
STRAIN	.930554E-02	-.251601E-02	-.315084E-03	.000000E+00				
146								
149	.201105E+03	.936522E+01	-.771076E+01	.000000E+00	.197643E+03			
150	.201105E+03	.200080E+02	-.771076E+01	.000000E+00	.192349E+03			
188	.195600E+03	.200080E+02	-.771076E+01	.000000E+00	.186881E+03			
187	.195600E+03	.936522E+01	-.771076E+01	.000000E+00	.191556E+03			
CENTER	.198353E+03	.146866E+02	-.771076E+01	.000000E+00	.191898E+03	.198676E+03	.143635E+02	-2.400
STRAIN	.923555E-02	-.213425E-02	-.954666E-03	.000000E+00				
147								
150	.203388E+03	.201740E+02	-.142239E+02	.000000E+00	.195646E+03			
151	.203388E+03	.341695E+02	-.142239E+02	.000000E+00	.190240E+03			
189	.194424E+03	.341695E+02	-.142239E+02	.000000E+00	.181471E+03			
188	.194424E+03	.201740E+02	-.142239E+02	.000000E+00	.186795E+03			
CENTER	.198906E+03	.271717E+02	-.142239E+02	.000000E+00	.188426E+03	.200076E+03	.260016E+02	-4.703
STRAIN	.908354E-02	-.154762E-02	-.176105E-02	.000000E+00				
148								
151	.200571E+03	.351255E+02	-.161665E+02	.000000E+00	.187621E+03			
152	.200571E+03	.606278E+02	-.161665E+02	.000000E+00	.180356E+03			
190	.203614E+03	.606278E+02	-.161665E+02	.000000E+00	.182332E+03			
189	.203614E+03	.351255E+02	-.161665E+02	.000000E+00	.190590E+03			
CENTER	.202093E+03	.478767E+02	-.161665E+02	.000000E+00	.185046E+03	.203769E+03	.462001E+02	-5.921
STRAIN	.893951E-02	-.607197E-03	-.200157E-02	.000000E+00				
149								
153	.203987E+03	.554610E+02	.223263E+02	.000000E+00	.186731E+03			
154	.203987E+03	.427749E+02	.223263E+02	.000000E+00	.190290E+03			
192	.165753E+03	.427749E+02	.223263E+02	.000000E+00	.153978E+03			
191	.165753E+03	.554610E+02	.223263E+02	.000000E+00	.151171E+03			
CENTER	.184870E+03	.491179E+02	.223263E+02	.000000E+00	.170307E+03	.188448E+03	.455403E+02	9.104
STRAIN	.810165E-02	-.302051E-03	.276421E-02	.000000E+00				

150	154	.196702E+03	.442141E+02	.124819E+02	.000000E+00	.188047E+03			
	155	.196702E+03	.253139E+02	.124819E+02	.000000E+00	.186602E+03			
	193	.182633E+03	.253139E+02	.124819E+02	.000000E+00	.172742E+03			
	192	.182633E+03	.442141E+02	.124819E+02	.000000E+00	.166440E+03			
	CENTER	.189667E+03	.347640E+02	.124819E+02	.000000E+00	.176227E+03	.190667E+03	.337647E+02	4.577
	STRAIN	.853516E-02	-.105411E-02	.154538E-02	.000000E+00				
151	155	.197191E+03	.265584E+02	.650088E+01	.000000E+00	.185686E+03			
	156	.197191E+03	.134226E+02	.650088E+01	.000000E+00	.191166E+03			
	194	.190441E+03	.134226E+02	.650088E+01	.000000E+00	.184441E+03			
	193	.190441E+03	.265584E+02	.650088E+01	.000000E+00	.179003E+03			
	CENTER	.193816E+03	.199905E+02	.650088E+01	.000000E+00	.184977E+03	.194059E+03	.197477E+02	2.139
	STRAIN	.894375E-02	-.181687E-02	.804870E-03	.000000E+00				
152	156	.197462E+03	.140161E+02	.276391E+01	.000000E+00	.190901E+03			
	157	.197462E+03	.579055E+01	.276391E+01	.000000E+00	.194691E+03			
	195	.194126E+03	.579055E+01	.276391E+01	.000000E+00	.191357E+03			
	194	.194126E+03	.140161E+02	.276391E+01	.000000E+00	.187573E+03			
	CENTER	.195794E+03	.990334E+01	.276391E+01	.000000E+00	.191095E+03	.195835E+03	.986225E+01	.852
	STRAIN	.918206E-02	-.232547E-02	.342199E-03	.000000E+00				
153	157	.196692E+03	.587044E+01	.539442E+00	.000000E+00	.193825E+03			
	158	.196692E+03	.168652E+01	.539442E+00	.000000E+00	.195895E+03			
	196	.195438E+03	.168652E+01	.539442E+00	.000000E+00	.194634E+03			
	195	.195438E+03	.587044E+01	.539442E+00	.000000E+00	.192564E+03			
	CENTER	.196861E+03	.373848E+01	.539442E+00	.000000E+00	.194221E+03	.196862E+03	.373697E+01	.161
	STRAIN	.928282E-02	-.262284E-02	.667881E-04	.000000E+00				
154	158	.195521E+03	.143317E+01	-.554732E+00	.000000E+00	.194810E+03			
	159	.195521E+03	-.467635E+00	-.554732E+00	.000000E+00	.195757E+03			
	197	.195445E+03	-.467635E+00	-.554732E+00	.000000E+00	.195682E+03			
	196	.195445E+03	.143317E+01	-.554732E+00	.000000E+00	.194735E+03			
	CENTER	.195483E+03	.482769E+00	-.554732E+00	.000000E+00	.195244E+03	.195484E+03	.481191E+00	-.163
	STRAIN	.930181E-02	-.276962E-02	-.686812E-04	.000000E+00				
155	159	.194414E+03	-.722118E+00	-.946314E+00	.000000E+00	.194783E+03			
	160	.194414E+03	-.131479E+01	-.946314E+00	.000000E+00	.195832E+03			
	198	.194855E+03	-.131479E+01	-.946314E+00	.000000E+00	.195523E+03			
	197	.194855E+03	-.722118E+00	-.946314E+00	.000000E+00	.195224E+03			
	CENTER	.194635E+03	-.101846E+01	-.946314E+00	.000000E+00	.195153E+03	.194639E+03	-.102303E+01	-.277
	STRAIN	.928286E-02	-.282899E-02	-.117163E-03	.000000E+00				
156	160	.193496E+03	-.156735E+01	-.977538E+00	.000000E+00	.194291E+03			
	161	.193496E+03	-.150732E+01	-.977538E+00	.000000E+00	.194261E+03			
	199	.194090E+03	-.150732E+01	-.977538E+00	.000000E+00	.194855E+03			
	198	.194090E+03	-.156735E+01	-.977538E+00	.000000E+00	.194886E+03			
	CENTER	.193793E+03	-.153733E+01	-.977538E+00	.000000E+00	.194573E+03	.193798E+03	-.154228E+01	-.287
	STRAIN	.925019E-02	-.284167E-02	-.121029E-03	.000000E+00				
157	161	.192790E+03	-.172259E+01	-.850513E+00	.000000E+00	.193663E+03			
	162	.192790E+03	-.138600E+01	-.850513E+00	.000000E+00	.193492E+03			
	200	.193360E+03	-.138600E+01	-.850513E+00	.000000E+00	.194063E+03			
	199	.193360E+03	-.172259E+01	-.850513E+00	.000000E+00	.194233E+03			
	CENTER	.193075E+03	-.155430E+01	-.850513E+00	.000000E+00	.193863E+03	.193079E+03	-.155801E+01	-.250
	STRAIN	.921626E-02	-.283223E-02	-.105302E-03	.000000E+00				
158	162	.192274E+03	-.155476E+01	-.674977E+00	.000000E+00	.193060E+03			
	163	.192274E+03	-.114257E+01	-.674977E+00	.000000E+00	.192852E+03			
	201	.192751E+03	-.114257E+01	-.674977E+00	.000000E+00	.193328E+03			
	200	.192751E+03	-.155476E+01	-.674977E+00	.000000E+00	.193537E+03			
	CENTER	.192513E+03	-.134866E+01	-.674977E+00	.000000E+00	.193194E+03	.192515E+03	-.135101E+01	-.199
	STRAIN	.918654E-02	-.281440E-02	-.835685E-04	.000000E+00				
159	163	.191913E+03	-.126741E+01	-.503798E+00	.000000E+00	.192551E+03			
	164	.191913E+03	-.878211E+00	-.503798E+00	.000000E+00	.192355E+03			

202	.192280E+03	-.878211E+00	-.503798E+00	.000000E+00	.192723E+03			
201	.192280E+03	-.126741E+01	-.503798E+00	.000000E+00	.192919E+03			
CENTER	.192097E+03	-.107281E+01	-.503798E+00	.000000E+00	.192637E+03	.192098E+03	-.107412E+01	-.149
STRAIN	.916278E-02	-.279532E-02	-.623750E-04	.000000E+00				
160								
164	.191668E+03	-.966470E+00	-.358746E+00	.000000E+00	.192154E+03			
165	.191668E+03	-.640459E+00	-.358746E+00	.000000E+00	.191990E+03			
203	.191936E+03	-.640459E+00	-.358746E+00	.000000E+00	.192258E+03			
202	.191936E+03	-.966470E+00	-.358746E+00	.000000E+00	.192423E+03			
CENTER	.191802E+03	-.803464E+00	-.358746E+00	.000000E+00	.192206E+03	.191803E+03	-.804133E+00	-.107
STRAIN	.914492E-02	-.277829E-02	-.444161E-04	.000000E+00				
161								
165	.191509E+03	-.700442E+00	-.245405E+00	.000000E+00	.191861E+03			
166	.191509E+03	-.446960E+00	-.245405E+00	.000000E+00	.191733E+03			
204	.191696E+03	-.446960E+00	-.245405E+00	.000000E+00	.191920E+03			
203	.191696E+03	-.700442E+00	-.245405E+00	.000000E+00	.192047E+03			
CENTER	.191602E+03	-.573701E+00	-.245405E+00	.000000E+00	.191890E+03	.191603E+03	-.574014E+00	-.073
STRAIN	.913212E-02	-.276450E-02	-.303835E-04	.000000E+00				
162								
166	.191409E+03	-.486243E+00	-.161703E+00	.000000E+00	.191653E+03			
167	.191409E+03	-.299820E+00	-.161703E+00	.000000E+00	.191559E+03			
205	.191534E+03	-.299820E+00	-.161703E+00	.000000E+00	.191684E+03			
204	.191534E+03	-.486243E+00	-.161703E+00	.000000E+00	.191778E+03			
CENTER	.191471E+03	-.393032E+00	-.161703E+00	.000000E+00	.191668E+03	.191472E+03	-.393168E+00	-.048
STRAIN	.912330E-02	-.275402E-02	-.200204E-04	.000000E+00				
163								
167	.191349E+03	-.324600E+00	-.102502E+00	.000000E+00	.191511E+03			
168	.191349E+03	-.194181E+00	-.102502E+00	.000000E+00	.191446E+03			
206	.191429E+03	-.194181E+00	-.102502E+00	.000000E+00	.191526E+03			
205	.191429E+03	-.324600E+00	-.102502E+00	.000000E+00	.191591E+03			
CENTER	.191389E+03	-.259391E+00	-.102502E+00	.000000E+00	.191519E+03	.191389E+03	-.259445E+00	-.031
STRAIN	.911746E-02	-.274648E-02	-.126907E-04	.000000E+00				
164								
168	.191314E+03	-.209166E+00	-.619424E-01	.000000E+00	.191419E+03			
169	.191314E+03	-.123059E+00	-.619424E-01	.000000E+00	.191376E+03			
207	.191364E+03	-.123059E+00	-.619424E-01	.000000E+00	.191425E+03			
206	.191364E+03	-.209166E+00	-.619424E-01	.000000E+00	.191468E+03			
CENTER	.191339E+03	-.166113E+00	-.619424E-01	.000000E+00	.191422E+03	.191339E+03	-.166133E+00	-.019
STRAIN	.911375E-02	-.274132E-02	-.766906E-05	.000000E+00				
165								
169	.191295E+03	-.131602E+00	-.344912E-01	.000000E+00	.191361E+03			
170	.191295E+03	-.799609E-01	-.344912E-01	.000000E+00	.191335E+03			
208	.191325E+03	-.799609E-01	-.344912E-01	.000000E+00	.191365E+03			
207	.191325E+03	-.131602E+00	-.344912E-01	.000000E+00	.191391E+03			
CENTER	.191310E+03	-.105782E+00	-.344912E-01	.000000E+00	.191363E+03	.191310E+03	-.105788E+00	-.010
STRAIN	.911153E-02	-.273804E-02	-.427033E-05	.000000E+00				
166								
170	.191286E+03	-.842648E-01	-.152697E-01	.000000E+00	.191328E+03			
171	.191286E+03	-.601954E-01	-.152697E-01	.000000E+00	.191316E+03			
209	.191306E+03	-.601954E-01	-.152697E-01	.000000E+00	.191336E+03			
208	.191306E+03	-.842648E-01	-.152697E-01	.000000E+00	.191348E+03			
CENTER	.191296E+03	-.722301E-01	-.152697E-01	.000000E+00	.191332E+03	.191296E+03	-.722313E-01	-.005
STRAIN	.911037E-02	-.273624E-02	-.189054E-05	.000000E+00				
167								
171	.191284E+03	-.615000E-01	.241541E-05	.000000E+00	.191314E+03			
172	.191284E+03	-.614972E-01	.241541E-05	.000000E+00	.191314E+03			
210	.191300E+03	-.614972E-01	.241234E-05	.000000E+00	.191330E+03			
209	.191300E+03	-.615000E-01	.241234E-05	.000000E+00	.191330E+03			
CENTER	.191292E+03	-.614986E-01	.241387E-05	.000000E+00	.191322E+03	.191292E+03	-.614986E-01	.000
STRAIN	.911001E-02	-.273567E-02	.298861E-09	.000000E+00				
168								
172	.191286E+03	-.601951E-01	.152713E-01	.000000E+00	.191316E+03			
173	.191286E+03	-.842646E-01	.152713E-01	.000000E+00	.191328E+03			
211	.191306E+03	-.842646E-01	.152713E-01	.000000E+00	.191348E+03			
210	.191306E+03	-.601951E-01	.152713E-01	.000000E+00	.191336E+03			
CENTER	.191296E+03	-.722299E-01	.152713E-01	.000000E+00	.191332E+03	.191296E+03	-.722311E-01	.005

169	STRAIN	.911037E-02	-.273624E-02	.189073E-05	.000000E+00			
173		.191295E+03	-.799579E-01	.344904E-01	.000000E+00	.191335E+03		
174		.191295E+03	-.131602E+00	.344904E-01	.000000E+00	.191361E+03		
212		.191325E+03	-.131602E+00	.344904E-01	.000000E+00	.191391E+03		
211		.191325E+03	-.799579E-01	.344904E-01	.000000E+00	.191365E+03		
CENTER		.191310E+03	-.105780E+00	.344904E-01	.000000E+00	.191363E+03	.191310E+03	-.105786E+00
STRAIN		.911153E-02	-.273804E-02	.427024E-05	.000000E+00			.010
170								
174		.191314E+03	-.123059E+00	.619427E-01	.000000E+00	.191376E+03		
175		.191314E+03	-.209165E+00	.619427E-01	.000000E+00	.191419E+03		
213		.191364E+03	-.209165E+00	.619427E-01	.000000E+00	.191468E+03		
212		.191364E+03	-.123059E+00	.619427E-01	.000000E+00	.191425E+03		
CENTER		.191339E+03	-.166112E+00	.619427E-01	.000000E+00	.191422E+03	.191339E+03	-.166132E+00
STRAIN		.911375E-02	-.274132E-02	.766910E-05	.000000E+00			.019
171								
175		.191349E+03	-.194180E+00	.102501E+00	.000000E+00	.191446E+03		
176		.191349E+03	-.324601E+00	.102501E+00	.000000E+00	.191511E+03		
214		.191429E+03	-.324601E+00	.102501E+00	.000000E+00	.191591E+03		
213		.191429E+03	-.194180E+00	.102501E+00	.000000E+00	.191526E+03		
CENTER		.191389E+03	-.259391E+00	.102501E+00	.000000E+00	.191519E+03	.191389E+03	-.259446E+00
STRAIN		.911746E-02	-.274648E-02	.126907E-04	.000000E+00			.031
172								
176		.191409E+03	-.299821E+00	.161702E+00	.000000E+00	.191559E+03		
177		.191409E+03	-.486248E+00	.161702E+00	.000000E+00	.191653E+03		
215		.191534E+03	-.486248E+00	.161702E+00	.000000E+00	.191778E+03		
214		.191534E+03	-.299821E+00	.161702E+00	.000000E+00	.191684E+03		
CENTER		.191471E+03	-.393034E+00	.161702E+00	.000000E+00	.191668E+03	.191472E+03	-.393171E+00
STRAIN		.912330E-02	-.275402E-02	.200203E-04	.000000E+00			.048
173								
177		.191509E+03	-.446964E+00	.245406E+00	.000000E+00	.191733E+03		
178		.191509E+03	-.700445E+00	.245406E+00	.000000E+00	.191861E+03		
216		.191696E+03	-.700445E+00	.245406E+00	.000000E+00	.192047E+03		
215		.191696E+03	-.446964E+00	.245406E+00	.000000E+00	.191920E+03		
CENTER		.191602E+03	-.573705E+00	.245406E+00	.000000E+00	.191890E+03	.191603E+03	-.574018E+00
STRAIN		.913212E-02	-.276450E-02	.303836E-04	.000000E+00			.073
174								
178		.191668E+03	-.640463E+00	.358747E+00	.000000E+00	.191990E+03		
179		.191668E+03	-.966472E+00	.358747E+00	.000000E+00	.192154E+03		
217		.191936E+03	-.966472E+00	.358747E+00	.000000E+00	.192423E+03		
216		.191936E+03	-.640463E+00	.358747E+00	.000000E+00	.192258E+03		
CENTER		.191802E+03	-.803467E+00	.358747E+00	.000000E+00	.192266E+03	.191803E+03	-.804136E+00
STRAIN		.914492E-02	-.277829E-02	.444163E-04	.000000E+00			.107
175								
179		.191913E+03	-.878213E+00	.503799E+00	.000000E+00	.192355E+03		
180		.191913E+03	-.126741E+01	.503799E+00	.000000E+00	.192551E+03		
218		.192280E+03	-.126741E+01	.503799E+00	.000000E+00	.192919E+03		
217		.192280E+03	-.878213E+00	.503799E+00	.000000E+00	.192723E+03		
CENTER		.192097E+03	-.107281E+01	.503799E+00	.000000E+00	.192637E+03	.192098E+03	-.107413E+01
STRAIN		.916278E-02	-.279532E-02	.623751E-04	.000000E+00			.149
176								
180		.192274E+03	-.114257E+01	.674978E+00	.000000E+00	.192852E+03		
181		.192274E+03	-.155476E+01	.674978E+00	.000000E+00	.193060E+03		
219		.192751E+03	-.155476E+01	.674978E+00	.000000E+00	.193537E+03		
218		.192751E+03	-.114257E+01	.674978E+00	.000000E+00	.193328E+03		
CENTER		.192513E+03	-.134867E+01	.674978E+00	.000000E+00	.193194E+03	.192515E+03	-.135102E+01
STRAIN		.918654E-02	-.281440E-02	.835687E-04	.000000E+00			.199
177								
181		.192790E+03	-.138600E+01	.850514E+00	.000000E+00	.193492E+03		
182		.192790E+03	-.172259E+01	.850514E+00	.000000E+00	.193663E+03		
220		.193360E+03	-.172259E+01	.850514E+00	.000000E+00	.194233E+03		
219		.193360E+03	-.138600E+01	.850514E+00	.000000E+00	.194063E+03		
CENTER		.193075E+03	-.155430E+01	.850514E+00	.000000E+00	.193863E+03	.193079E+03	-.155802E+01
STRAIN		.921626E-02	-.283223E-02	.105302E-03	.000000E+00			.250
178								
182		.193496E+03	-.150732E+01	.977539E+00	.000000E+00	.194261E+03		



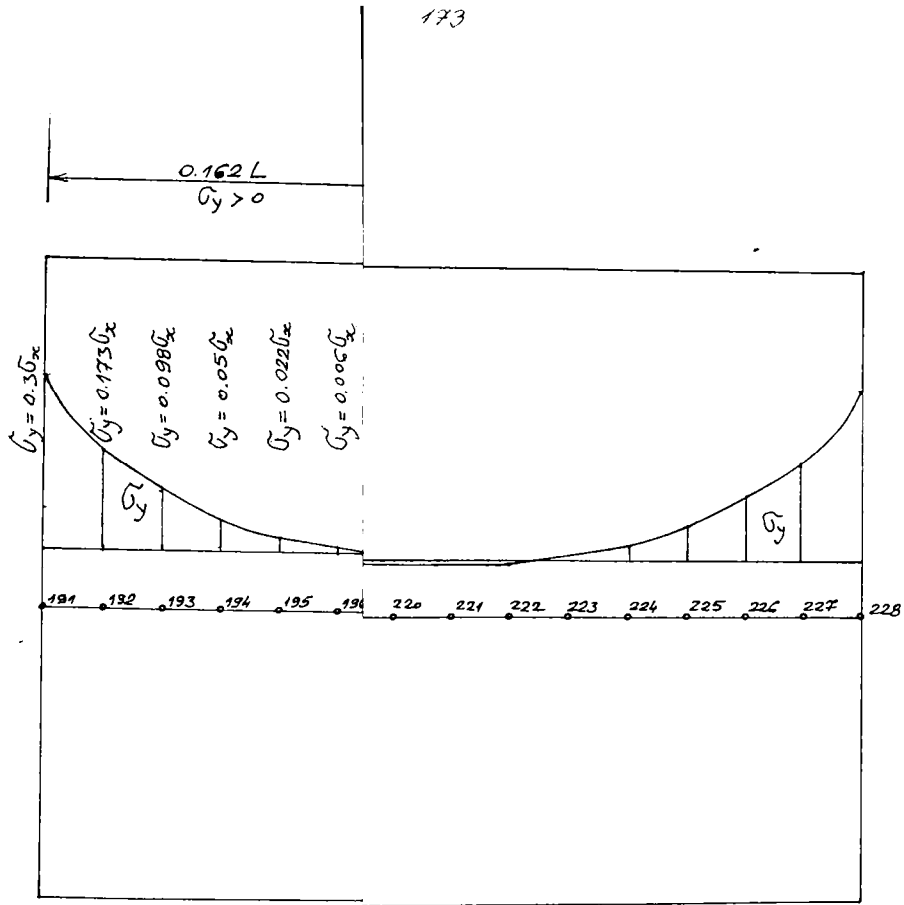
183	.193496E+03	-.156735E+01	.977539E+00	.000000E+00	.194291E+03			
221	.194090E+03	-.156735E+01	.977539E+00	.000000E+00	.194886E+03			
220	.194090E+03	-.150732E+01	.977539E+00	.000000E+00	.194855E+03			
CENTER	.193793E+03	-.153733E+01	.977539E+00	.000000E+00	.194573E+03	.193798E+03	-.154223E+01	.287
STRAIN	.925019E-02	-.284167E-02	.121029E-03	.000000E+00				
179								
183	.194414E+03	-.131479E+01	.946314E+00	.000000E+00	.195052E+03			
184	.194414E+03	-.722114E+00	.946314E+00	.000000E+00	.194783E+03			
222	.194855E+03	-.722114E+00	.946314E+00	.000000E+00	.195224E+03			
221	.194855E+03	-.131479E+01	.946314E+00	.000000E+00	.195523E+03			
CENTER	.194635E+03	-.101845E+01	.946314E+00	.000000E+00	.195153E+03	.194639E+03	-.102303E+01	.277
STRAIN	.928286E-02	-.292899E-02	.117163E-03	.000000E+00				
180								
184	.195521E+03	-.467631E+00	.554730E+00	.000000E+00	.195757E+03			
185	.195521E+03	.143318E+01	.554730E+00	.000000E+00	.194910E+03			
223	.195445E+03	.143318E+01	.554730E+00	.000000E+00	.194735E+03			
222	.195445E+03	-.467631E+00	.554730E+00	.000000E+00	.195692E+03			
CENTER	.195489E+03	-.482777E+00	.554730E+00	.000000E+00	.195244E+03	.195484E+03	.481199E+00	.163
STRAIN	.930181E-02	-.276962E-02	.686209E-04	.000000E+00				
181								
185	.196692E+03	.160653E+01	-.539447E+00	.000000E+00	.195895E+03			
186	.196692E+03	.597846E+01	-.539447E+00	.000000E+00	.193825E+03			
224	.195438E+03	.597846E+01	-.539447E+00	.000000E+00	.192564E+03			
223	.195438E+03	.160653E+01	-.539447E+00	.000000E+00	.194634E+03			
CENTER	.196061E+03	.373850E+01	-.539447E+00	.000000E+00	.194221E+03	.196062E+03	.373698E+01	-.161
STRAIN	.928282E-02	-.262284E-02	-.667888E-04	.000000E+00				
182								
186	.197462E+03	.579056E+01	-.276392E+01	.000000E+00	.194681E+03			
187	.197462E+03	.140161E+02	-.276392E+01	.000000E+00	.190981E+03			
225	.194126E+03	.140161E+02	-.276392E+01	.000000E+00	.187573E+03			
224	.194126E+03	.579056E+01	-.276392E+01	.000000E+00	.191357E+03			
CENTER	.195794E+03	.990335E+01	-.276392E+01	.000000E+00	.191895E+03	.195835E+03	.986227E+01	-.852
STRAIN	.918206E-02	-.232547E-02	-.342200E-03	.000000E+00				
183								
187	.197191E+03	.134226E+02	-.650088E+01	.000000E+00	.191166E+03			
188	.197191E+03	.265584E+02	-.650088E+01	.000000E+00	.185686E+03			
226	.190440E+03	.265584E+02	-.650088E+01	.000000E+00	.179003E+03			
225	.190440E+03	.134226E+02	-.650088E+01	.000000E+00	.184441E+03			
CENTER	.193816E+03	.199905E+02	-.650088E+01	.000000E+00	.184977E+03	.194059E+03	.197477E+02	-2.139
STRAIN	.894375E-02	-.181687E-02	-.804871E-03	.000000E+00				
184								
188	.196782E+03	.253139E+02	-.124819E+02	.000000E+00	.186602E+03			
189	.196782E+03	.442141E+02	-.124819E+02	.000000E+00	.180047E+03			
227	.182633E+03	.442141E+02	-.124819E+02	.000000E+00	.166440E+03			
226	.182633E+03	.253139E+02	-.124819E+02	.000000E+00	.172742E+03			
CENTER	.189667E+03	.347640E+02	-.124819E+02	.000000E+00	.176227E+03	.190667E+03	.837847E+02	-4.577
STRAIN	.853516E-02	-.105411E-02	-.154538E-02	.000000E+00				
185								
189	.203987E+03	.427749E+02	-.223263E+02	.000000E+00	.190290E+03			
190	.203987E+03	.554610E+02	-.223263E+02	.000000E+00	.186731E+03			
228	.165753E+03	.554610E+02	-.223263E+02	.000000E+00	.151171E+03			
227	.165753E+03	.427749E+02	-.223263E+02	.000000E+00	.159978E+03			
CENTER	.184870E+03	.491179E+02	-.223263E+02	.000000E+00	.170397E+03	.188448E+03	.455403E+02	-9.104
STRAIN	.810165E-02	-.302050E-03	-.276421E-02	.000000E+00				
186								
191	.243830E+03	.731491E+02	-.135473E-05	.000000E+00	.216721E+03			
192	.243830E+03	.422078E+02	-.135473E-05	.000000E+00	.225786E+03			
230	.243830E+03	.422078E+02	-.135473E-05	.000000E+00	.225706E+03			
229	.243830E+03	.731491E+02	-.135473E-05	.000000E+00	.216721E+03			
CENTER	.243830E+03	.576785E+02	-.135473E-05	.000000E+00	.220718E+03	.243830E+03	.576785E+02	.000
STRAIN	.719133E-02	-.491133E-03	-.111819E-09	.000000E+00				
187								
192	.269814E+03	.500027E+02	.838895E-06	.000000E+00	.248613E+03			
193	.269814E+03	.267157E+02	.838894E-06	.000000E+00	.257497E+03			
231	.269814E+03	.267157E+02	.838895E-06	.000000E+00	.257497E+03			
230	.269814E+03	.500027E+02	.838895E-06	.000000E+00	.243613E+03			

CENTER STRAIN	.269814E+03	.383592E+02	.838895E-06	.000000E+00	.252826E+03	.269814E+03	.383592E+02	.000
188	.820019E-02	-.135190E-02	.692421E-10	.000000E+00				
193	.283429E+03	.308001E+02	.459498E-06	.000000E+00	.269352E+03			
194	.283429E+03	.142899E+02	.459499E-06	.000000E+00	.276561E+03			
232	.283429E+03	.142899E+02	.459499E-06	.000000E+00	.276561E+03			
231	.283429E+03	.308001E+02	.459498E-06	.000000E+00	.269352E+03			
CENTER STRAIN	.283429E+03	.225450E+02	.459499E-06	.000000E+00	.272855E+03	.283429E+03	.225450E+02	.000
189	.878302E-02	-.198361E-02	.379269E-10	.000000E+00				
194	.290146E+03	.163050E+02	.656300E-07	.000000E+00	.282347E+03			
195	.290146E+03	.644742E+01	.656293E-07	.000000E+00	.286976E+03			
233	.290146E+03	.644742E+01	.656302E-07	.000000E+00	.286976E+03			
232	.290146E+03	.163050E+02	.656309E-07	.000000E+00	.282347E+03			
CENTER STRAIN	.290146E+03	.113762E+02	.656301E-07	.000000E+00	.284628E+03	.290146E+03	.113762E+02	.000
190	.910263E-02	-.240214E-02	.541709E-11	.000000E+00				
195	.292837E+03	.725478E+01	-.212400E-08	.000000E+00	.289278E+03			
196	.292837E+03	.190868E+01	-.212366E-08	.000000E+00	.291887E+03			
234	.292837E+03	.190868E+01	-.212369E-08	.000000E+00	.291887E+03			
233	.292837E+03	.725478E+01	-.212403E-08	.000000E+00	.289278E+03			
CENTER STRAIN	.292837E+03	.458173E+01	-.212385E-08	.000000E+00	.290573E+03	.292837E+03	.458173E+01	.000
191	.925278E-02	-.264347E-02	-.175302E-12	.000000E+00				
196	.293202E+03	.201811E+01	-.678914E-08	.000000E+00	.292198E+03			
197	.293202E+03	-.343620E+00	-.678843E-08	.000000E+00	.293374E+03			
235	.293202E+03	-.343620E+00	-.678817E-08	.000000E+00	.293374E+03			
234	.293202E+03	.201811E+01	-.678888E-08	.000000E+00	.292198E+03			
CENTER STRAIN	.293202E+03	.837244E+00	-.678865E-08	.000000E+00	.292784E+03	.293202E+03	.837244E+00	.000
192	.930002E-02	-.276582E-02	-.560333E-12	.000000E+00				
197	.292463E+03	-.565259E+00	-.235336E-08	.000000E+00	.292746E+03			
198	.292463E+03	-.128673E+01	-.235331E-08	.000000E+00	.293108E+03			
236	.292463E+03	-.128673E+01	-.235357E-08	.000000E+00	.293108E+03			
235	.292463E+03	-.565259E+00	-.235362E-08	.000000E+00	.292746E+03			
CENTER STRAIN	.292463E+03	-.925994E+00	-.235347E-08	.000000E+00	.292927E+03	.292463E+03	-.925994E+00	.000
193	.929336E-02	-.281476E-02	-.194254E-12	.000000E+00				
198	.291355E+03	-.161901E+01	-.346084E-09	.000000E+00	.292168E+03			
199	.291355E+03	-.152331E+01	-.346280E-09	.000000E+00	.292120E+03			
237	.291355E+03	-.152331E+01	-.347018E-09	.000000E+00	.292120E+03			
236	.291355E+03	-.161901E+01	-.346822E-09	.000000E+00	.292168E+03			
CENTER STRAIN	.291355E+03	-.157116E+01	-.346551E-09	.000000E+00	.292144E+03	.291355E+03	-.157116E+01	.000
194	.926434E-02	-.282469E-02	-.286042E-13	.000000E+00				
199	.290249E+03	-.185525E+01	-.468117E-09	.000000E+00	.291181E+03			
200	.290249E+03	-.141812E+01	-.468538E-09	.000000E+00	.290961E+03			
238	.290249E+03	-.141812E+01	-.468868E-09	.000000E+00	.290961E+03			
237	.290249E+03	-.185525E+01	-.468446E-09	.000000E+00	.291181E+03			
CENTER STRAIN	.290249E+03	-.163669E+01	-.468492E-09	.000000E+00	.291071E+03	.290249E+03	-.163669E+01	.000
195	.922984E-02	-.281623E-02	-.386692E-13	.000000E+00				
200	.289302E+03	-.170234E+01	-.218665E-08	.000000E+00	.290156E+03			
201	.289302E+03	-.117743E+01	-.218646E-08	.000000E+00	.289892E+03			
239	.289302E+03	-.117713E+01	-.218639E-08	.000000E+00	.289892E+03			
238	.289302E+03	-.170234E+01	-.218659E-08	.000000E+00	.290156E+03			
CENTER STRAIN	.289302E+03	-.143973E+01	-.218652E-08	.000000E+00	.290024E+03	.289302E+03	-.143973E+01	.000
196	.919789E-02	-.280096E-02	-.180475E-12	.000000E+00				
201	.288557E+03	-.140048E+01	-.503307E-08	.000000E+00	.289260E+03			
202	.288557E+03	-.908917E+00	-.503252E-08	.000000E+00	.289013E+03			
240	.288557E+03	-.908917E+00	-.503230E-08	.000000E+00	.289013E+03			
239	.288557E+03	-.140048E+01	-.503285E-08	.000000E+00	.289260E+03			
CENTER STRAIN	.288557E+03	-.115470E+01	-.503268E-08	.000000E+00	.289136E+03	.288557E+03	-.115470E+01	.000
197	.917154E-02	-.278482E-02	-.415396E-12	.000000E+00				

202	.288005E+03	-.107444E+01	-.849873E-08	.000000E+00	.288544E+03		
203	.288005E+03	-.665197E+00	-.849790E-08	.000000E+00	.288338E+03		
241	.288005E+03	-.665197E+00	-.849736E-08	.000000E+00	.288338E+03		
240	.288005E+03	-.107444E+01	-.849819E-08	.000000E+00	.288544E+03		
CENTER	.288005E+03	-.869818E+00	-.849804E-08	.000000E+00	.288441E+03	.288005E+03	-.869818E+00
STRAIN	.915131E-02	-.277052E-02	-.701426E-12	.000000E+00			.000
198							
203	.287615E+03	-.782388E+00	-.114181E-07	.000000E+00	.288007E+03		
204	.287615E+03	-.465643E+00	-.114167E-07	.000000E+00	.287848E+03		
242	.287615E+03	-.465643E+00	-.114165E-07	.000000E+00	.287848E+03		
241	.287615E+03	-.782388E+00	-.114179E-07	.000000E+00	.288007E+03		
CENTER	.287615E+03	-.624015E+00	-.114173E-07	.000000E+00	.287927E+03	.287615E+03	-.624015E+00
STRAIN	.913657E-02	-.275900E-02	-.942380E-12	.000000E+00			.000
199							
204	.287349E+03	-.545391E+00	-.955194E-08	.000000E+00	.287622E+03		
205	.287349E+03	-.313317E+00	-.955205E-08	.000000E+00	.287506E+03		
243	.287349E+03	-.313317E+00	-.955146E-08	.000000E+00	.287506E+03		
242	.287349E+03	-.545391E+00	-.955135E-08	.000000E+00	.287622E+03		
CENTER	.287349E+03	-.429354E+00	-.955170E-08	.000000E+00	.287564E+03	.287349E+03	-.429354E+00
STRAIN	.912627E-02	-.275029E-02	-.788394E-12	.000000E+00			.000
200							
205	.287175E+03	-.365563E+00	-.335480E-08	.000000E+00	.287358E+03		
206	.287175E+03	-.203717E+00	-.335469E-08	.000000E+00	.287277E+03		
244	.287175E+03	-.203717E+00	-.335450E-08	.000000E+00	.287277E+03		
243	.287175E+03	-.365563E+00	-.335460E-08	.000000E+00	.287358E+03		
CENTER	.287175E+03	-.284640E+00	-.335465E-08	.000000E+00	.287317E+03	.287175E+03	-.284640E+00
STRAIN	.911937E-02	-.274403E-02	-.276892E-12	.000000E+00			.000
201							
206	.287065E+03	-.236537E+00	.182901E-07	.000000E+00	.287184E+03		
207	.287065E+03	-.129962E+00	.182894E-07	.000000E+00	.287130E+03		
245	.287065E+03	-.129962E+00	.182898E-07	.000000E+00	.287130E+03		
244	.287065E+03	-.236537E+00	.182905E-07	.000000E+00	.287184E+03		
CENTER	.287065E+03	-.183249E+00	.182900E-07	.000000E+00	.287157E+03	.287065E+03	-.183249E+00
STRAIN	.911493E-02	-.273977E-02	.150965E-11	.000000E+00			.000
202							
207	.287001E+03	-.149376E+00	-.264189E-06	.000000E+00	.287075E+03		
208	.287001E+03	-.855901E-01	-.264189E-06	.000000E+00	.287043E+03		
246	.287001E+03	-.855901E-01	-.264189E-06	.000000E+00	.287043E+03		
245	.287001E+03	-.149376E+00	-.264189E-06	.000000E+00	.287075E+03		
CENTER	.287001E+03	-.117483E+00	-.264189E-06	.000000E+00	.287059E+03	.287001E+03	-.117483E+00
STRAIN	.911225E-02	-.273707E-02	-.218061E-10	.000000E+00			.000
203							
208	.286967E+03	-.956805E-01	-.200101E-05	.000000E+00	.287015E+03		
209	.286967E+03	-.659909E-01	-.200101E-05	.000000E+00	.287000E+03		
247	.286967E+03	-.659909E-01	-.200101E-05	.000000E+00	.287000E+03		
246	.286967E+03	-.956805E-01	-.200101E-05	.000000E+00	.287015E+03		
CENTER	.286967E+03	-.808357E-01	-.200101E-05	.000000E+00	.287007E+03	.286967E+03	-.808357E-01
STRAIN	.911083E-02	-.273558E-02	-.165163E-09	.000000E+00			.000
204							
209	.286957E+03	-.691042E-01	-.125667E-05	.000000E+00	.286991E+03		
210	.286957E+03	-.691008E-01	-.125667E-05	.000000E+00	.286991E+03		
248	.286957E+03	-.691008E-01	-.125668E-05	.000000E+00	.286991E+03		
247	.286957E+03	-.691042E-01	-.125668E-05	.000000E+00	.286991E+03		
CENTER	.286957E+03	-.691025E-01	-.125667E-05	.000000E+00	.286991E+03	.286957E+03	-.691025E-01
STRAIN	.911039E-02	-.273511E-02	-.103725E-09	.000000E+00			.000
205							
210	.286967E+03	-.659910E-01	.286353E-05	.000000E+00	.287000E+03		
211	.286967E+03	-.956805E-01	.286353E-05	.000000E+00	.287015E+03		
249	.286967E+03	-.956805E-01	.286353E-05	.000000E+00	.287015E+03		
248	.286967E+03	-.659910E-01	.286353E-05	.000000E+00	.287000E+03		
CENTER	.286967E+03	-.808357E-01	.286353E-05	.000000E+00	.287007E+03	.286967E+03	-.808357E-01
STRAIN	.911083E-02	-.273558E-02	.236355E-09	.000000E+00			.000
206							
211	.287001E+03	-.855861E-01	.280576E-05	.000000E+00	.287043E+03		
212	.287001E+03	-.149375E+00	.280576E-05	.000000E+00	.287075E+03		
250	.287001E+03	-.149375E+00	.280576E-05	.000000E+00	.287075E+03		

249	.287001E+03	-.855861E-01	.280576E-05	.000000E+00	.287043E+03			
CENTER	.287001E+03	-.117481E+00	.280576E-05	.000000E+00	.287059E+03	.287001E+03	-.117481E+00	.000
STRAIN	.911225E-02	-.273707E-02	.231587E-09	.000000E+00				
207								
212	.287065E+03	-.129960E+00	.294728E-06	.000000E+00	.287130E+03			
213	.287065E+03	-.236537E+00	.294728E-06	.000000E+00	.287184E+03			
251	.287065E+03	-.236537E+00	.294727E-06	.000000E+00	.287184E+03			
250	.287065E+03	-.129960E+00	.294727E-06	.000000E+00	.287130E+03			
CENTER	.287065E+03	-.183249E+00	.294728E-06	.000000E+00	.287157E+03	.287065E+03	-.183249E+00	.000
STRAIN	.911493E-02	-.273977E-02	.243267E-10	.000000E+00				
208								
213	.287175E+03	-.203716E+00	.107291E-05	.000000E+00	.287277E+03			
214	.287175E+03	-.365562E+00	.107291E-05	.000000E+00	.287358E+03			
252	.287175E+03	-.365562E+00	.107291E-05	.000000E+00	.287358E+03			
251	.287175E+03	-.203716E+00	.107291E-05	.000000E+00	.287277E+03			
CENTER	.287175E+03	-.284639E+00	.107291E-05	.000000E+00	.287317E+03	.287175E+03	-.284639E+00	.000
STRAIN	.911937E-02	-.274403E-02	.885580E-10	.000000E+00				
209								
214	.287349E+03	-.313319E+00	.408248E-06	.000000E+00	.287506E+03			
215	.287349E+03	-.545394E+00	.408248E-06	.000000E+00	.287622E+03			
253	.287349E+03	-.545394E+00	.408245E-06	.000000E+00	.287622E+03			
252	.287349E+03	-.313319E+00	.408245E-06	.000000E+00	.287506E+03			
CENTER	.287349E+03	-.429356E+00	.408247E-06	.000000E+00	.287564E+03	.287349E+03	-.429356E+00	.000
STRAIN	.912627E-02	-.275029E-02	.336965E-10	.000000E+00				
210								
215	.287615E+03	-.465645E+00	-.312299E-05	.000000E+00	.287848E+03			
216	.287615E+03	-.782394E+00	-.312299E-05	.000000E+00	.288007E+03			
254	.287615E+03	-.782394E+00	-.312299E-05	.000000E+00	.288007E+03			
253	.287615E+03	-.465645E+00	-.312299E-05	.000000E+00	.287848E+03			
CENTER	.287615E+03	-.624020E+00	-.312299E-05	.000000E+00	.287927E+03	.287615E+03	-.624020E+00	.000
STRAIN	.913657E-02	-.275900E-02	-.257771E-09	.000000E+00				
211								
216	.288005E+03	-.665200E+00	-.266930E-05	.000000E+00	.288338E+03			
217	.288005E+03	-.107444E+01	-.266930E-05	.000000E+00	.288544E+03			
255	.288005E+03	-.107444E+01	-.266930E-05	.000000E+00	.288544E+03			
254	.288005E+03	-.665200E+00	-.266930E-05	.000000E+00	.288338E+03			
CENTER	.288005E+03	-.869822E+00	-.266930E-05	.000000E+00	.288441E+03	.288005E+03	-.869822E+00	.000
STRAIN	.915131E-02	-.277052E-02	-.220323E-09	.000000E+00				
212								
217	.288557E+03	-.908922E+00	.207110E-07	.000000E+00	.289013E+03			
218	.288557E+03	-.140048E+01	.207105E-07	.000000E+00	.289268E+03			
256	.288557E+03	-.140048E+01	.207105E-07	.000000E+00	.289268E+03			
255	.288557E+03	-.908922E+00	.207110E-07	.000000E+00	.289013E+03			
CENTER	.288557E+03	-.115470E+01	.207108E-07	.000000E+00	.289136E+03	.288557E+03	-.115470E+01	.000
STRAIN	.917154E-02	-.278482E-02	.170946E-11	.000000E+00				
213								
218	.289302E+03	-.117713E+01	.668317E-06	.000000E+00	.289892E+03			
219	.289302E+03	-.170234E+01	.668317E-06	.000000E+00	.290156E+03			
257	.289302E+03	-.170234E+01	.668317E-06	.000000E+00	.290156E+03			
256	.289302E+03	-.117713E+01	.668317E-06	.000000E+00	.289892E+03			
CENTER	.289302E+03	-.143973E+01	.668317E-06	.000000E+00	.290024E+03	.289302E+03	-.143973E+01	.000
STRAIN	.919789E-02	-.280096E-02	.551627E-10	.000000E+00				
214								
219	.290249E+03	-.141812E+01	.568978E-06	.000000E+00	.290961E+03			
220	.290249E+03	-.185525E+01	.568978E-06	.000000E+00	.291181E+03			
258	.290249E+03	-.185525E+01	.568978E-06	.000000E+00	.291181E+03			
257	.290249E+03	-.141812E+01	.568978E-06	.000000E+00	.290961E+03			
CENTER	.290249E+03	-.163669E+01	.568978E-06	.000000E+00	.291071E+03	.290249E+03	-.163669E+01	.000
STRAIN	.922984E-02	-.281623E-02	.469633E-10	.000000E+00				
215								
220	.291355E+03	-.152331E+01	.346270E-06	.000000E+00	.292120E+03			
221	.291355E+03	-.161901E+01	.346269E-06	.000000E+00	.292168E+03			
259	.291355E+03	-.161901E+01	.346269E-06	.000000E+00	.292168E+03			
258	.291355E+03	-.152331E+01	.346270E-06	.000000E+00	.292120E+03			
CENTER	.291355E+03	-.157116E+01	.346269E-06	.000000E+00	.292144E+03	.291355E+03	-.157116E+01	.000
STRAIN	.926434E-02	-.282469E-02	.285810E-10	.000000E+00				

216	221	.292463E+03	-.128673E+01	.164899E-06	.000000E+00	.293108E+03			
	222	.292463E+03	-.565254E+00	.164900E-06	.000000E+00	.292746E+03			
	260	.292463E+03	-.565254E+00	.164901E-06	.000000E+00	.292746E+03			
	259	.292463E+03	-.128673E+01	.164899E-06	.000000E+00	.293108E+03			
	CENTER	.292463E+03	-.925991E+00	.164900E-06	.000000E+00	.292927E+03	.292463E+03	-.925991E+00	.000
	STRAIN	.929336E-02	-.281476E-02	.136108E-10	.000000E+00				
217	222	.293202E+03	-.343616E+00	.716752E-07	.000000E+00	.293374E+03			
	223	.293202E+03	.201812E+01	.716764E-07	.000000E+00	.292198E+03			
	261	.293202E+03	.201812E+01	.716764E-07	.000000E+00	.292198E+03			
	260	.293202E+03	-.343616E+00	.716752E-07	.000000E+00	.293374E+03			
	CENTER	.293202E+03	.837252E+00	.716758E-07	.000000E+00	.292784E+03	.293202E+03	.837252E+00	.000
	STRAIN	.930002E-02	-.276582E-02	.591610E-11	.000000E+00				
218	223	.292837E+03	.190869E+01	.219967E-07	.000000E+00	.291887E+03			
	224	.292837E+03	.725479E+01	.219979E-07	.000000E+00	.289278E+03			
	262	.292837E+03	.725479E+01	.219980E-07	.000000E+00	.289278E+03			
	261	.292837E+03	.190869E+01	.219968E-07	.000000E+00	.291887E+03			
	CENTER	.292837E+03	.458174E+01	.219974E-07	.000000E+00	.290573E+03	.292837E+03	.458174E+01	.000
	STRAIN	.925278E-02	-.264347E-02	.181565E-11	.000000E+00				
219	224	.290146E+03	.644743E+01	-.632612E-07	.000000E+00	.286976E+03			
	225	.290146E+03	.163050E+02	-.632613E-07	.000000E+00	.282347E+03			
	263	.290146E+03	.163050E+02	-.632612E-07	.000000E+00	.282347E+03			
	262	.290146E+03	.644743E+01	-.632611E-07	.000000E+00	.286976E+03			
	CENTER	.290146E+03	.113762E+02	-.632612E-07	.000000E+00	.284628E+03	.290146E+03	.113762E+02	.000
	STRAIN	.910263E-02	-.240214E-02	-.522156E-11	.000000E+00				
220	225	.283429E+03	.142899E+02	-.462603E-06	.000000E+00	.276561E+03			
	226	.283429E+03	.308002E+02	-.462602E-06	.000000E+00	.269352E+03			
	264	.283429E+03	.308002E+02	-.462602E-06	.000000E+00	.269352E+03			
	263	.283429E+03	.142899E+02	-.462603E-06	.000000E+00	.276561E+03			
	CENTER	.283429E+03	.225450E+02	-.462602E-06	.000000E+00	.272855E+03	.283429E+03	.225450E+02	.000
	STRAIN	.878302E-02	-.198360E-02	-.381831E-10	.000000E+00				
221	226	.269814E+03	.267158E+02	-.842979E-06	.000000E+00	.257497E+03			
	227	.269814E+03	.500028E+02	-.842979E-06	.000000E+00	.248613E+03			
	265	.269814E+03	.500028E+02	-.842979E-06	.000000E+00	.248613E+03			
	264	.269814E+03	.267158E+02	-.842979E-06	.000000E+00	.257497E+03			
	CENTER	.269814E+03	.383593E+02	-.842979E-06	.000000E+00	.252826E+03	.269814E+03	.383593E+02	.000
	STRAIN	.820019E-02	-.135190E-02	-.695792E-10	.000000E+00				
222	227	.243830E+03	.422078E+02	.135076E-05	.000000E+00	.225706E+03			
	228	.243830E+03	.731491E+02	.135076E-05	.000000E+00	.216721E+03			
	266	.243830E+03	.731491E+02	.135076E-05	.000000E+00	.216721E+03			
	265	.243830E+03	.422078E+02	.135076E-05	.000000E+00	.225706E+03			
	CENTER	.243830E+03	.576785E+02	.135076E-05	.000000E+00	.220718E+03	.243830E+03	.576785E+02	.000
	STRAIN	.719133E-02	-.491132E-03	.111492E-09	.000000E+00				
223	229	.165753E+03	.554610E+02	-.223263E+02	.000000E+00	.151171E+03			
	230	.165753E+03	.427749E+02	-.223263E+02	.000000E+00	.153978E+03			
	268	.203987E+03	.427749E+02	-.223263E+02	.000000E+00	.190290E+03			
	267	.203987E+03	.554610E+02	-.223263E+02	.000000E+00	.186731E+03			
	CENTER	.184870E+03	.491179E+02	-.223263E+02	.000000E+00	.170307E+03	.188448E+03	.455433E+02	-9.104
	STRAIN	.810165E-02	-.302051E-03	-.276421E-02	.000000E+00				
224	230	.182633E+03	.442141E+02	-.124819E+02	.000000E+00	.166440E+03			
	231	.182633E+03	.253139E+02	-.124819E+02	.000000E+00	.172742E+03			
	269	.196702E+03	.253139E+02	-.124819E+02	.000000E+00	.186602E+03			
	268	.196702E+03	.442141E+02	-.124819E+02	.000000E+00	.180047E+03			
	CENTER	.189667E+03	.347640E+02	-.124819E+02	.000000E+00	.176227E+03	.190667E+03	.337647E+02	-4.577
	STRAIN	.853516E-02	-.105411E-02	-.154538E-02	.000000E+00				



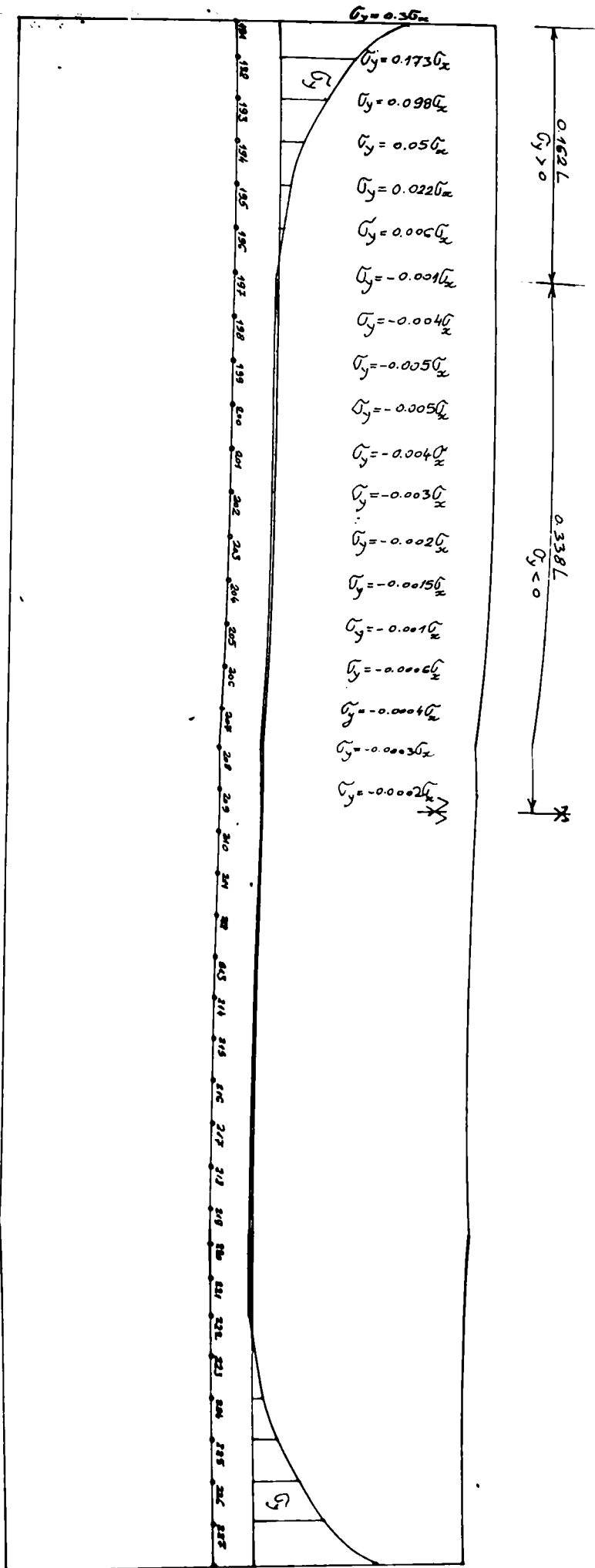


Fig 4.12

Diagrama eforturilor  $\sigma_y$  în planul de schimbare a proprietăților materialelor

Starea de eforturi în bara cu conlucrare descrisă mai sus a fost determinată cu ajutorul programului de calcul COSMOS M, pentru solicitarea axial centrică

Rezultatele obținute relevă faptul că proprietatea materialului de conlucrare  $E_{\text{cordon sudură}} \neq \alpha E_{\text{oțel subbare}}$ ,  $\alpha > 1$  nu induce pe bara cu conlucrare solicitată axial centric o stare rigidă de tensiune care să determine comportarea elastică a barei până la atingerea rezistenței de rupere, relevată prin "curba 1" din figura 4.13.

#### 4.4.4. Legi admise pentru deducerea relațiilor finale de calcul

Din cercetările efectuate asupra barei, alcătuită din subbare cu conlucrare, solicitată axial centric, în capitolele și paragrafele anterioare, se desprind, în cazul legării rigide a subbarelor, următoarele legi specifice pentru deducerea relațiilor finale de calcul :

LC1) Pe bara alcătuită din două subbare cu conlucrare solicitată axial diagrama de eforturi nenulă este diagrama de forță axială.

Diagrama de forță axială este constantă și egală cu mărimea încărcării axiale exterioare.

LC2) Diagrama de eforturi unitare  $\tilde{\sigma}_y(x,y)$  are într-o secțiune transversală curentă a barei, următoarele proprietăți :

$$\begin{aligned} * \quad \tilde{\sigma}_y(x,0) = & \left( \frac{40.7747}{L^4} x^4 - \frac{81.5494}{L^3} x^3 + \right. \\ & \left. + \frac{54.516354}{L^2} x^2 - \frac{13.741654}{L} x + 1 \right) \mu p \end{aligned}$$

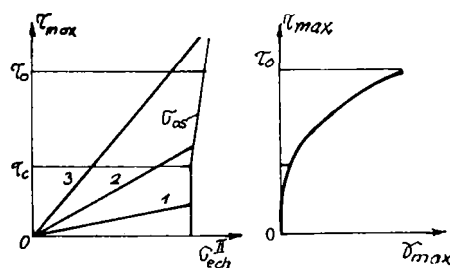
$$* * \quad \begin{cases} \tilde{\sigma}_y(x,y) > 0 & \text{dacă } y \in (-l_{sb}, l_{sb}) \\ \text{sau } \tilde{\sigma}_y(x,y) < 0 \end{cases}$$

$$* * * \quad \tilde{\sigma}_y(x, l_{sb}) = \tilde{\sigma}_y(x, -l_{sb}) = 0$$



#### 4.5. Rigidizarea barelor cu conlucrare solicitate axial

Din graficul eforturilor unitare  $\bar{\sigma}_y(x,y)$  pe bară rezultă că în cazul solicitării axiale se disting zone în care conform criteriului de rupere Fridmann - Davidenko, ruperea se produce prin smulgere iar calculul piesei trebuie făcut după ipoteza a doua conform teoriei lungirilor specifice maxime și zone în care ruperea se produce prin forfecare iar piesa trebuie calculată după ipoteza a treia conform teoriei eforturilor unitare tangențiale maxime (fig. 4.13).



$$m = \frac{\tau_{max}}{\sigma_{ech}''} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1 - \mu \sigma_2} =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_x - \sigma_y}{\sigma_x - \mu \sigma_y} = m_1 < 0.5 \text{ dacă } \sigma_y > 0$$

Fig. 4.13 Diagrama stării mecanice Davidenko Fridman a materialului

Alcătuirea rațională a barei cu conlucrare impune rigidizarea judicioasă a zonelor în care ruperea barei nerigidizate se produce prin forfecare astfel încât calculul barei să se facă după ipoteza a doua.

Capacitatea portantă a barei în zona în care calculul trebuie făcut conform ipotezei a doua este :

$$F = \sigma_{rupere} \cdot A_{bară} = \sigma_r \cdot A_b$$

Notăm cu  $A_r$  aria plăcuțelor de rigidizare.

În zona în care ruperea se produce prin forfecare, condiția de epuizare a capacității de rezistență are expresia :

$$\frac{\sigma_r \cdot A_b}{A_b + A_r} - \sigma_y = \sigma_c \quad , \quad \sigma_y < 0$$

Aria plăcuțelor de rigidizare este :

$$A_r = \frac{\sigma_r - \sigma_c - \sigma_y}{\sigma_c + \sigma_y} A_b \quad , \quad \sigma_y < 0$$

Tinând seama de tendințele de uniformizare a eforturilor  $\sigma_y$  și de secțiunea de rupere determinată experimental rigidizarea barei se face în intervalele :

$$(0.25L, 0.35L) \cup (0.65L, 0.75L)$$

Variația eforturilor unitare  $\sigma_y$  are o influență redusă asupra ariei plăcuțelor de rigidizare.

Aria plăcuțelor de rigidizare se va considera constantă pe lungimile zonelor de dispunere.

#### 4.6. Calculul capacității portante a barei cu eforturi inițiale de conlucrare solicitată la întindere centrică

paragraful

Din 4.5 rezultă că bara cu conlucrare va fi o bară rigidizată astfel încât epuizarea capacității de rezistență să se producă teoretic simultan în toate secțiunile transversale ale barei.

Dacă  $\sigma_r = \gamma \sigma_c$ , atunci aria plăcuțelor de rigidizare dispuse pe bară va fi :

$$A_r = (\gamma - 1) A_b$$

Conform prevederilor STAS 10108/0/78,  $\gamma = 1,6$ .

Aria transversală a plăcuțelor de rigidizare se va lua

$$A_r = 0.6 A_b \quad (4.12)$$

Pentru îmbinările sudate solicitate la întindere influența diferitelor defecte (goluri, incluziuni de zgură, neregularități) se resimte în mod defavorabil; de aceea pentru acest tip de îmbinări coeficientul de omogenitate este redus la 0.8.

Raportul dintre rezistențele de calcul ale îmbinărilor sudate și rezistențele de calcul ale metalului de bază se consideră 0.8.

Forța axială capabilă de întindere asociată barei cu conlucrarea, rigidizată este:

$$N_{cap}^{int} = 0.8 \gamma \sigma_c A_b = 1.28 \sigma_c A_b \quad (\text{relație finală}) \quad (4.13)$$

#### 4.7. Calculul capacității portante a barei cu eforturi inițiale de conlucrarea solicitată la compresiune centrică

##### 4.7.1. Aspecte speciale ale barei cu conlucrarea solicitată la compresiune centrică

În Raportul general al Lucrărilor Simpozionului Internațional de Stabilitate, Budapesta, 1990, imperfecțiunea inițială a barei standard a fost apreciată de majoritatea autorilor la  $L/1000$ .

În cazul în care, sub acțiunea forței exterioare de compresiune, ar apărea deformații de încovoiere, atunci eforturile unitare de conlucrarea  $\sigma_y$  ar influența defavorabil stabilitatea barei, în zona secțiunii transversale în care eforturile unitare normale din încovoiere au semn contrar eforturilor unitare  $\sigma_y$ .

Din cele de mai sus rezultă că bara cu conlucrarea solicitată la compresiune centrică trebuie alcătuită astfel încât momentul de inerție al barei să nu permită dezvoltarea săgeții de încovoiere deoarece în realitate imperfecțiunea inițială a barei există, ea fiind apreciată la  $L/1000$ .

##### 4.7.2 O metodă de dimensionare la compresiune centrică a barei standard

În cadrul Lucrărilor Simpozionului internațional de Sta-

bilitate a Structurilor din oțel, Budapesta 1990, autorii A.I. Caraba și V. Druzenco au publicat lucrarea "Studii teoretice asupra stabilității barei standard .

Din lucrarea menționată mai sus se desprinde o importantă concluzie : dacă imperfecțiunea inițială a barei standard nu depășește valoarea  $L/1000$  iar momentul de inerție al barei este :

$$I_{\text{bară}} = \frac{2FL^2}{3E}, \text{ unde } F \text{ este forța exterioară de compresiune aplicată axial centric iar } L \text{ este lungimea de flambaj,} \quad (4.14)$$

atunci, în cazul oțelului normal de construcții OL 37, nu se dezvoltă teoretic săgeți din încovoiere înainte ca efortul unitar normal de compresiune să atingă rezistența de calcul.

Consecință a proprietății de mai sus, forța capabilă a barei standard este :  $F = A_{\text{bară}} \cdot R$  dacă

$$I_{\text{bară}}^{\text{min}} \geq \frac{2}{3} \frac{FL^2}{E} \quad (4.15)$$

#### 4.7.3. Relații finale de calcul a barei cu conlucrare solicitată la compresiune centrică

Bara cu conlucrare solicitată la compresiune centrică, va fi rigidizată la fel ca și bara cu conlucrare solicitată la întindere centrică.

Relația dintre momentul de inerție și aria secțiunii transversale trebuie să îndeplinească condiția :

$$I_{\text{nec}}^{\text{min}} = \frac{2}{3} \frac{FL^2}{E}$$

Forța axială capabilă pentru bara standard cu conlucrare, rigidizată, solicitată la compresiune este :

$$N_{\text{cap}}^{\text{compr.}} = 1.28 \sigma_c A_b \quad (4.16)$$

dacă momentul de inerție minim al barei îndeplinește condiția (4.17)

$$I_{\text{nec}}^{\text{min}} \geq 0.85 \frac{A_b L^2}{E} \sigma_c \quad (4.17)$$

#### 4.7.4. Influența eforturilor inițiale de conlucrare asupra barei solicitate la compresiune axială

Dacă bara alcătuită din subbare cu conlucrare, nu îndeplinește condiția 4.17 și

$$I_{nec}^{min} \leq 0,85 \frac{A_b L^2}{E} \sigma_c$$

atunci sub acțiunea forței exterioare de compresiune pe fondul imperfecțiunii se dezvoltă o săgeată de încovoiere.

Dacă  $I_{nec}^{min} \geq 0,85 \frac{A_b L^2}{E} \sigma_c$ , atunci săgeata de încovoiere nu se dezvoltă, teoretic sau este nesemnificativă din punct de vedere practic.

Dacă săgeata din încovoiere se dezvoltă, atunci peste eforturile normale negative din compresiune și încovoiere se supra-pun eforturile de conlucrare  $\sigma_y$ , având mici valori pozitive în zonele  $x \approx \frac{L}{3}$  sau  $x \approx \frac{2L}{3}$ ; în acest caz efortul unitar echivalent crește iar eforturile de conlucrare influențează negativ stabilitatea barei, în cazul barei nerigidizate.

Astfel, în cazul barei cu conlucrare alcătuită din două subbare U8 prin sudarea cap la cap a aripilor, având  $L=1500$  mm și neîndeplinind condiția 4.17, s-a constatat în cadrul încercării experimentale la compresiune centrică flambajul în planul în raport cu care momentul de inerție al secțiunii transversale al barei este minim; deși bara încercată era simplu rezemată, s-a constatat schimbarea lungimii de flambaj, de la  $L$  la aproximativ  $0,7L$ .

Au fost încercate încă trei bare similare cu cea descrisă mai sus, obținându-se aceleleași rezultate.

Schimbarea planului și a lungimii de flambaj în cazul barei cu conlucrare solicitată la compresiune centrică, au fost atribuite fenomenului de conlucrare.

4.7.5. Bare cu conlucrare având rezistențe superioare de rupere la solicitarea centric axială relativ la rezistența de rupere a materialului de bază

În [1] se prezintă condiția de solicitare biaxială ca fiind cauza care implică creșterea de aproximativ 1.5 ori a rezistenței de rupere la solicitarea de întindere centrică. (fig. 4.14)

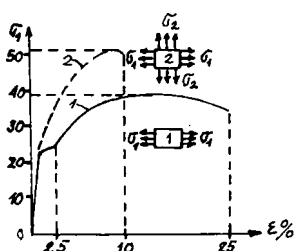


Fig 4.14  
 Diagramele caracteristice  
 $\sigma$ - $\epsilon$  pentru o epruvetă  
 supusă la întindere  
 1-monoaxială 2-biaxială

Bara cu conlucrare alcătuită din patru subbare are relativ la subbare următoarele proprietăți :

- pe subbarele situate în zonele marginale starea de tensiune este rigidă, efortul unitar echivalent comparându-se cu rezistența de rupere a materialului de bază; pe subbarele situate în zona centrală starea de tensiune este de asemenea rigidă iar datorită solicitării biaxiale efortul unitar normal de rupere corespunzător subbarelor centrale este superior rezistenței de rupere a materialului de bază.

Se notează cu  $\sigma_{R,4}$  efortul unitar normal de rupere a barei cu conlucrare alcătuită din patru subbare.

Însumând capacitatea de rezistență la rupere a subbarelor se obține :

$$\underbrace{1.5 \sigma_R \times 2A}_{\text{pe subbare centrale}} + \underbrace{\sigma_R 2A}_{\text{pe subbare marginale}} \quad (4.18)$$

Impunând condiția de egalitate între capacitatea de rezistență la rupere a barei și suma capacităților de rezistență la rupere a subbarelor se obține :

$$\tilde{\sigma}_{r,4}(4A) = (1.5 \tilde{\sigma}_r + \tilde{\sigma}_r)2A \quad (4.19)$$

$$\tilde{\sigma}_{r,4} = 1.25 \tilde{\sigma}_r \quad (4.20)$$

valoarea se confirmă și experimental.

Capacitatea de rezistență a barei cu conlucrare, alcătuită din patru subbare legate transversal în serie, crește cu 25% relativ la bara fără conlucrare. Această concluzie se bazează și pe încercările experimentale.

#### 4.7.6 Propuneri pentru aplicarea rezultatelor cercetării în proiectarea elementelor de construcții metalice

În tratatele pentru calculul construcțiilor se precizează faptul că în fiecare teorie de rupere, capacitatea de rezistență a unei piese este asigurată atât timp cât efortul unitar de comparație  $\sigma_v$  calculat pe baza acelei teorii este mai mic ca rezistența limită  $\sigma_{lim}$  a materialului, care, după caz, poate fi limita de curgere  $\sigma_c$  sau rezistența de rupere  $\sigma_r$  obținute la încercarea de întindere sau compresiune simplă.

Proiectarea elementelor de construcții metalice se conduce în țara noastră după STAS 10108/0/78 care impune folosirea rezistenței de calcul pentru dimensionarea elementelor de construcții.

Folosirea rezistenței de calcul în locul limitei de curgere are o justificare obiectivă din punct de vedere tehnic; de aici rezultă că în proiectarea elementelor de construcții metalice cu eforturi inițiale de conlucrare este necesar să se folosească rezistența de calcul  $R$  în locul limitei de curgere.

În cele ce urmează se fac propuneri pentru aplicarea rezultatelor cercetării în proiectarea elementelor de construcții metalice, astfel :

##### 1. Elemente solicitate la întindere centrică

Aria necesară,  $A_{nec}$ , a elementului solicitat la forța extensivă de întindere centrică  $N$  se calculează cu formula :

$$A_{nec} = \frac{N}{1,28 R} \quad (v.4.13)$$

1,28 reprezintă sporul capacității portante a barei ca efect al conlucrării subbarelor

Elementele solicitate la întindere centrică se vor rigidiza în intervalele  $(0,25L, 0,35L)$ ,  $(0,65L, 0,75L)$  de pe lungimea barei cu plăcuțe; aria plăcuțelor de rigidizare,  $A_r$ , va fi :

$$A_r = 0,6 A_b$$

unde  $A_b$  este aria secțiunii transversale a barei,  $A_b \geq A_{nec}$ .



## 2. Elemente solicitate la compresiune centrică

Momentul de inerție minim necesar a elementului având lungimea de flambaj  $L$  solicitat la forța exterioară de compresiune centrică  $F$  este :

$$I_{nec} = \frac{2}{3} \frac{FL^2}{E}$$

Aria necesară se calculează cu formula :  $A_{nec} = \frac{F}{1.28R}$

Elementele solicitate la compresiune centrică se vor rigidiza în intervalele  $(0.25L, 0.35L)$  ,  $(0.65L, 0.75L)$  de pe lungimea barei cu plăcuțe ; aria plăcuțelor de rigidizare,  $A_r$ , va fi :

$$A_r = 0.6 \cdot A_b$$

unde  $A_b$  este aria barei,  $A_b \gg A_{nec}$ .

## 3. Elemente solicitate la întindere sau compresiune din încovoiere

Efortul unitar normal în elementele solicitate la întindere sau compresiune din încovoiere, calculate cu formula :

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

trebuie să îndeplinească condiția :  $\sigma < 1.28 R$

Elementele solicitate la întindere sau compresiune din încovoiere se vor rigidiza în intervalele  $(0.25L, 0.35L)$  ,  $(0.65L, 0.75L)$  de pe lungimea elementului încovoiat cu plăcuțe ; aria plăcuțelor de rigidizare,  $A_r$ , va fi :

$$A_r = 0.6 A_t$$

unde  $A_t$  este aria elementului întins sau comprimat din încovoiere.

## 4.7.7 Aplicația numerică nr. 1

Se dimensionează, cu metoda după stările limită bara 1-2 din ferma curentă a unei hale industriale (fig.4.15).

Bara este solicitată la întindere axială.

Lungimea barei  $l = 192,1$  cm

Efortul axial de calcul  $N_{\max} = 29235$  daN

Ferma se execută din oțel normal OL 37, în soluție sudată.

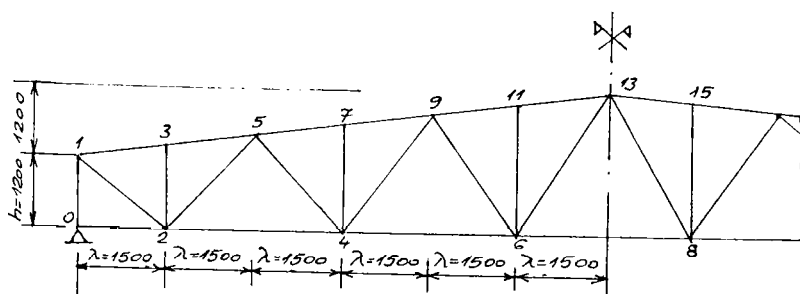


Fig. 4.15

Din formula (4.15) :

$$N_{\text{cap}}^{\text{int}} = 1.28 \sigma_c A_b$$

folosind metoda de calcul după stările limită, rezultă :

$$A_{\text{nec}} = \frac{N_{1-2}}{1.28R} = \frac{29235}{1.28 \cdot 2100} = 10.88 \text{ cm}^2$$

Se aleg 2 bare din oțel cornier 2L45x45x5

$$A = 8,60 \text{ cm}^2$$

0 bandă din oțel 55x5mm

$$A = 2,75 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{ef}} = 8,60 + 2,75 = 11,35 \text{ cm}^2$$

$$A_{r_{\text{nec}}} = 0,6A_b ; A_{r_{\text{nec}}} = 0,6 \times 10,88 = 6,53 \text{ cm}^2$$

Se aleg 4 platpande de 200x25x7mm

$$A_{r_{\text{ef}}} = 4 \times 2,5 \times 0,7 = 7 \text{ cm}^2$$

$$A_{r_{\text{ef}}} = 7 \text{ cm}^2 > A_{r_{\text{nec}}} = 6,53 \text{ cm}^2$$

Dispunerea plăcutelor  
de rigidizare pe bară

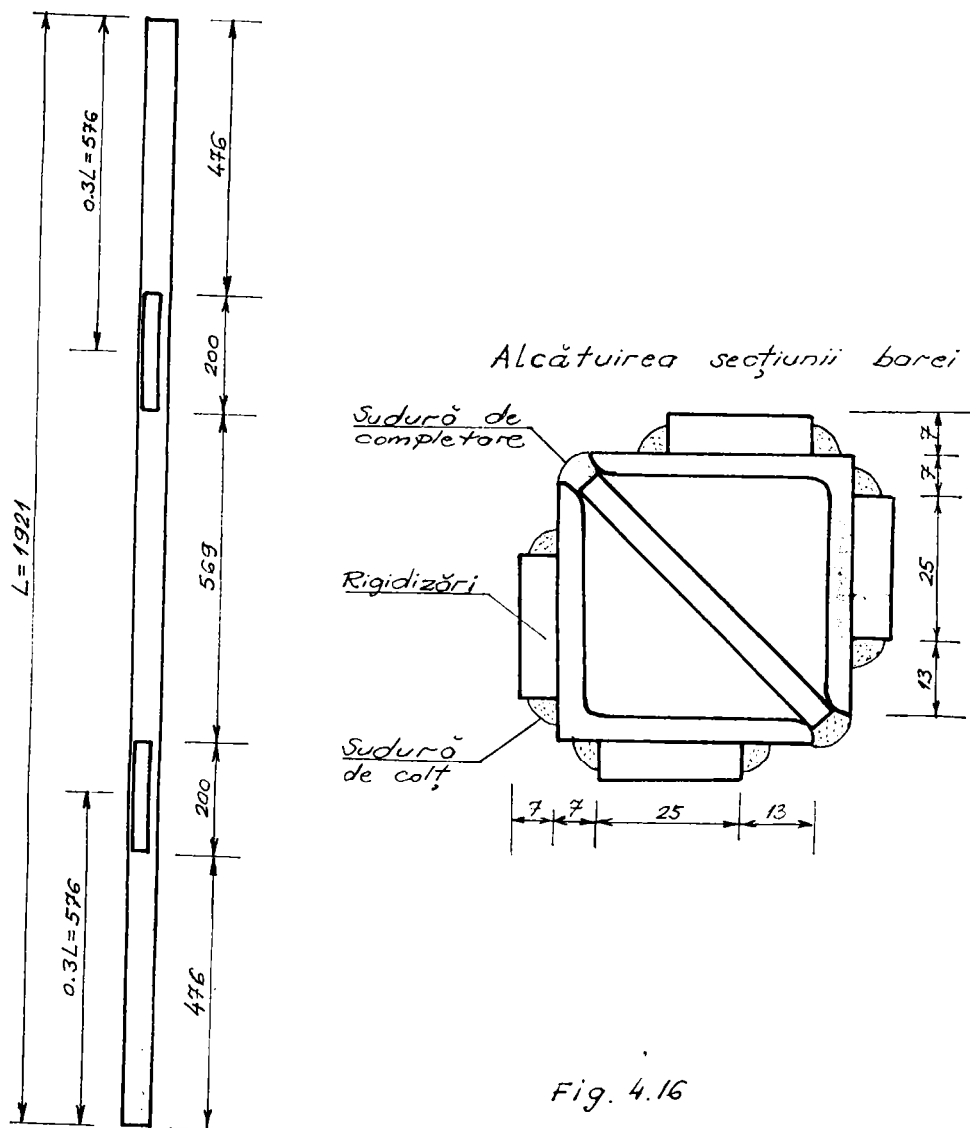


Fig. 4.16

## 4.7.8 Aplicația numerică nr.2

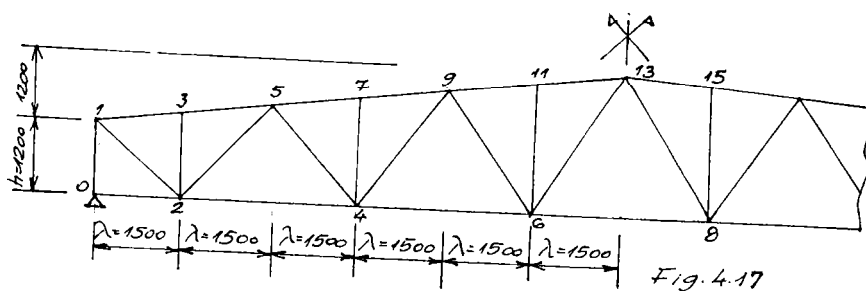
Să se dimensioneze, cu metoda după stările limită bara 11-13 din ferma curentă a unei hale industriale (fig.4.17)

Bara este solicitată la compresiune axială.

Lungimea barci  $l_{fx} = l_{fy} = 153,3$  cm

Efortul axial de calcul  $N_{max} = -46.305$  daN

Ferma se execută din oțel normal OL 37, în soluție sudată.



$$I_{nec} = \frac{2}{3} \frac{FL^2}{E} = \frac{2}{3} \frac{46305 \cdot 153,3^2}{2 \cdot 100000} = 342 \text{ cm}^4$$

Se aplică formula :

$$A_{nec} = \frac{N_{max}}{1,28R}$$

$$A_{nec} = \frac{46305}{1,28 \cdot 2100} = 17,22 \text{ cm}^2$$

$$I_{nec} = \frac{2}{3} \frac{FL^2}{E} \equiv \frac{2}{3} \frac{46305 \cdot 153,3^2}{2 \cdot 100000} = 342 \text{ cm}^4$$

Se alege 4L70x45x4,5

$$A_{cf} = 4 \times 5,07 = 20,28 \text{ cm}^2$$

$$I_{cf} = 2 \times 25,3 + 2 \times 0,25 + 2 \times 5,07 \times 3,55^2 + 2 \times 5,07 \times 4,72^2 = 420,7 \text{ cm}^4$$

$$I_{cf} = 420,7 \text{ cm}^4 > I_{nec} = 342 \text{ cm}^4$$

$A_r$  = aria secțiunii rigidizării

$$A_{r,nec} = 0,6 \times 17,22 = 10,33 \text{ cm}^2$$

Se alege 4 bucăți oțel lat 200x60x5 cu  $A_{ref} = 4 \times 6 \times 0,5 = 12 \text{ cm}^2$

$$A_{r,nec} = 10,33 \text{ cm}^2 < A_{ref} = 12 \text{ cm}^2$$

Alcătuirea secțiunii barei

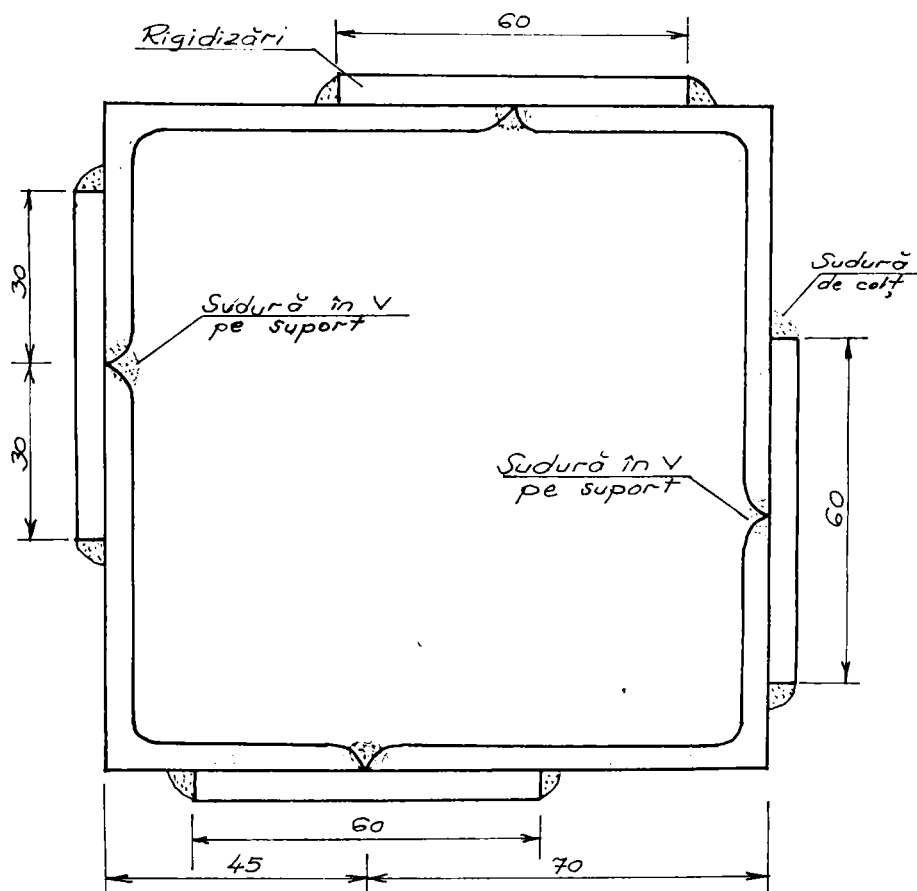


Fig. 4.18

Dispunerea plăcutelor de  
rigidizare pe bară

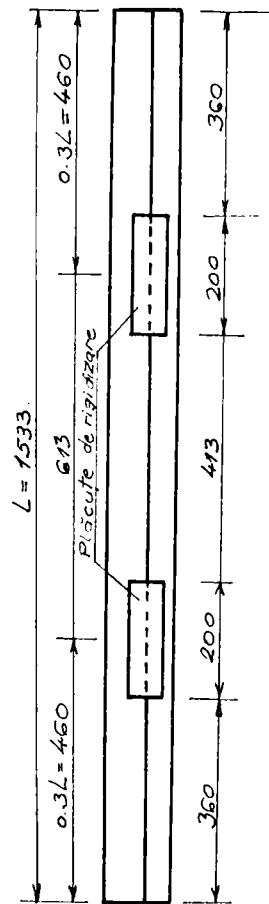


Fig. 4.19

## 5. INVESTIGAȚII EXPERIMENTALE PE BARE

### 5.1. Pregătirea programului experimental

Programul experimental a fost pregătit pentru a face următoarele verificări :

v<sub>1</sub>) verificarea unor ipoteze simplificatoare și legi admise pentru deducerea relațiilor de calcul

v<sub>2</sub>) verificarea factorilor presupuși de perturbare, a ipotezelor simplificatoare și a legilor admise pentru deducerea relațiilor de calcul, care apar ca urmare a nerespectării condițiilor constructive

v<sub>3</sub>) verificarea teoriei de calcul a barelor și implicit a structurilor din bare cu eforturi initiale de conlucrare

v<sub>4</sub>) verificarea parametrilor reali de sudare electrică în scopul unei evaluări adevărate a costurilor energetice și de manoperă

Cele patru verificări propuse mai sus au folul de a percepe modelarea fenomenului de conlucrare în varianta discretizării sub formă de penduli a zonei de conlucrare, atât fizic existențial cât și în cadrul teoriei de calcul tehnic și economic.

Pentru ca programul experimental să poată fi îndeplinit, au fost concepute două grupe semnificative de structuri static nedeterminate :

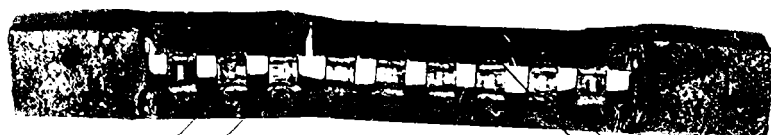
E<sub>1</sub>) bare alcătuite din subbare legate transversal cu penduli intermitenți, izolați perceptibili.

Experimentele din cadrul grupei E<sub>1</sub> au rolul de a releva fenomenul de conlucrare pendulară.

În cadrul grupei E<sub>1</sub> au fost construite bare alcătuite din două respectiv patru subbare, încercarea efectuându-se la întindere centrică.

În fotografiile 5.1, 5.2 sunt ilustrate două structuri static nedeterminate alcătuite din subbare legate între ele cu penduli, experimente din cadrul grupei E<sub>1</sub>.

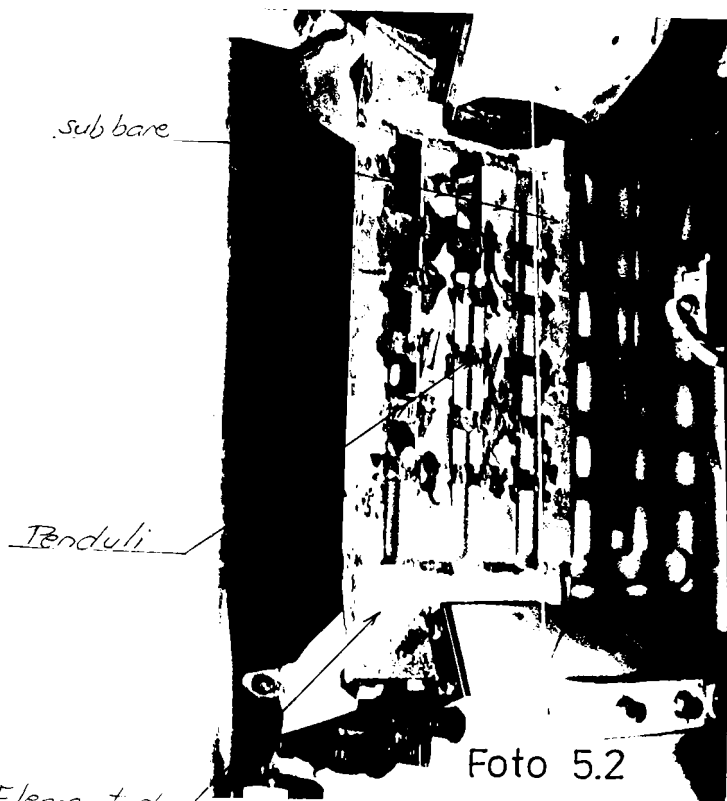
Bară încercată la întindere pentru  
a evidenția existența eforturilor unitare  
în zona de conlucrare



Penduli  
de conlucrare  
cu timbre tensometrice

Subbare

Foto. 5.1



sub bare

Penduli

Element de  
reazem

Structură  
alcătuită din  
subbare cu  
conlucrare  
încercată la  
întindere  
centrică axială  
în scopul  
evidențierii  
caracteristicilor  
conlucrării în  
cazul unui  
număr redus  
de penduli  
și a rigidității  
insuficiente  
a elementului  
de reazem

Foto 5.2

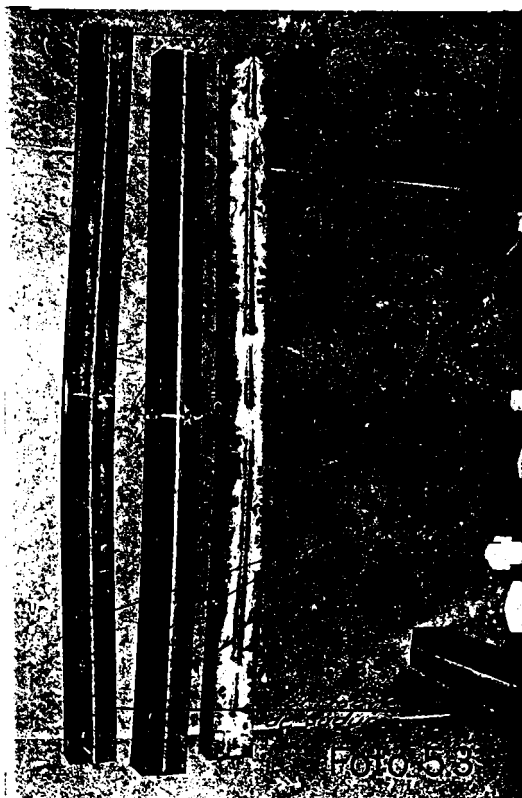


$E_2$ ) Grupa de structuri care include bare alcătuite din subbare legate transversal cu cordoane de sudură electrică.

Experimentele din cadrul grupei  $E_2$  au rolul de a verifica fenomenul de conlucrare în cazul legării subbarelor prin pendul.

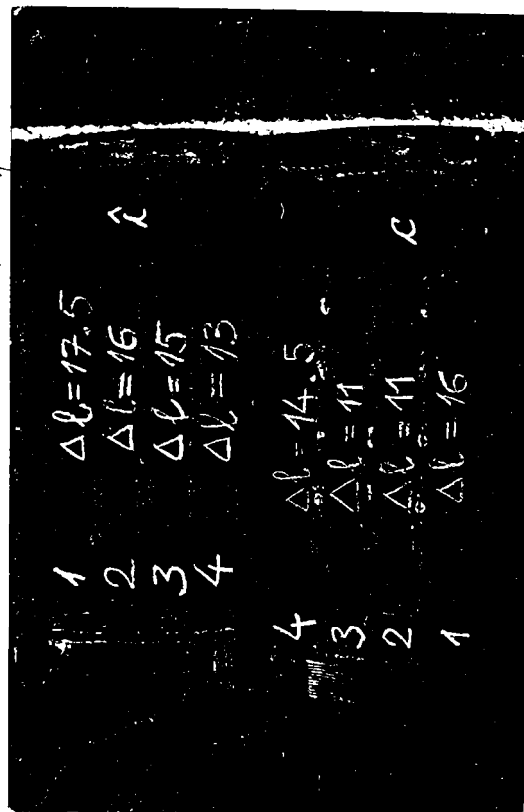
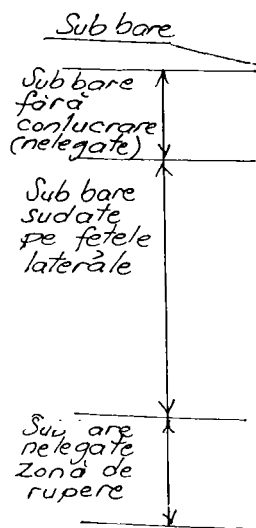
În cadrul grupei  $E_2$  au fost construite bare alcătuite din două respectiv patru subbare din profile laminate sub formă de benzi de oțel, profile U, corniere, încercările efectuându-se la întindere centrică, compresiune centrică, întindere de încovoiere, compresiune de încovoiere, măsurători de săgeți din încovoiere.

În fotografiile 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 sunt ilustrate structuri alcătuite din subbare legate între ele cu cordoane de sudură, experimente din cadrul grupei  $E_2$ .



*Bare compuse  
din câte două  
profile laminate  
U8, încercate  
la compresiune  
centric axială*

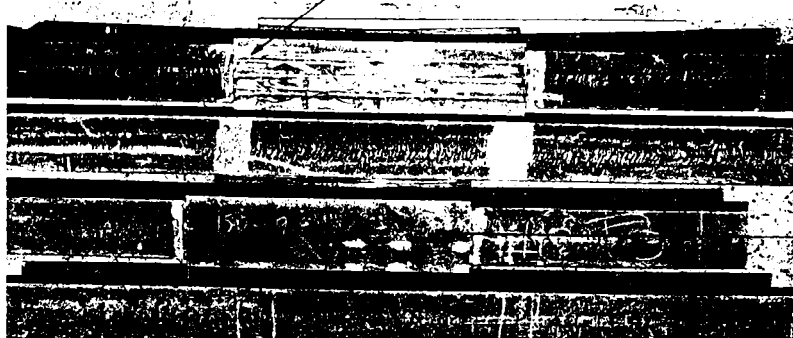
*Pierderea  
stabilității  
s-a produs  
prin flambaj  
în planul  
în raport cu care  
momentul de  
inertie al barei  
era minim.*



Structuri alcătuite din subbare cu sau fără conlucrare, încercate la întindere centric axială

Cordoane de sudură electrică

Element suplimentar alcătuit din patru subbare cu conlucrare dispus la partea inferioară și superioară a unei grinzi I



Element suplimentar clasic (otel lat) dispus la partea inferioară a unei grinzi I, pe un și la partea superioară

Elementul suplimentar cu conlucrare a avut ca efect reducerea sigei grinzii la 1/3 din sigea grinzii cu element suplimentar clasic

Foto 55

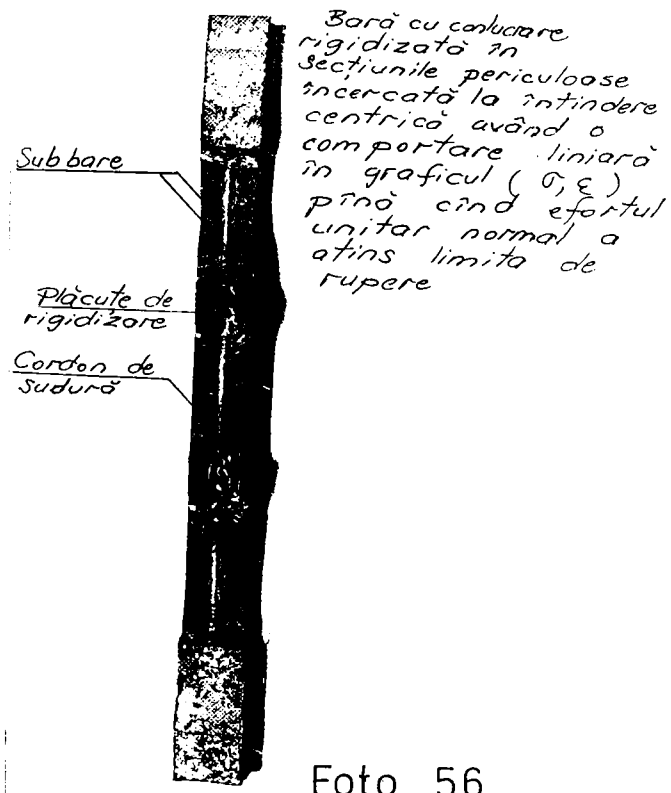


Foto 5.6

Bară cu conlucrare, nerigidizată, alcătuită din patru corniere, încercată la întindere centrică axială pentru observarea apariției fisurii în zona periculoasă

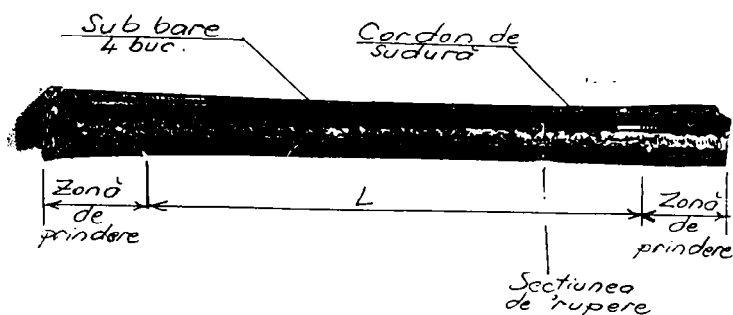
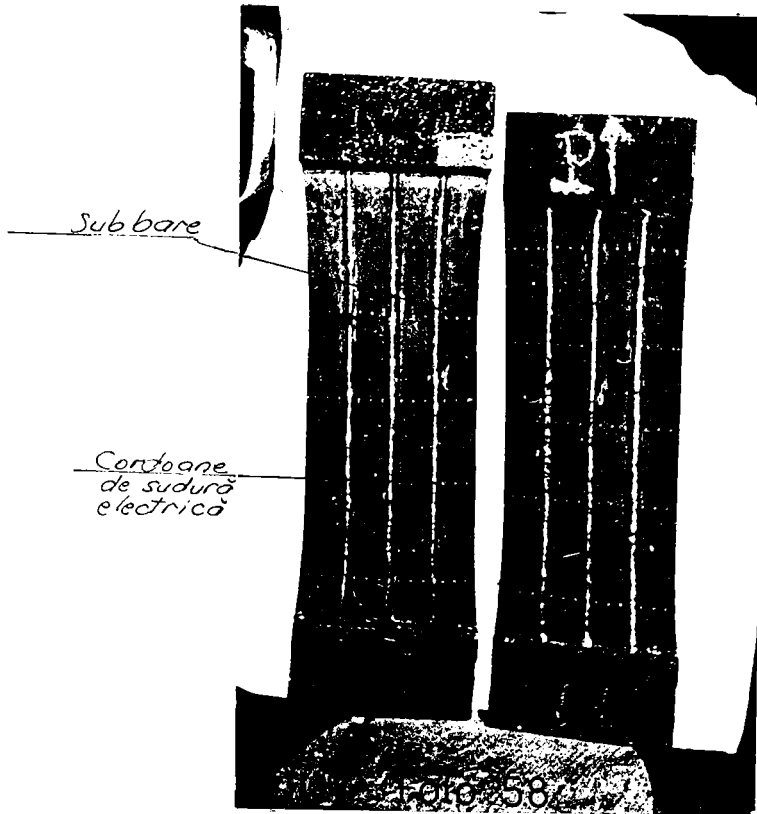


Foto 5.7



Bare olcătuite  
din câte patru  
sub bare cu  
conlucrare,  
având rezistențe  
superioare de  
rupere la  
solicitarea de  
întindere centric  
axială

## 5.2. Utilaje, instalații și aparate folosite în cercetarea experimentală

În cadrul cercetării experimentale au fost folosite în general utilaje și instalații existente în cadrul Catedrei de Construcții metalice a Universității Tehnice din Timișoara și în Hala de încercări a INCERC București Filiala Timișoara :

- mașina de încercare la tracțiune (foto 5.9)

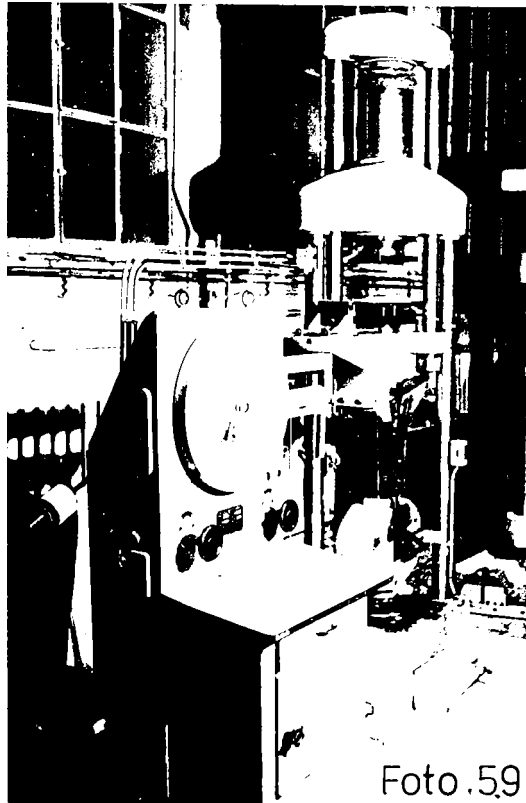
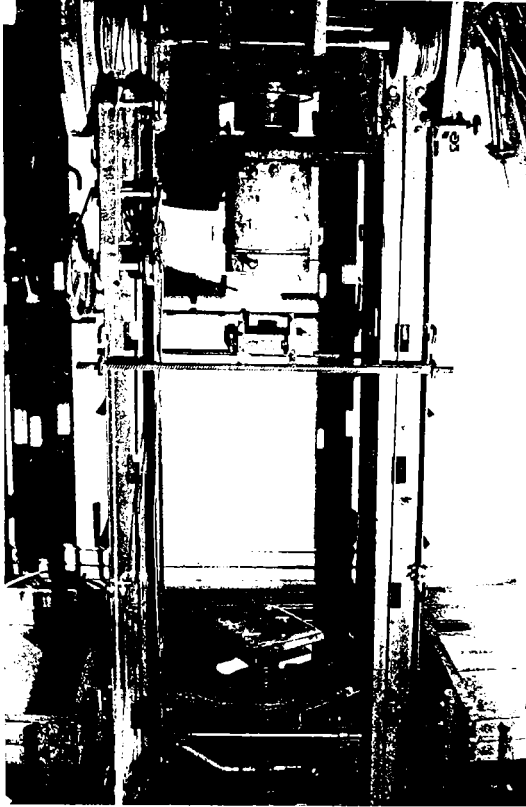
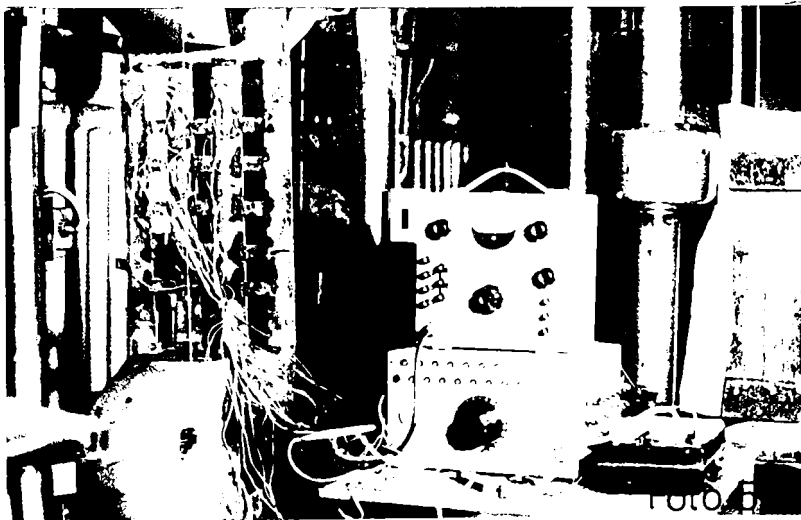


Foto .59

- Mașina de încercare la compresiune (foto 5.10)



Puntea tensiometrică (foto.5.11)

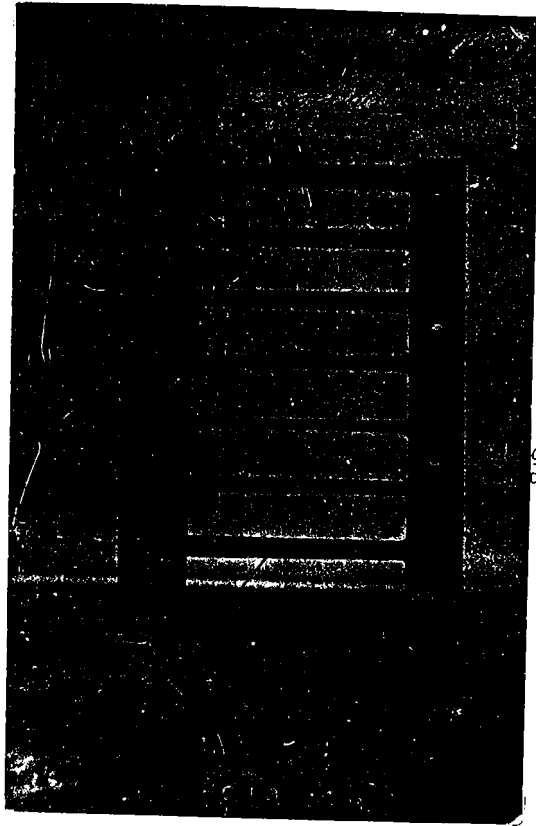


- Utilaj de sudare electrică
- Voltmetru
- Ampermetru
- Cronometru
- Microcomparator

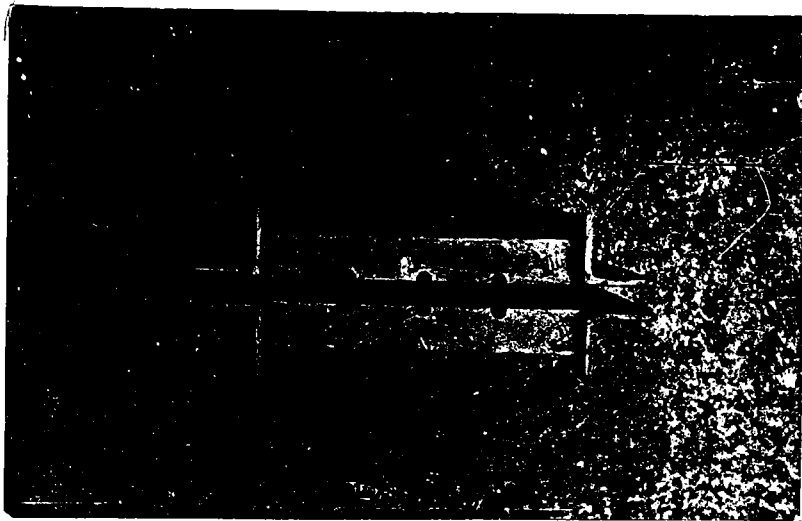
În particular a fost conceput și folosit un dispozitiv anti-flambaj pentru sudarea cap la cap sub compresie a benzilor de oțel (foto 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16)



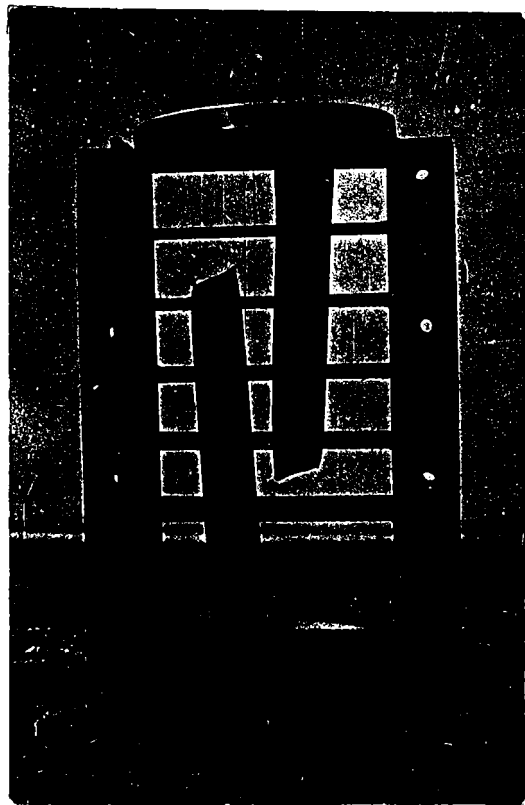
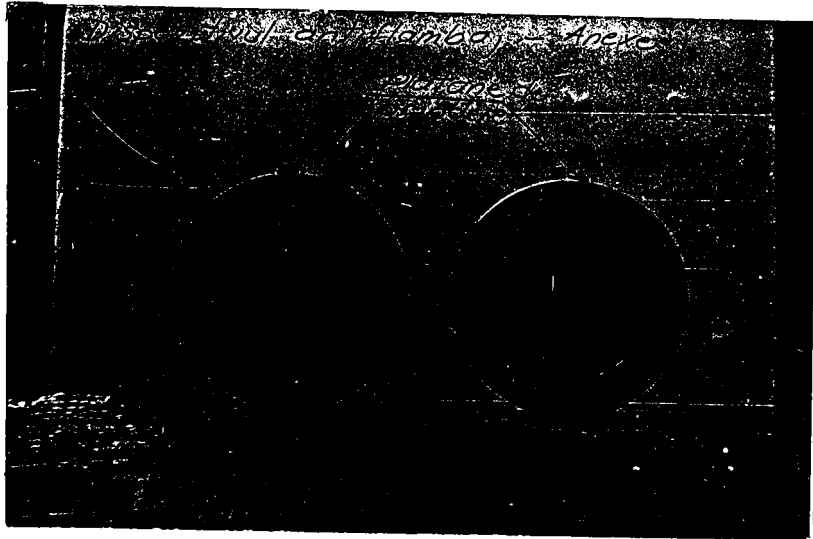
*Dispozitivul anti-flambaj așezat în mașina de încercare*



*uri pentru  
amblare cu  
șuruburi*







Dispozitivul antinflabaj a fost folosit și ca dispozitiv antidăformare din sudare electrică la realizarea barelor din benzi de oțel sudate cap la cap, în varianta manuală.

### 5.3. Investigații experimentale pe bare

Fiecare încercare experimentală este prezentată într-un mod specific care în general cuprinde :

- Grupa de structuri din care face parte experimentul
  - Descrierea constructivă a barei (grinzii) în desen și fotografie.
  - Materialele folosite la alcătuirea elementelor de construcție metalică.
  - Scopul și natura încercării experimentale
  - Prezentarea extraselor din măsurătorile efectuate în timpul experimentării
  - Prezentarea extraselor relevante din prelucrarea rezultatelor încercării experimentale
  - Paralelă comparativă între rezultatele experimentale și cele obținute din calculul operant conform teoriei de calcul elaborate.
  - Concluzii
- Observație. Din mulțimea încercărilor experimentale a fost extras un număr finit; aceasta deoarece fiecare încercare experimentală a fost repetată de mai multe ori.
- Fiecare încercare experimentală prezentată are un scop precis : demonstrează, justifică unul sau mai multe raționamente sau concluzii teoretice.

Inercarea experimentală nr.1

Grupa de structuri din care face parte experimentul: **EL**  
 Descrierea constructivă a barei (fig.5.1.,foto.5.17)

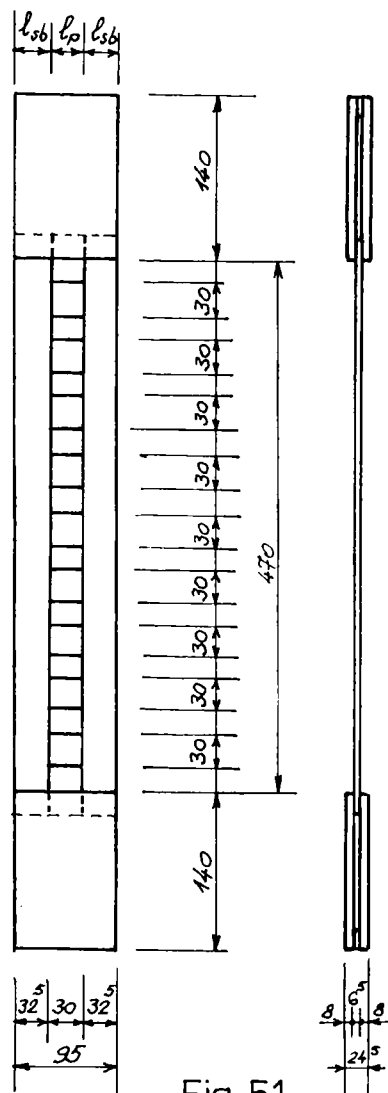


Fig. 5.1

Bara cu conlucrare din cadrul  
 Inercarii experimentale nr. 1

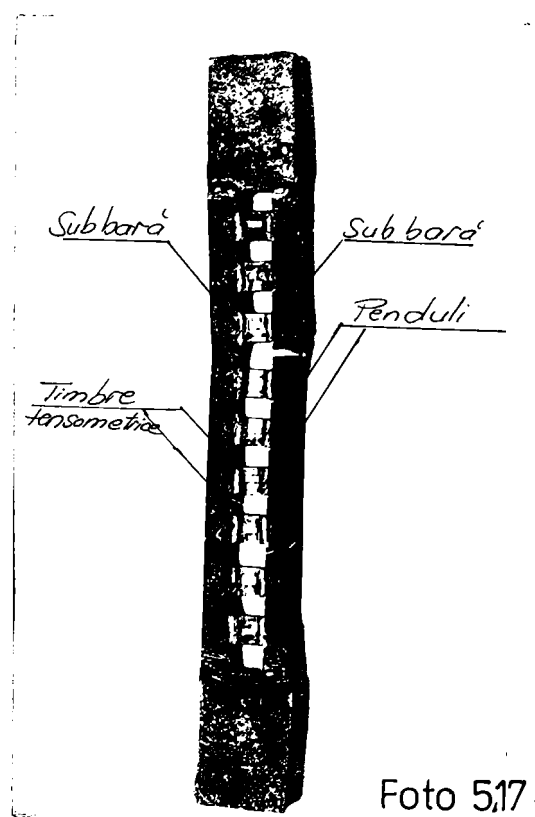
Materiale folosite la alcătuirea barei : oțel OL 52

$$\sigma_c = 4739 \text{ daN/cm}^2$$

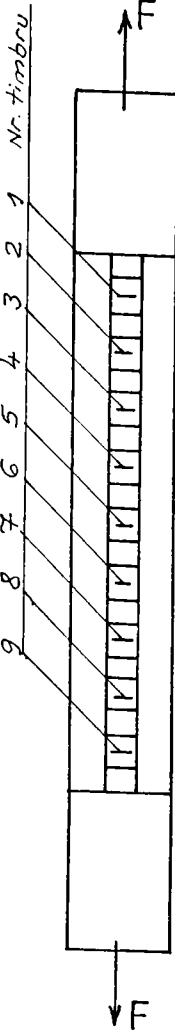
$$\sigma_r = 5920 \text{ daN/cm}^2$$

determinate pe epruvete înainte de sudare

Scopul și natura încercării experimentale nr.1 : Determinarea eforturilor axiale în penduli la solicitarea de întindere centrică aplicată barei, în special în zona de capăt de bară - condiție inițială pe care se bazează calculul.



FOAIE DE MASURATORI TENSOMETRICE



Bară cu conlucrare pendulară

Timbre : Dreptunghiulare

Data : 11.VI.1993

Nr. timbru	Citiri corespunzătoare treptelor de încărcare														F =		(daN)	
	1500	3000	4500	6000	9000	10000	12000	13500	15000	16500	17500	18500	19500	20500	21500	22500		23500
0																		
1	21100	21075	21090	21010	20915	21060	21175	21255	21370	21390	21175	21255	21370	21390	21175	21255	21370	21390
2	21080	21055	21070	20990	20890	21060	21165	21220	21335	21395	21165	21220	21335	21395	21165	21220	21335	21395
3	21070	21100	21010	21010	20890	21060	21160	21240	21235	21060	21160	21240	21235	21060	21160	21240	21235	21060
4	21010	21000	21050	20910	20915	21025	21130	21180	21250	21325	21025	21130	21180	21250	21325	21025	21130	21180
5	21040	21050	21070	20910	20835	21040	21120	21190	21230	21210	21040	21120	21190	21230	21210	21040	21120	21190
6	20980	21015	21045	20880	20900	21040	21110	21155	21150	21150	20980	21110	21155	21150	20980	21110	21155	21150
7	21050	21060	21080	20980	20855	21140	21165	21255	21340	21365	21050	21165	21255	21340	21365	21050	21165	21255
8	20990	21020	21025	20935	20820	21040	21085	21110	21120	21080	20990	21085	21110	21120	21080	20990	21085	21110
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Extrase relevante din prelucrarea rezultatelor experimentale.

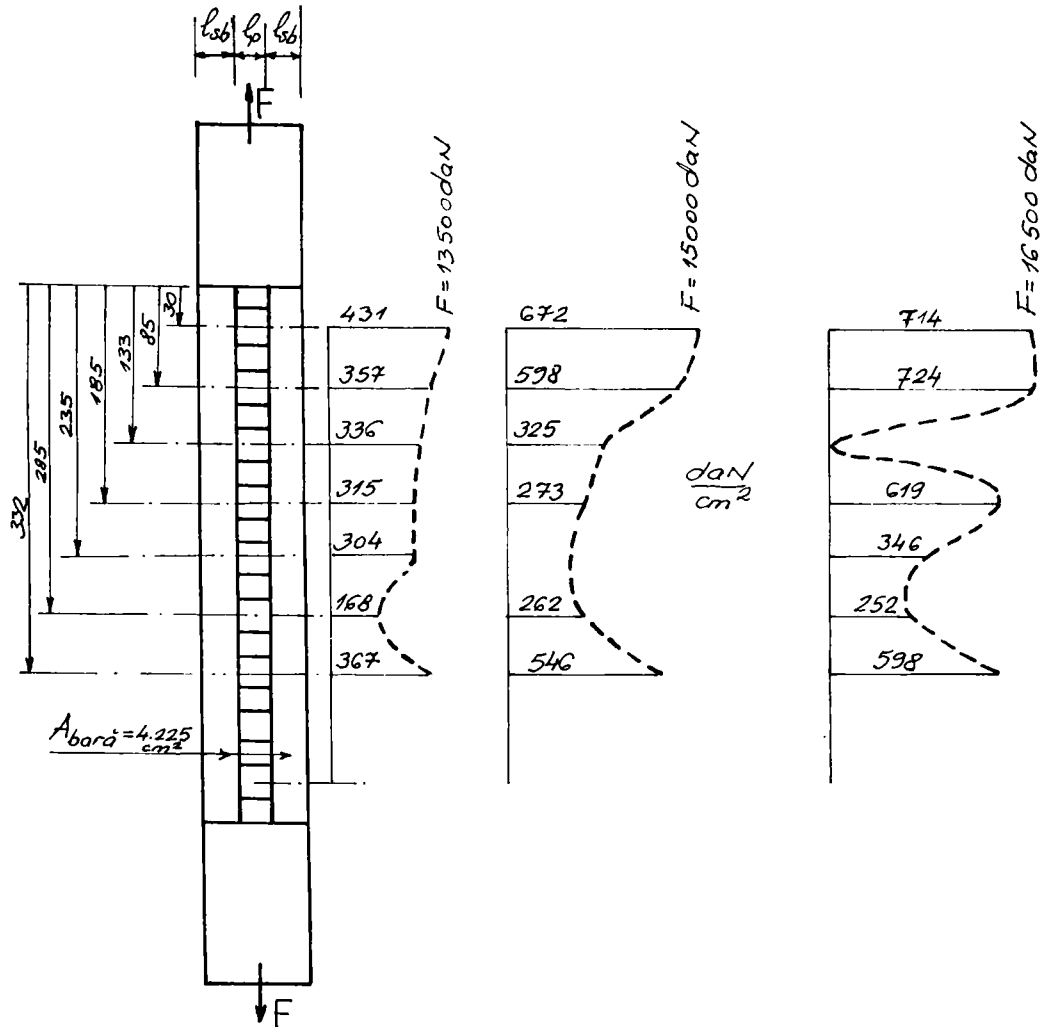


Fig 5.2 Variația eforturilor în pendulii barei cu conlucrare solicitata axial centric

Paralelă comparativă pentru eforturile din pendulii marginali (de la capătul barei).

Elementul analizat	Efort teoretic de calcul pt efortul în pendulul de capăt	Eforturi în pendulul marginal pentru "F" $\frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$					
		13500		15000		16500	
		Calculat	Măsurat	Calculat	Măsurat	Calculat	Măsurat
Pendul marginal (de capăt)	$\sigma_{\text{pendul}} = \frac{F}{A} \frac{2l_{sb}}{2l_{sb} + l_p}$ $2l_{sb} = 65 \text{ mm}$ $2l_{sb} + l_p = 95 \text{ mm}$ $A = 4.225 \text{ cm}^2$	590	431	656	672	721	714

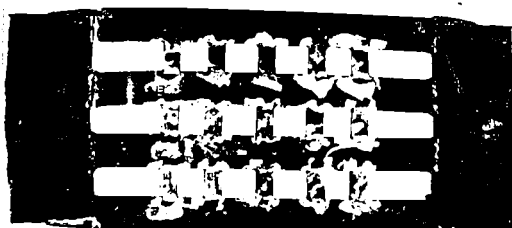
Concluzii. În teoria de calcul a barelor cu secțiune compusă cu conlucrare (alcătuite din subbare cu conlucrare), fenomenul conlucrării este considerat a exista pe toată lungimea barei adică s-a introdus prin ipoteză faptul că numărul pendulilor tinde la infinit. Efortul în pendulul marginal este decisiv în calculul teoretic. Se remarcă apropierea (practic identificarea) rezultatelor teoretice cu acele rezultate prin măsurători tensometrice odată cu creșterea eforturilor unitare normale în bară spre limita de curgere.

Diminuarea eforturilor în penduli în zona de mijloc a barei se reține doar ca o concluzie calitativă referitoare la alura curbei de variație a eforturilor în penduli, deoarece în calcul lungimea pendulilor s-a considerat a fi foarte mică, componenta din penduli a energiei elastice nefiind introdusă în analiza globală elastică.



Inercarea experimentală nr.2

Grupa de structuri din care face parte experimentul :E1)  
 Descrierea constructivă a barei : fig.5.3, foto 5.18.

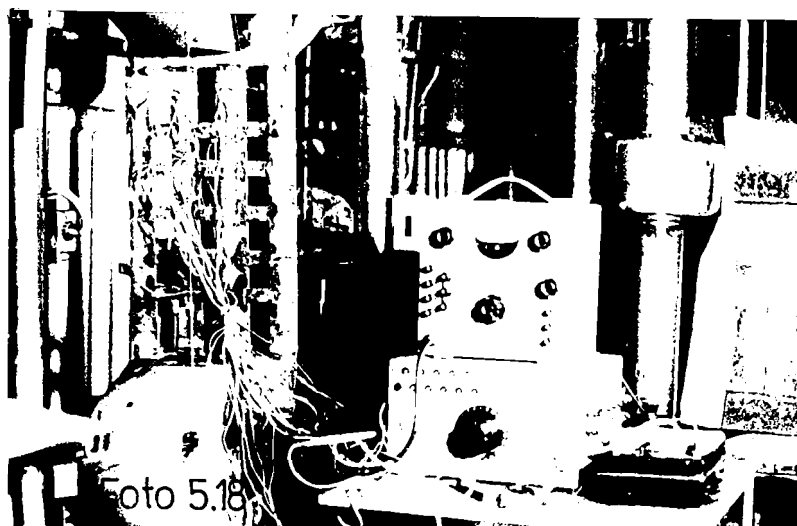


Materiale folosite la alcătuirea barei :

oțel OL 37       $\sigma_c = 3385 \text{ daN/cm}^2$   
                    $\sigma_T = 5444$   
                    $\varepsilon_T = 33,5\%$

Scopul și natura încercării experimentale nr.2 :

Determinarea eforturilor axiale în penduli și subbare la solicitarea de întindere centrică aplicată barei în ipoteza cuplării a doi factori perturbatori : rigiditatea insuficientă a elementelor de reazem ale barei (și implicit a subbarelor) și diminuarea numărului de penduli de conlucrare.



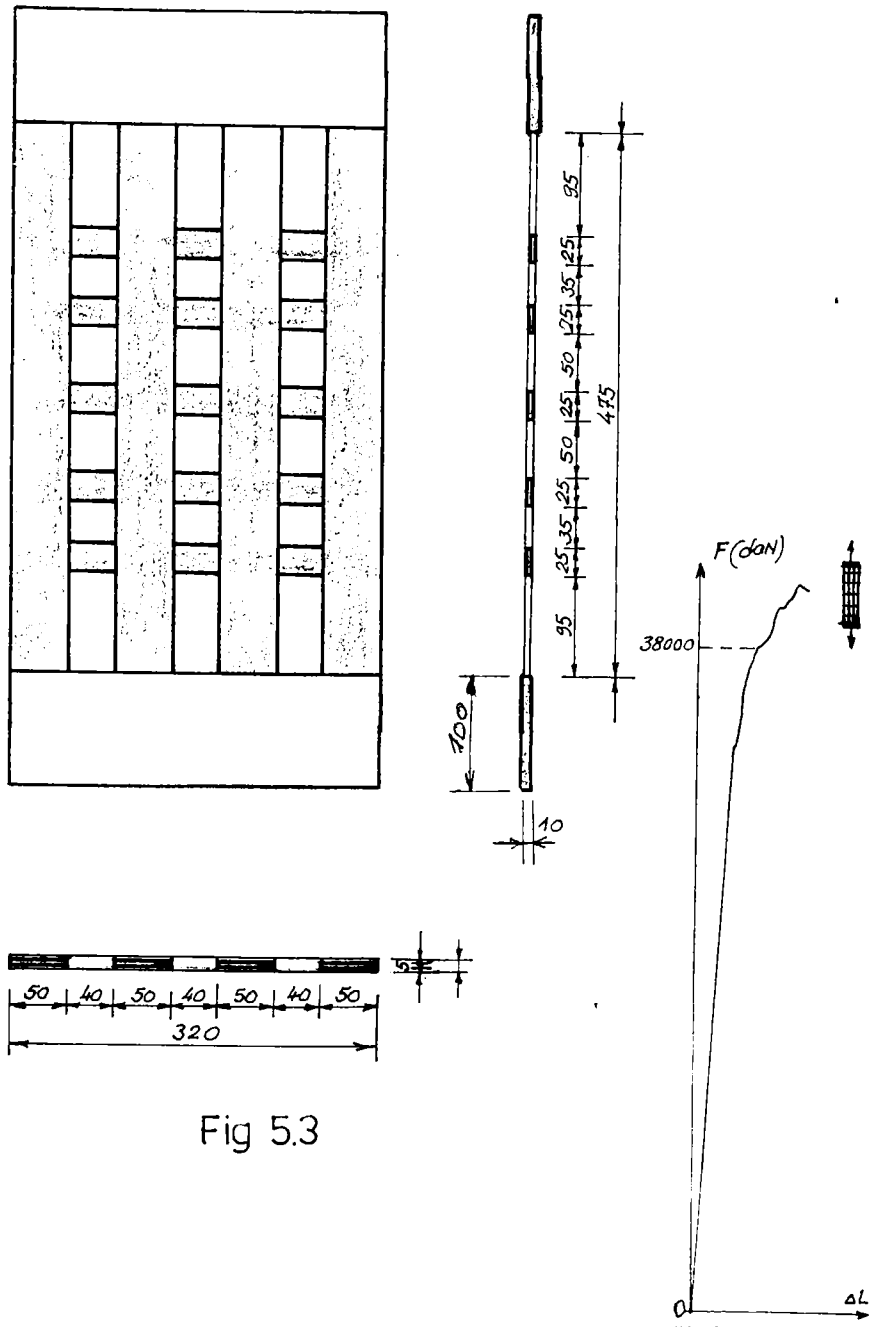
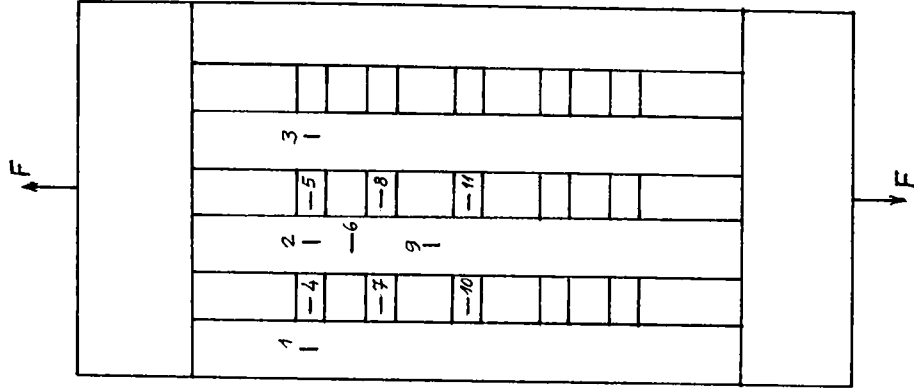


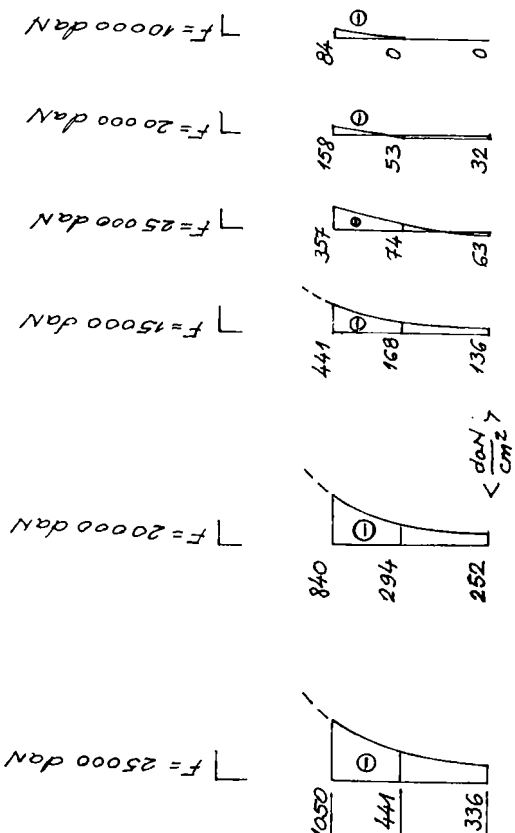
Fig 5.3

FOAIE DE MASURATORI TENSOMETRICE

Bară cu conlucrare pendulară  
 Timbre : Dreptunghiulare  
 Data : VI.1993

Nr. timbru	Citiri corespunzătoare treptelor de încercare "F=" (daN)										
	5000	10000	15000	20000	25000	20000	15000	10000	5000	0	5000
1	15160	15360	15500	15700	15830	16030	16475				
2	15215	15475	15520	16050	16510	-	-				
3	15180	15290	15380	15850	16440	-	-				
4	14920	14920	14910	14875	14780	14700	14325				
5	14900	14810	14800	14610	14510	14965	15090				
6	13890	13800	13800	13640	13540	13280	12500				
7	14970	14980	14975	15000	15010	14990	14760				
8	11990	11960	11960	11900	11830	11420	11110				
9	15260	15420	15360	15740	15950	16060	16090				
10	14970	14970	14965	14985	15000	15080	15270				
11	14950	14995	14935	14880	14840	14710	14660				

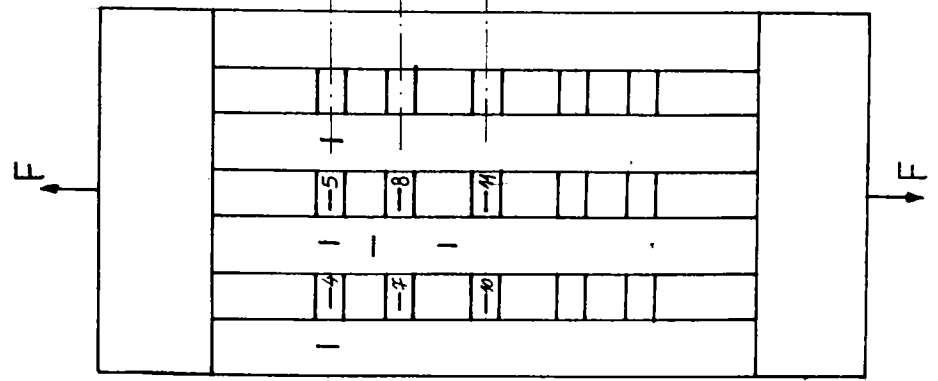




Variatia eforturilor unitare  
in pendulii centrali

Variatia eforturilor unitare  
in pendulii marginali

Fig. 5.4



Prin prelucrarea datelor înregistrate în timpul încercării experimentale, se obțin eforturile axiale din penduli centrali și marginali. Variația eforturilor în penduli pe lungimea barei este redată, pentru câteva trepte de încărcare, în graficele din fig. 5.4.

O paralelă comparativă între rezultatele experimentale și cele obținute din calcul nu se poate face deoarece nu au fost prevăzuți penduli de capăt.

În fotografia nădărală de mai jos se vede încovoierea în domeniul plastic a plăcii de reazem a subbarelor.

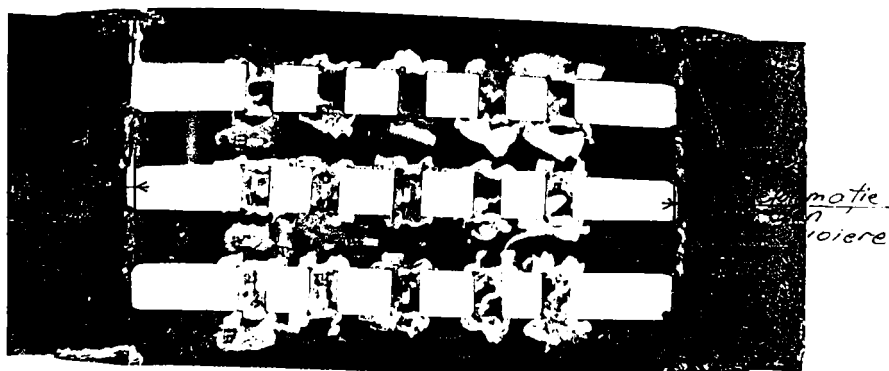


Foto 5.19

Concluzii. Eforturile în penduli în cazul încercării experimentale nr.2 sunt practic de compresiune în unanimitate. Analizând geometria barei la sfârșitul încercării experimentale, s-a constatat încovoierea plăcii de reazem a subbarelor în domeniul plastic.

Încovoierea a fost favorizată și de inexistența pendulilor de capăt, deci de rigiditatea la încovoiere mult diminuată a barei în secțiunea de îmbinare cu placa de reazem.

Solicitarea de încovoiere în placa de reazem crește odată cu creșterea lungimii pendulilor.

Inercarea experimentală nr. 3

Grupa de structuri din care face parte experimentul: E2)  
Descrierea constructivă a barelor încercate este redată în foto.5.20 și 5.21.

Oțelul folosit la alcătuirea barei este : OCS 58

Scopul și natura încercării experimentale :

- a se demonstra efectul similar al cordonului de sudură cu mulțimea de penduli în cadrul barei cu conlucrare solicitată centric axial

- verificarea faptului că subbarele cu conlucrare au la solicitarea de întindere centrică, lungiri reduse în comparație cu barele fără conlucrare.

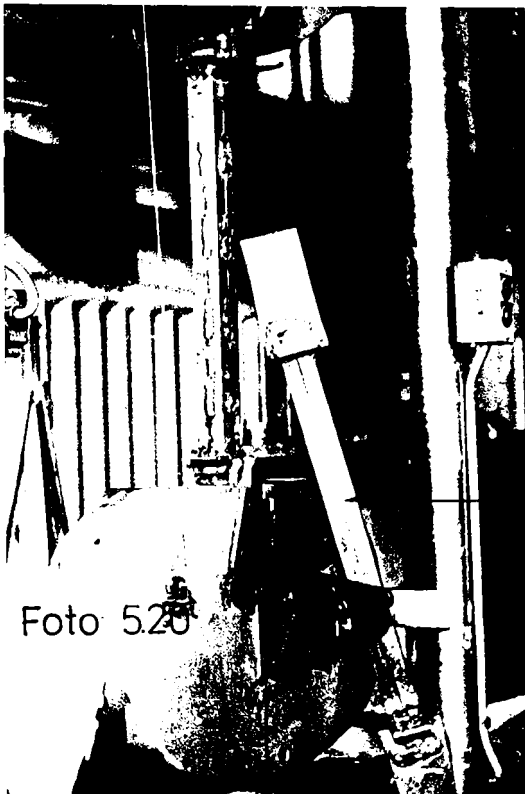


Foto 5.20

*sub bare  
având aceeași  
secțiune  
transversală*



Foto 5.21

### Prezentarea extraselor din cadrul experimentărilor

Pentru două bare cu conlucrare, având aceeași secțiune și lungime, deosebindu-se între ele prin faptul că o bară are legături prin penduli intersubbare iar cealaltă bară are legătură intersubbare sub formă cordonului de sudură, s-au reținut graficele (Forță, Alungire) care au fost reprezentate pe aceeași coală, folosind același reper cartezian ortonormat. (fig. 5.4)

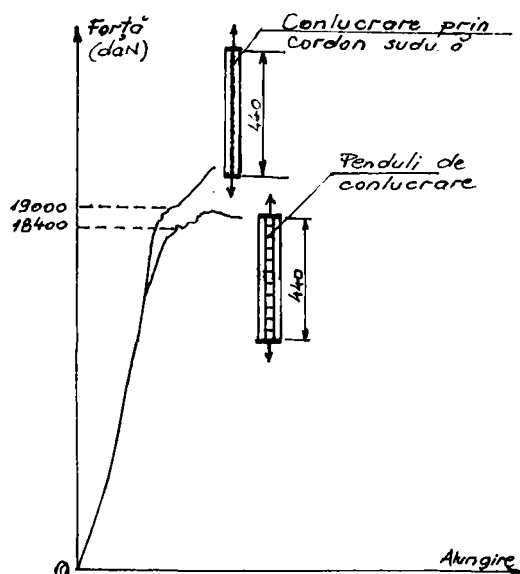


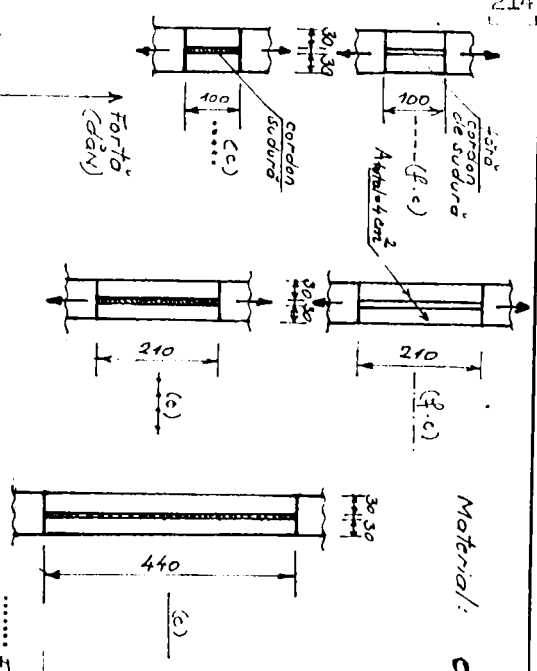
Fig. 5.4 Influenta modului de conlucrare asupra comportării barelor

Graficele de comportare ale celor două bare sunt sensibil egale.

Pentru ambele bare s-a înregistrat secțiunea de curgere ca fiind  $x = 0,3L$ . Ambele bare se rup prin lunecare, ductil, astfel încât încercarea a putut fi oprită în stadiul de dezvoltare a fisurii, (foto. 5.20) în ipoteza că nu se dispun plăcuțe de rigidizare.

Au fost confecționate 6 bare având aceeași secțiune transversală și în plus următoarele caracteristici :

- trei au fost bare cu conlucrare
- ~~trei~~ trei au fost bare fără conlucrare
- fiecare bară cu conlucrare, de lungime fixată, a avut

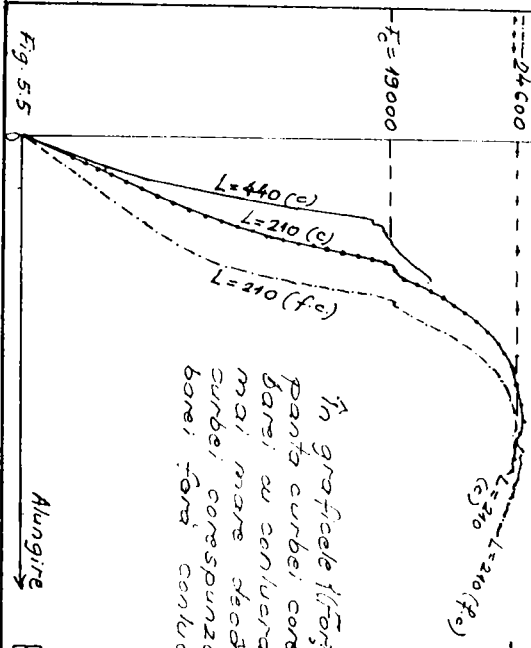
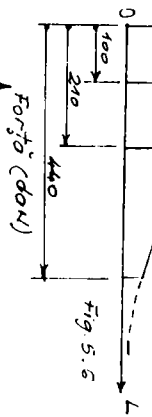


Material: OCS 58

$$C = \frac{8625 \text{ daN}}{2.8 * 0.65 \text{ cm}^2} = 4739 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

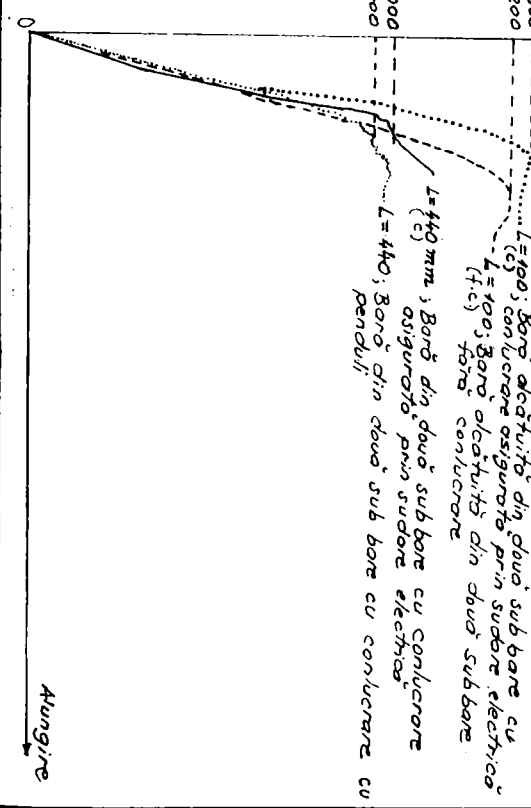
$$\tau = \frac{10715 \text{ daN}}{2.8 * 0.65} = 5920 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Deformația specifică a barei  
cu conlucrare, scurțurare, scade  
odată cu creșterea lungimii barei



În graficele (Forță, Alungire) și  
panta curbei corespunzătoare  
barei cu conlucrare este  
mai mare decât panta  
curbei corespunzătoare  
barei fără conlucrare

Fig 5.5, 5.6



L=440; Barei alcătuită din două sub bare cu  
(c) conlucrare asigurată prin sudare electrică  
(f.o) Barei alcătuită din două sub bare  
fără conlucrare  
L=440 mm; Barei din două sub bare cu conlucrare  
asigurată prin sudare electrică  
L=440; Barei din două sub bare cu conlucrare cu  
pendul!

Alungire



corespondență o bară fără conlucrare, de aceeași lungime.

- toate barele au fost încercate la întindere axială  
S-au reținut graficele (Forță axială, Alungire) .

Sunt de fapt graficele (Forță axială, Deplasarea punctului de aplicație al forței exterioare) .

Se redau graficele în fig.5.5.

Pentru barele fără conlucrare, alungirea crește cu lungimea barei, sub aceleași încărcări.

În cazul barelor cu conlucrare, alungirea specifică scade odată cu creșterea lungimii barei.

Scăderea alungirii barei este redată în fig.5.6.

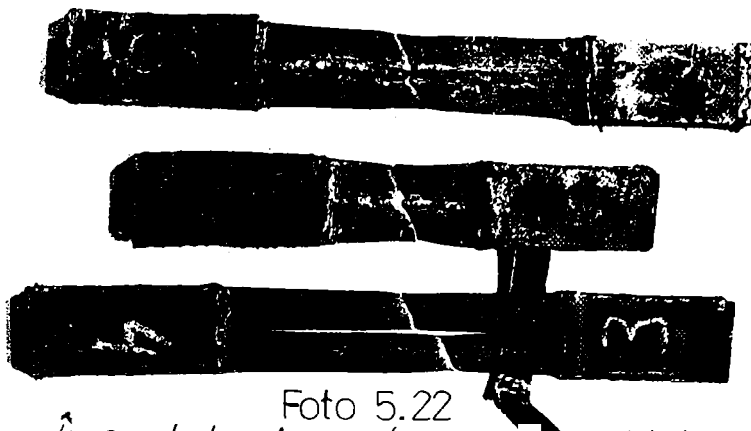


Foto 5.22

În cazul barelor scurte, având raportul lungime-lățime mai mic decât 4, ruperea nu s-a produs la  $\frac{1}{3}$  sau  $\frac{2}{3}$

### Concluzii

Efectul similar al cordonului de sudură cu mulțimea densă de penduli în cadrul barei cu conlucrare solicitată axial centric este evidențiată de egal - sensibilitatea graficelor de comportare. (fig.5.4)

Scăderea alungirii specifice odată cu creșterea lungimii barei cu conlucrare relevă faptul că efectul legăturii transversale a subbarelor care alcătuiesc bara solicitată axial centric nu se diminuează odată cu creșterea lungimii barei cu conlucrare.

Inercarea experimentală nr.4

Grupa de structuri din care face parte experimentul : B2

Descrierea constructivă a barei este prezentată în fig. 5.7

foto. 5.23

Oțelul folosit la alcătuirea barei este OL 37

Scopul și natura încercării experimentale :

Determinarea secțiunilor periculoase pe baza măsurătorilor tensometrice.

Inregistrarea graficului (Forță axială exterioară, Alungire) .



Foto 5.23

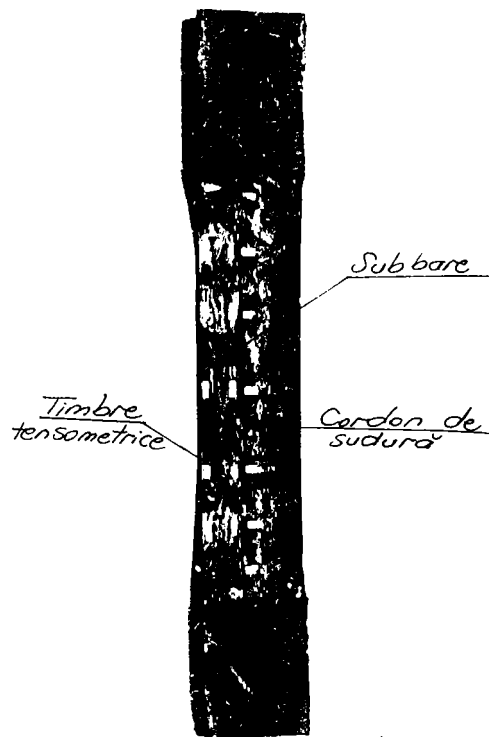
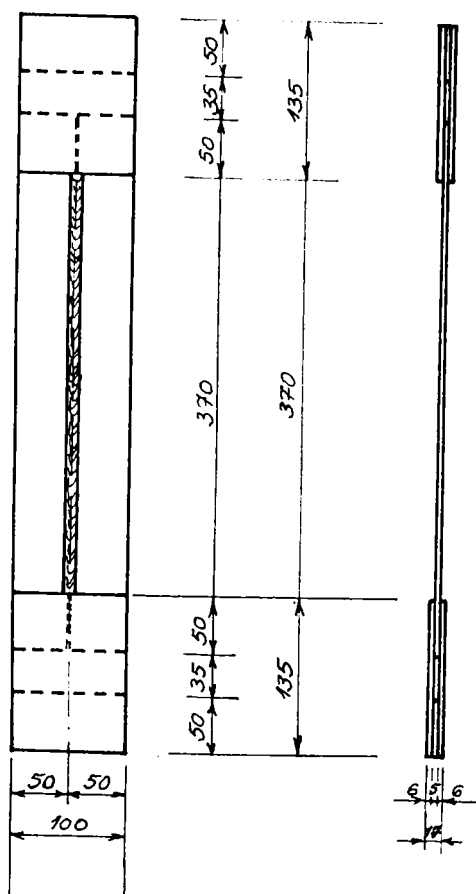


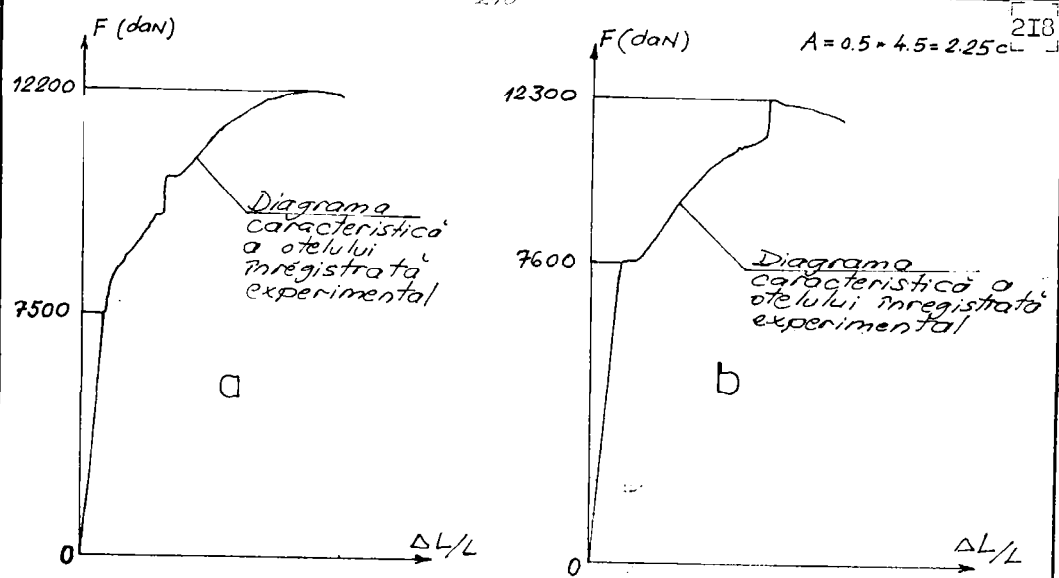
Foto. 5.24

În fig. 5.8 este reprodus graficul (Forță axială exterioară, Alungire) a barei fără conlucrare, înainte de sudarea cap la cap a subbarelor.

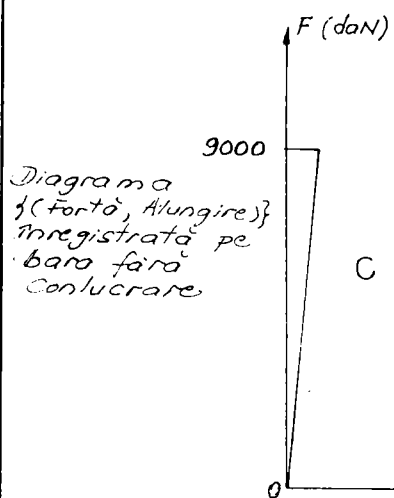


Bara din cadrul încercării experimentale nr.4

Fig. 5.7



a), b) Diagrame înregistrate la încercarea pe epruvete (încercarea experimentală nr. 4)



c) Diagramă înregistrată pe bară (încercarea exp. nr. 4)

Fig 5.8

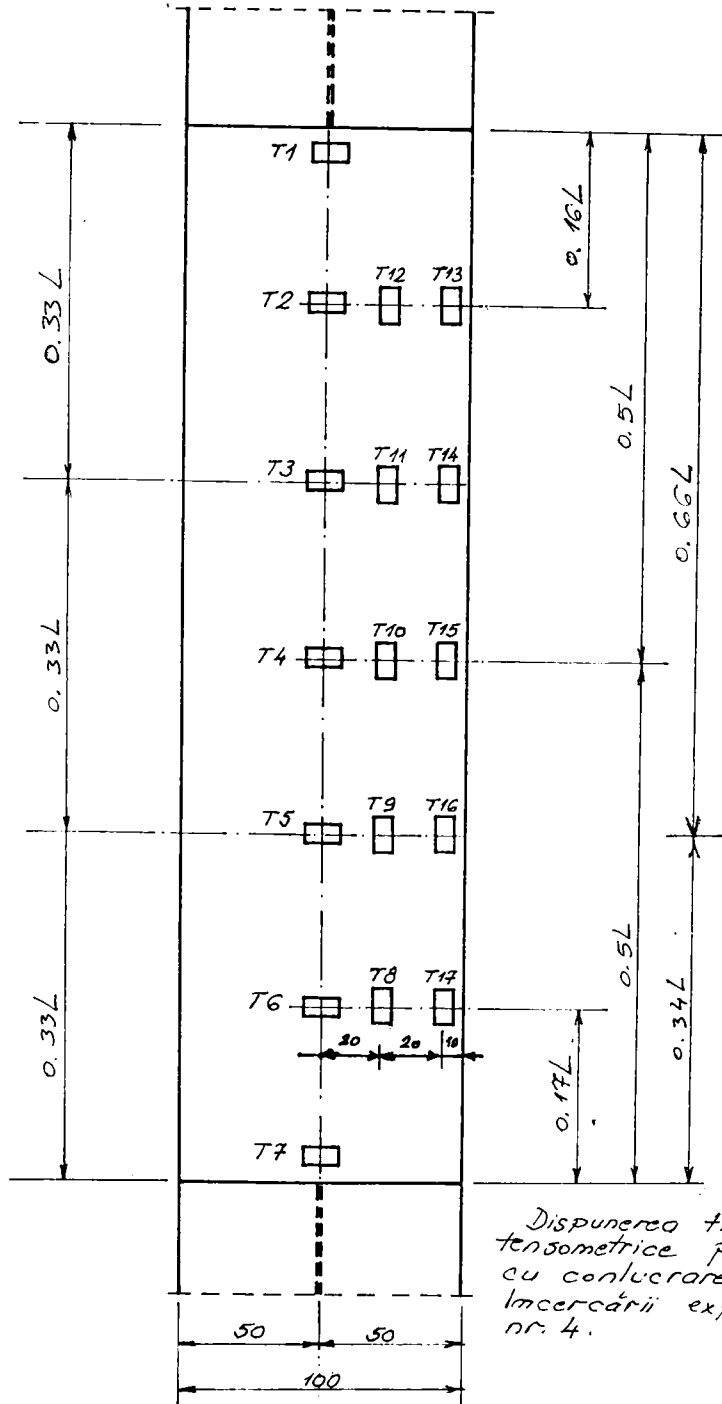
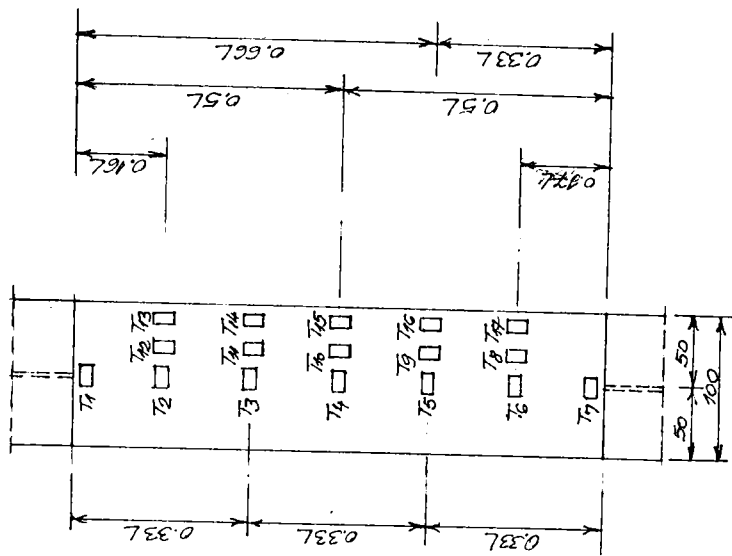


Fig 59

FOAIE DE MASURATORI TENSOMETRICE

Bară cu onlucrare  
 Tiabre : Dreptunghiulare  
 Data : V.1993

Nr. tim- bru	Citiri corespunzătoare treptelor de încărcare "R="n" (dan)	
	4000	8000 12000 16000 20000
1	14225	14495 14865 14780 14595 14450
2	15000	14880 14780 14645 14510 14050
3	15010	14910 14800 14710 14610 14265
4	15025	14925 14885 14725 14415 13975
5	14980	14785 14655 14500 14240 14020
6	15000	14620 14370 14075 13790 13340
7	15010	14905 14840 14730 14595 14600
8	15000	15010 15050 15235 17200 18100
9	15000	15360 15570 15850 15950 17150
10	15010	15260 15715 16280 17290 18705
11	15015	15235 15495 15740 15920 16280
12	15000	15225 15540 15920 16230 15825
13	15010	15480 15800 16250 16685 17890
14	15000	15480 15655 15940 16180 16970
15	15000	15750 15950 16200 16290 15770
16	15000	
17	15000	



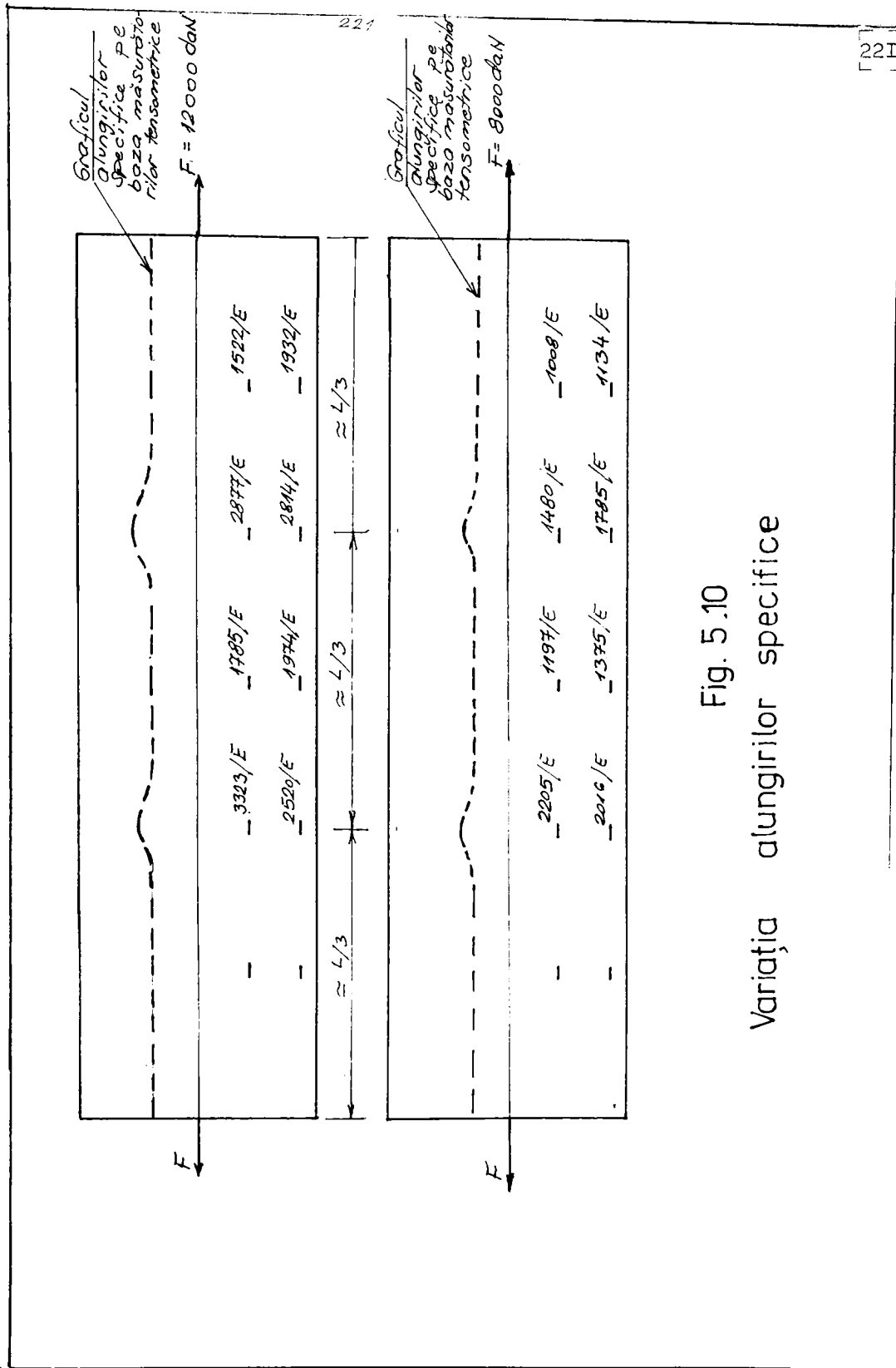
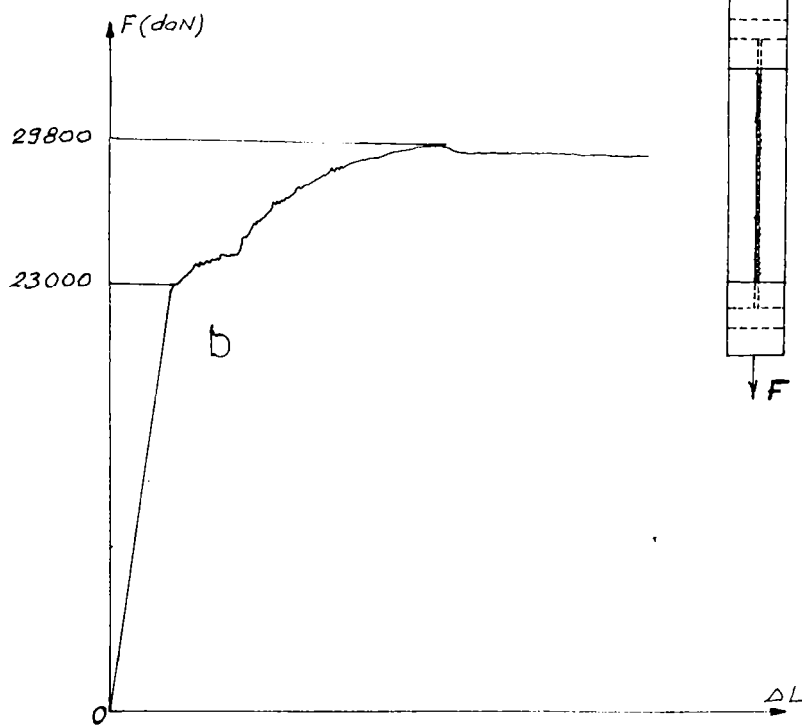
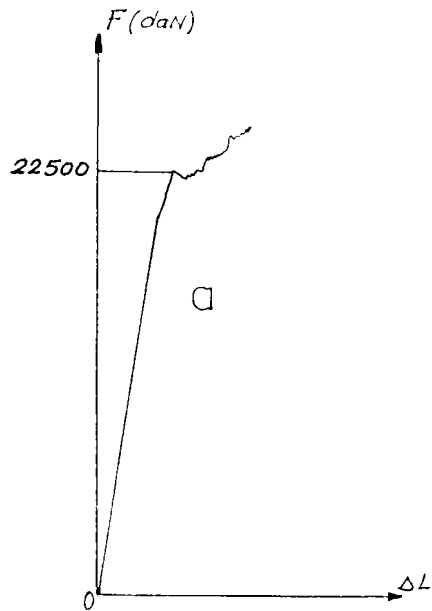


Fig. 5.10  
Variația alungirilor specifice



a, b) Diagrame  $\{ \text{forță, Alungire} \}$  pe bară cu conlucrare (Inserc. exp. nr. 4)

Fig. 5.11



În figura 5.9 se prezintă dispunerea timbrelor tensometrice pe bară.

În figura 5.10 sunt reprezentate diagramele alungirilor specifice pe lungimea barei în vecinătatea punctelor de fixare a timbrelor tensometrice, pe baza măsurătorilor tensometrice.

În figura 5.11 sunt reproduse graficele (Forța exterioară centric axială, Alungire) înregistrate în timpul încercărilor.

#### Concluzii.

În secțiunile transversale de abscise  $0.33L$ ,  $0.66L$  alungirile specifice sunt mult mai mari decât în secțiunile transversale situate spre capetele sau la mijlocul barei.

Ruperea barei s-a produs în secțiunea transversală  $x = L/3$

Bara s-a comportat liniar până la efortul unitar normal  $\sigma = 4600 \text{ daN/cm}^2$ ,  $\sigma_0 = 3385 \text{ daN/cm}^2$

Bara nu a fost rigidizată cu plăcuțe în secțiunile de abscise  $L/3$  ;  $2L/3$ ; s-a dispus însă un cordon suplimentar de sudură în zona de conlucrare.

Incercarea experimentală nr.5

Grupa de structuri din care face parte experimentul 52  
Descrierea constructivă a barei este prezentată în foto 5.25  
și fig. 5.12

Materialele folosite la alcătuirea barei : oțel OL 52  
având  $\sigma_c^{\text{exp}} = 4739 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$   $\sigma_r^{\text{exp}} = 5920 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$

Scopul și natura încercării experimentale : Verificarea  
comportării liniar - elastice până când efortul unitar normal este  
egal cu rezistența de rupere în cazul barei cu conlucrare, solici-  
tată la întindere centrică, în condițiile în care bara este rigi-  
dizată în secțiunile periculoase având abscisele  $x = L/3$  și  $x = 2L/3$

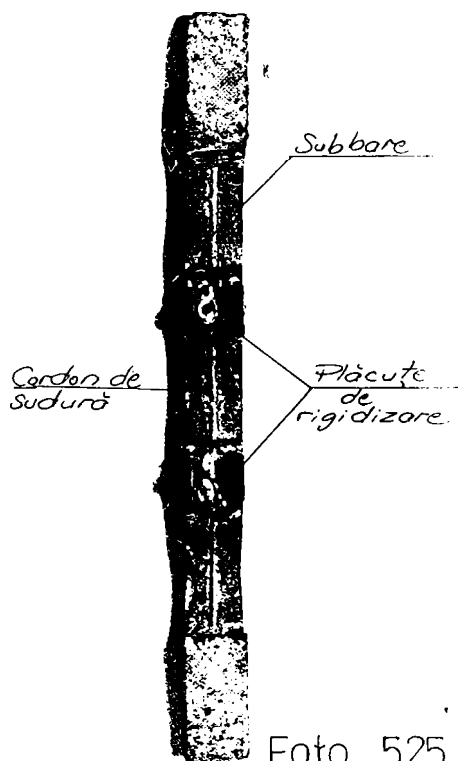


Foto. 5.25

În fig. 5.13 este reprodus graficul {Forța axială exterioară, Alungire} înregistrat în timpul încercării.

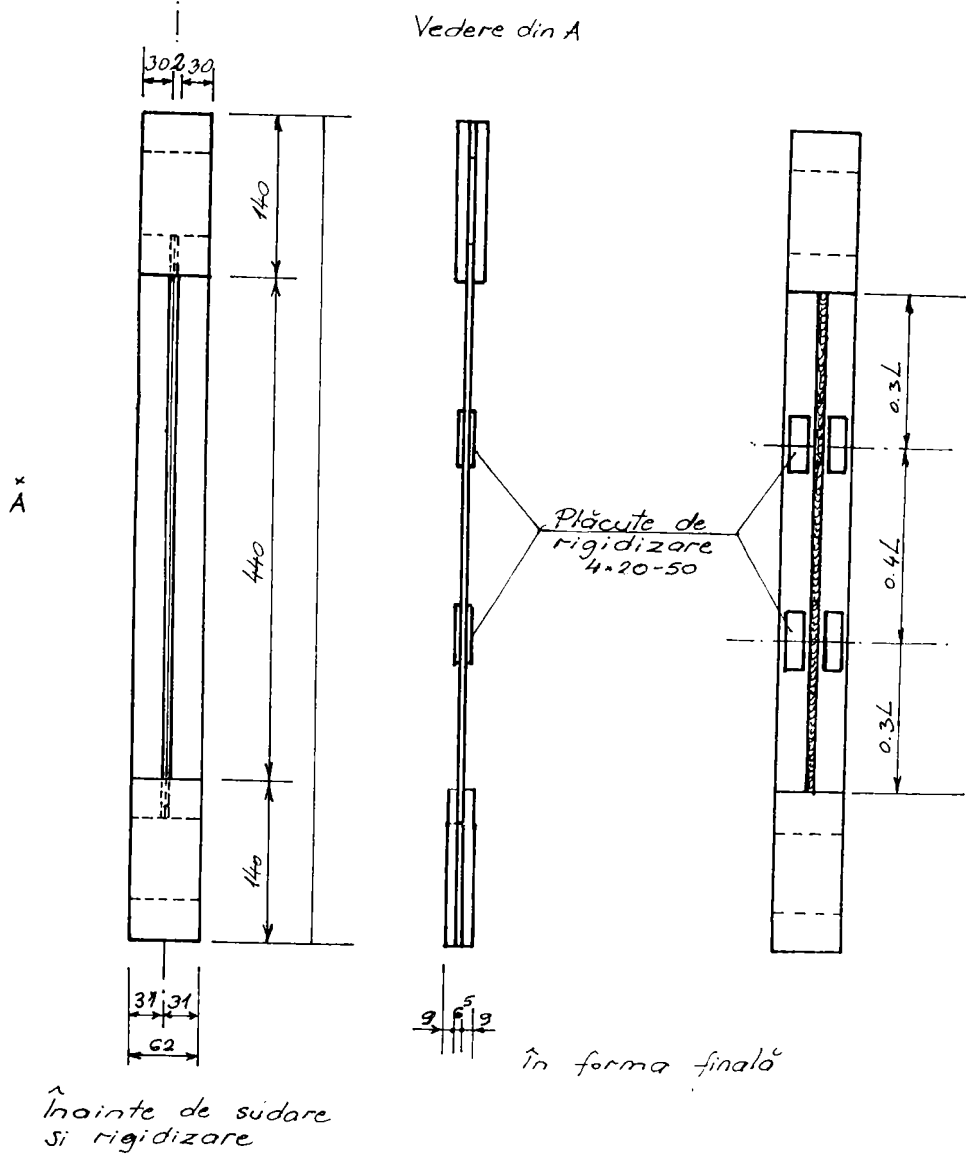


Fig 5.12  
Bara din cadrul încercării experimentale nr. 5

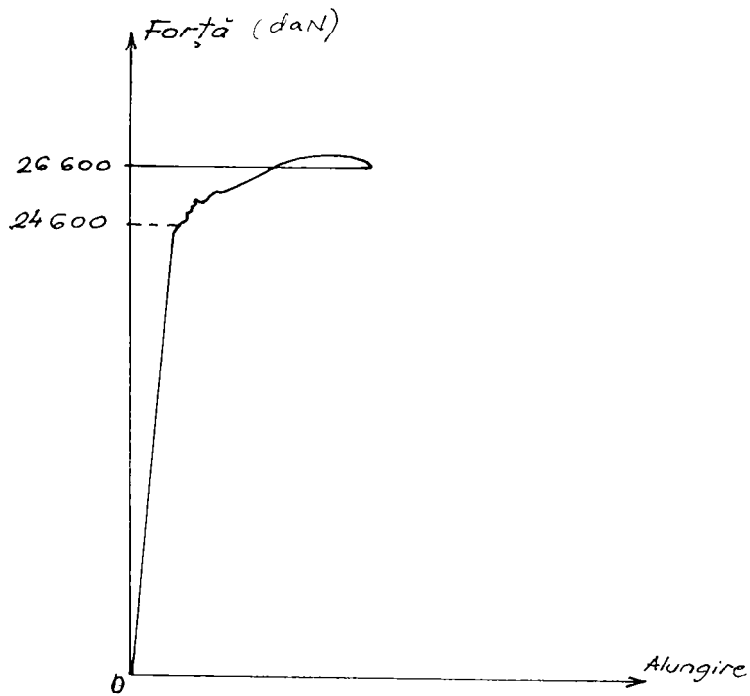


Fig 5.13 Graficul  $\{(Forță, Alungire)\}$  înregistrat în cadrul încercării experimentale nr. 5

$$24600 \text{ dan} > A\bar{\sigma}_c^{exp} = (2 \times 0.65 \cdot 3) 4739 = 18482 \text{ dan}$$

### Concluzii

Prin dispunerea plăcuțelor de rigidizare în secțiunile periculoase, se constată comportarea liniară a barei până la atingerea rezistenței de rupere.

Graficul de comportare a barei a fost pus sub observație permanentă în timpul încercării, după atingerea punctului de maxim, s-a oprit încercarea.

Analizând fețele laterale corespunzătoare grosimii barei, s-au văzut fisuri cu ochiul liber.

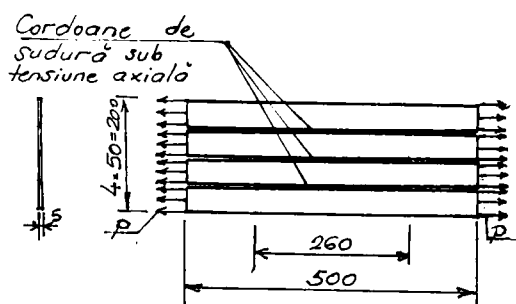
Ruperea barei în conclucare, rigidizată, este ductilă.

### Incarcarea experimentală nr.6

Grupa de structuri din care face parte experimentul E2  
Descrierea constructivă a structurilor este prezentată  
în fig. 5.14.

Materialele folosite la alcătuirea structurilor: oțel OL 37  
 $\sigma_c^{\text{exp}} = 2750 \text{ daN/cm}^2$ ,  $\sigma_r^{\text{exp}} = 4000 \text{ daN/cm}^2$

Scopul și natura încercării experimentale: Verificarea  
capacității portante a structurii cu conlucrare alcătuite din pa-  
tru subbare sudate cap la cap sub eforturi unitare normale de în-  
tindere sau compresiune.



Au fost executate  
structuri din subbare  
în cazurile:  $p > 0$ ,  $p < 0$   
(întindere, respectiv  
Compresiune) și  $p = 0$   
în cadrul încercării  
experimentale nr. 6  
Lungimile cordoanelor  
de sudură sunt în variantele  
 $L_{cs} = 260 \text{ mm}$  pentru  $p > 0$   
 $L_{cs} = 260 \text{ mm}$  pentru  $p < 0$   
 $L_{cs} = 500 \text{ mm}$  pentru  $p > 0$   
 $L_{cs} = 500 \text{ mm}$  pentru  $p = 0$

Fig 5.14

În foto. 5.26 sunt ilustrate cele patru subbare înainte de  
a fi sudate cap la cap sub acțiunea forțelor de întindere, constan-  
te în timpul procesului de sudare și ulterior până la răcirea struc-  
turii.

Forța de întindere aplicată constant de mașina de încer-

care la întindere a indus pe subbare eforturi unitare normale având valoarea de  $1900 \text{ daN/cm}^2$ .

În foto. 5.27 sunt ilustrate cele patru subbare fixate de dispozitivul antiplambaj înainte de a fi sudate cap la cap sub acțiunea forțelor de compresiune, constante în timpul procesului de sudare și ulterior până la răcirea structurii.

Forțele de compresiune aplicată constant de mașina de încercare la compresiune a indus pe subbare eforturi unitare normale având valoarea de  $1900 \text{ daN/cm}^2$ .

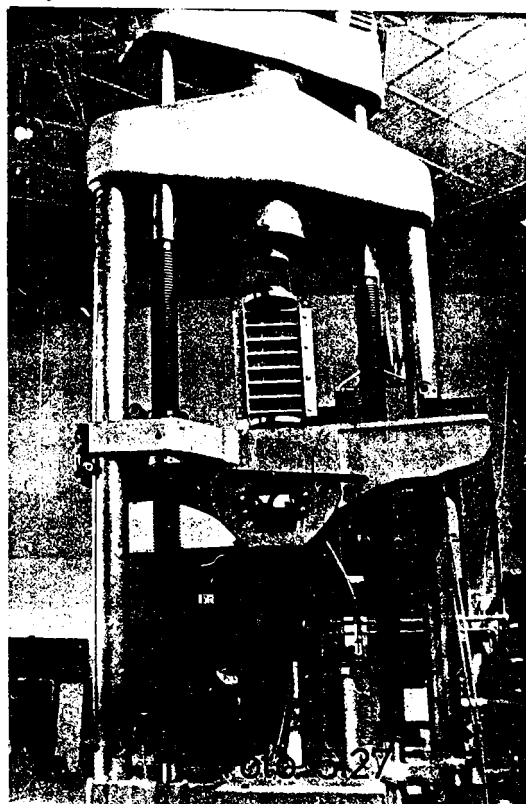
### Concluzii

În urma încercării la întindere a structurii alcătuite prin legarea în serie a subbarelor fără conlucrare, s-a constatat ruperea în subbarele fără conlucrare (foto 5.28).



Sudarea subbarelor cap la cap sub tensiuni de întindere sau compresiune nu influențează capacitatea portantă.

Concluzia de mai sus este emisă și pe baza altor experimente similare efectuate pe bare având lungimea  $L = 1500$  mm și secțiunea transversală compusă din două subbare U8 sudate cap la cap sub acțiunea forțelor axiale.



1	$\Delta l = 17.5$	
2	$\Delta l = 16$	a
3	$\Delta l = 15$	
4	$\Delta l = 13$	
4	$\Delta l = 14.5$	
3	$\Delta l = 11$	
2	$\Delta l = 11$	c
1	$\Delta l = 16$	





#### 5.4. Concluzii

Calculul barei cu conlucrare solicitată axial s-a bazat pe prezumpții intuitive :

- zona de conlucrare poate fi discretizată sub formă de legături pendulare
- starea de eforturi în penduli este axială
- efortul axial în pendulii din vecinătatea capetelor de bară este cunoscut, fiind egal cu  $\mu p$ , unde  $p$  este forța axială exterioară considerată a fi uniform distribuită pe capetele barei.

Corectitudinea ipotezelor de mai sus permite calculul barei cu conlucrare ca structură static nedeterminată,

Pentru a demonstra practic faptul că zona de conlucrare poate fi discretizată sub formă de legături pendulare, au fost construite două bare cu conlucrare diferind doar prin structura zonei de conlucrare care consta din penduli reali, discreți, la una din bare și din cordon de sudură la cea de-a doua bară, urmând ca în cadrul investigației experimentale să se verifice sensibil egalitatea graficelor de comportare.

Această prezumpție intuitiv inginerească s-a confirmat în cadrul încercării experimentale nr. 3 ,permițând astfel considerarea barei cu conlucrare ca structură static nedeterminată interior, în care numărul necunoscutelor este egal cu numărul pendulilor, tinzând la infinit.

Prin asimilarea barei cu conlucrare cu o structură static nedeterminată s-a creat o nouă problemă : cea a calculului barei ca structură infinit static nedeterminată interior; această problemă poate fi rezolvată dacă se cunoaște efortul axial într-un pendul de poziție precizată.

Deși s-a demonstrat prin calcul că efortul din pendulii de capăt de bară este  $\mu p$ , în condițiile în care guseul este suficient de rigid, acest lucru se impune a fi verificat pentru prinderi uzuale specifice îmbinărilor grinzilor cu zăbrele. Verificarea efortului  $\mu p$  în pendulii de capăt de bară s-a confirmat în încercarea experimentală nr. 1.

În încercarea experimentală nr. 2 s-a demonstrat că eforturile din penduli pot să își schimbe semnul dacă rigiditatea guseului este insuficient de mare iar numărul pendulilor este prea mic.

Deoarece zona de conlucrare sub forma cordonului de sudură a fost discretizată sub formă de penduli în scopul efectuării calculului barei ca structură static nedeterminată, s-a impus verificarea egal sensibilității graficelor de comportare a două tipuri de bare solicitate axial : bara alcătuită din subbare cu zonă de conlucrare continuă, respectiv bara alcătuită din subbare legate între ele cu penduli.

În cadrul încercării experimentale nr.3 s-a verificat egal sensibilitatea graficelor (Forță axială, Alungire) pentru cele două tipuri de bare : bara reală și bara de calcul.

Deoarece din calcul rezultă că în zonele  $L/3$  și  $2/3L$  diagrama  $\sigma_{Ax, y, z}$  are valori minime, s-a impus verificarea anulării stării de tensiune rigide.

În cadrul încercării experimentale nr.4 se verifică faptul că în vecinătățile punctelor de abscise  $L/3$  și  $2L/3$ , alungirile specifice ale barei cu conlucrare sunt mult mai mari decât în celelalte puncte de pe lungimea barei în care au fost dispuse timbre tensometrice aflate în stare de funcționare normală.

Pentru a conferi barei cu conlucrare solicitată axial o stare cât mai apropiată de bara de egală rezistență s-a dispus rigidizarea secțiunilor periculoase de abscise  $L/3$  și  $2/3L$

În cadrul încercării experimentale nr.5 s-a verificat, pentru bara cu conlucrare rigidizată, comportarea elastică până la atingerea rezistenței de rupere, în cazul solicitării centric axiale.

În cazul solicitării biaxiale rezistența de rupere crește substanțial.

În cazul barei alcătuite din patru subbare, elementele care alcătuiesc zona centrală a barei, subbarele centrale, sunt solicitate biaxial.

Verificarea creșterii rezistenței de rupere în cazul barei alcătuite din patru subbare s-a făcut în cadrul încercării experimentale nr.6; verificarea creșterii rezistenței de rupere s-a făcut până la diferența procentuală de aproximativ 30%; deși nu s-a produs ruperea, încercarea a fost oprită din cauza posibilităților reduse (capacități limitate) a mașinii de încercare la întindere.

Concluziile finale ale programului experimental sunt :

- Bara cu conlucrare solicitată axial poate fi calculată ca structură static nedeterminată interior având ca necunoscute eforturile din pendulii care discretizează zona de legătură. -

de conlucrare - inter - subbare.

- Există bare cu conlucrare, rigidizate, care prezintă o capacitate portantă sensibil superioară barei similare fără conlucrare

- Ar fi interesantă întocmirea unui dicționar tehnic de bare cu conlucrare, rigidizate, având capacitatea portantă mult sporită la solicitări axiale.

## 6. SINTEZA REZULTATELOR SI A CONTRIBUTIILOR PERSONALE

În anul 1988, studiind alături de conducătorul de doctorat - domnul profesor doctor inginer A.I. Caraba, comportarea la stabilitate a barelor având secțiunea transversală compusă prin sudarea cap la cap pe toată lungimea barei a două subbare laminate U8, în perspectiva elaborării unei lucrări științifice, s-a constatat în cadrul încercării la compresiune centrică flambajul în planul în raport cu care momentul de inerție al barei era minim.

Deși bara încercată era dublu articulată, lungimea de flambaj s-a înregistrat a fi  $0.7L$ .

S-a întâmplat o schimbare a planului de flambaj și o modificare a lungimii de flambaj, un fenomen ce părea nefiresc.

Încercarea experimentală a fost repetată de trei ori și rezultatele au confirmat că schimbarea planului de flambaj și a lungimii de flambaj în cazul primei încercări nu era un accident, nu era o întâmplare, era o parte din realitate.

Acum după lecturarea tezei de doctorat, fenomenul prezentat mai sus nu mai surprinde; el este consecința efectului de legătură, a conlucrării pieselor metalice sudate cap la cap, în cazul solicitării axiale.

Din timpurile preistorice, cu cinci sute de mii de ani înainte de Cristos, și până în viitor, una dintre preocupările spirituale ale omului a fost, este și va fi activitatea de construcții, ca lucrări de artă.

Dar în Istoria artelor Hendrik Willem Van Loon insistă asupra unei definiții. Iată acea definiție: Geniul este perfecțiunea tehnică, plus încă ceva.

Ce o fi acel "încă ceva" nimeni n-a fost vreodată în stare s-o spună exact. Unii îi ziceau Dumnezeu, alții îi spuneau "inspirație divină".

Olandezul H.W. Van Loon concluzionează: "Eu nu știu ce este și tare mi-e teamă că niciodată nu se va descoperi adevărata natură a acelui "încă ceva".

"Dar ceea ce știu foarte bine este că, îl recunosc de îndată ce-l aud sau îl văd".

Dacă acceptăm comentariile lui H.W. Van Loon, teza de doctorat "Contribuții la calculul și alcătuirea structurilor metalice

din bare cu eforturi axiale inițiale de conlucrare", nu este alt-  
ceva decât un punct de vedere inedit, personal, asupra conlucrării  
barelor metalice solicitate axial, în cadrul structurilor, dar  
cu convingerea lucrului temeinic făcut, care amintește de faptul că  
"După mii de ani, indienii din America de Sud, care nu auziseră ni-  
ciodată de greci, au obținut aceleași rezultate, prin aceeași meto-  
dă".

Autorul consideră că munca depusă la elaborarea tezei ju-  
stifică necesitatea prezentării sintezei rezultatelor și a contri-  
buțiilor personale în domeniul cercetat.

Din studiul întreprins asupra barei cu conlucrare soli-  
citată axial centric rezultă :

R0) Creșterea capacității portante a barei cu conlucrare  
nu este cauzată de proprietățile diferite ale materialului de con-  
lucrare relativ la materialul de bază al subbarelor, conform studiu-  
lui întreprins cu ajutorul programului de calcul COSMOS - M.

R1) Zona de conlucrare - de legare a subbarelor care al-  
cătuiesc bara cu conlucrare se realizează prin sudare electrică  
cap la cap, în condiții în care deformarea subbarelor nu este împie-  
dicată, ci liberă.

R2) Modelul fizic al barei cu conlucrare solicitată axi-  
al este o structură static nedeterminată interior în care cele do-  
uă sau mai multe subbare sunt legate între ele cu o infinitate de  
penduli, plasați, în locul cordonului sau cordoanelor longitudinale  
de sudură.

R3) Lungimea pendulilor se consideră a fi foarte mică ,  
deoarece distanța dintre subbare în timpul sudării electrice este  
cea impusă de condițiile tehnologice.

R4) Efortul axial în pendulii din vecinătatea capetelor  
de bară este  $M_p$ , unde  $\mu$  este coeficientul lui Poisson iar  $p$  este  
forța axială exterioară uniform distribuită.

R5) Pendulii se consideră articulați pe sub bare. Starea  
de eforturi în penduli este monoaxială.

R6) Diagramele de eforturi  $N, T, M, \sqrt{\sigma}$  pe subbare se obțin  
în urma analizei globale elastice a barei ca structură infinit sta-  
tic nedeterminată interior, folosind condiția de minim a energiei  
elastice asociate.

Energia elastică poate să includă doar termenul de în-

covoier.

R7) Diagrama de eforturi pe bară este N - diagrama de forță axială.

Datorită conlucrării, într-o secțiune transversală curentă a barei există eforturi  $\sigma_y$ , ortogonale pe axa longitudinală a barei; eforturile  $\sigma_y$  sunt nule pe frontiera barei, și maxime în zonele de îmbinare ale subbarelor. Eforturile  $\tau_y$  sunt pozitive pe toată lungimea barei, exceptând vecinătățile secțiunilor de abscise  $L/3$  și  $2L/3$  în care eforturile  $\tau_y$  oscilează în jurul valorii zero.

R8) Ruperea barei cu conlucrare fără plăcuțe de rigidizare se produce în intervalul  $(0,25, 0,35L)$  sau  $(0,65, 0,75L)$ .

R9) Bara cu conlucrare rigidizată cu plăcuțe se comportă liniar până când valoarea efortului unitar normal atinge rezistența de rupere.

R10) Rezistența de rupere a barelor alcătuite din cel puțin trei subbare cu conlucrare prezintă o creștere incontestabilă, aceste bare sunt recomandate în practică.

Creșterea capacității portante a barelor alcătuite din cel puțin trei subbare cu conlucrare este mai mare de 2%, în cazul solicitării la întindere centrică; același spor de capacitate portantă se înregistrează și în cazul barelor comprimate dacă momentul de inerție al barei satisface condiția:  $I \geq \frac{0,66 FL^2}{E}$  [10]

unde L este lungimea de flambaj.

Rezultatele sintetizate mai sus, reprezintă și o enumerare a contribuțiilor personale.

La rezultatele prezentate mai sus s-a ajuns folosind și metoda de integrare numerică cu noduri fixe, elaborată de autorul tezei.

## BIBLIOGRAFIE

1. D. Dalban, N. Juncan  
Al. Varga  
Construcții metalice, Editura  
didactică și pedagogică,  
București 1976
2. D. Mateescu, N. Juncan,  
D. Precupanu, D. Florescu  
Construcții metalice pretensio-  
nate, Editura Academiei, București  
1989
3. I. Caraba  
Teza pentru obținerea titlului  
de doctor inginer. Studiul con-  
lucrării spațiale a grinzii căii  
de rulare cu grinda de contra-  
frânare în ipoteza că ambele  
sunt cu inima plină. 1974
4. C. Dalban, N. Juncan  
Al. Varga  
Construcții metalice, Editura  
didactică și pedagogică București  
1976
5. D. Cioclov  
Mecanica ruperii materialelor  
Editura Academiei București 1977
6. I. Filimon, M. V. Soare  
Ecuații diferențiale cu aplica-  
ții în mecanica construcțiilor  
Editura tehnică 1983
7. Al. Cătărig, V. Bănuț,  
L. Mihăilescu  
Statica, stabilitatea și dinamica  
construcțiilor Vol. I și II  
Editura Dacia Cluj-Napoca 1984
8. C. Bia, V. Ilie, M. V. Soare  
Rezistența materialelor și teo-  
ria elasticității. Editura didac-  
tică și pedagogică București 1983
9. E. Fluture, I. Otescu,  
P. Cristea  
Indreptar pentru construcții  
metalice. Editura tehnică  
București 1964



10. I. Caraba, V. Druzenco  
Theoretical studies upon the  
compression stability of the  
standard bar International  
collquium stability of steel  
structures Budapest, Hungary 1990  
preliminary report
11. N. C. Avram, D. A. Caracostea  
M. Mihăilescu, ș.a.  
"anual pentru calculul construc-  
țiilor. Editura tehnică București  
1959
12. V. Dobrotă  
Rezistența materialelor. Editura  
didactică și pedagogică București  
1982
13. A. I. Orteșca  
Elemente de construcții Vol. I  
Construcții metalice. Oficiul de  
presă, editură și documentare  
C.F.R. 1950
14. A. Popescu  
"memorator ingineresc. Editura teh-  
nică București 1962
15. V. Popescu  
Construcții metalice. Editura  
tehnică București 1963
16. M. M. Filomenco-Borodici,  
S. M. Izumov, B. A. Olisov,  
I. N. Cudriavțev și L. I.  
Malghinov  
Curs de rezistență materialelor  
partea I. Editura tehnică  
București 1951
17. D. Mateescu, I. Caraba  
Construcții metalice. Editura  
tehnică București 1980
18. N. Cristescu, M. Neamțu,  
V. Ursea, M. Sebastian-  
Taub  
Topografie  
Editura didactică și pedagogică  
București 1980

19. N. I. Bezuhev  
Teoria elasticității și plasticității. Editura tehnică  
București 1975
20. M. Heamțu, E. Ulea,  
M. Atudorei, I. Bocșan  
Instrumente topografice și geodezice. Editura tehnică. București  
1982
21. H. Cristescu  
Topografie inginerască  
Editura didactică și pedagogică  
București 1978
22. V. Druzenco, D. Dăianu  
O metodă algebrică de calcul al reacțiilor pentru structuri static determinate. Matematica, școala și producția, Deva, iunie  
1986
23. V. Druzenco, D. Dăianu  
Calculul reacțiilor structurilor static determinate prin aproximarea elementelor în spații normate. Matematica, școala și producția, Hunedoara, iunie  
1987
24. V. Druzenco  
Sisteme de noduri în metoda de integrare numerică cu noduri fixe (I). Matematica, școala și producția, Petroșani, mai, 1989
25. V. Druzenco, I. Caraba  
Calculul solicitărilor în șuruburile de ancoraj pentru turnuri cu secțiune dublu conexă de formă oarecare. A.V-a Conf. de constr. metalice, Timișoara 22-24 sept.  
1988
26. V. Druzenco  
Modèle mathématique pour appliquer le principe du travail mécanique minimum dans le calcul

- des structures statiquement non determinees(II).Conf.de matematică aplicată și mecanică,Cluj-Napoca,20-23 oct.1988
- 27.V.Druzenco  
Sisteme de noduri în metoda de integrare numerică cu noduri fixe(II).Al II-lea simp.de matematici aplic.,Timișoara 3-4 nov. 1989
- 28.I.Caraba,V.Druzenco  
Optimization of Behaviour at Stability of Welded Steel Bars Subjected to Eccentric Compression.International Colloq Stability of Steel Structures, Budapest Hungary,1990
- 29.I.Caraba,V.Druzenco  
Theoretical Studies Upon the Compression Stability of the Iran Pole.Structural Stability Research Council 1990 Annual Session St.Louis - USA 1990
- 30.I.Caraba,V.Druzenco,  
A.Dănilescu  
Studii și cercetări în domeniul fiabilității structurilor metalice de tip turn.A VI-a Conf.de constr.metalice.Timișoara 10-12 octombrie 1991
- 31.V.Druzenco,D.Guțescu  
Utilizarea nivelmentului geometric în scopul urmării deplasărilor orizontale.Simpozionul "Protecția mediului-Ameliorațiile funciare și folos.energ.neconvenționale în agric.Timișoara 21-22 mai 1992
- 32.V.Druzenco,D.Dăianu  
Une méthode algebrique de calcul

- des efforts dans les structures statiquement déterminées  
Proceedings of the symp.of.math.  
and its appl.Timişoara 1-2 nov.  
1986
- 33.V.Druzenco,D.Dăianu  
Une application des intégrales  
à paramètres dans la mécanique  
des structures.Proceeding of the  
second simp.of math.and its appl.  
Timişoara 30-31 oct. 1987
- 34.V.Druzenco  
O aplicație a integralelor cu  
parametrii. Matematica, școala și  
producția, Deva , mai 1988
- 35.V.Druzenco, I.Caraba  
Aplicarea principiului lucrului  
mecanic minim la calculul struc-  
turilor static nedeterminate.  
A V-a Conf.de constr.metalice,  
Timișoara 22-24 sept 1988
- 36.I.Caraba,V.Druzenco  
Calculul la stabilitate al tur-  
nurilor cilindrice tip consolă  
acționată la capătul liber de un  
moment încovoietor.A V-a Conf.  
de constr.metalice.Timișoara 22-  
24 sept.1988
- 37.I.Caraba,V.Druzenco  
Studii asupra unor proprietăți  
geometrice și mecanice la o sec-  
țiune transversală dublu conexă.  
A V-a Conf.de constr.metalice  
Timișoara 22-24 sept.1988
- 38.V.Druzenco  
Un omomorfism afin aplicat în to-  
pografie.Simp. Protecția mediului  
- Ameliorații funciare și folos.  
energ.neconvenționale în agric.  
Timișoara 22-24 sept.1988

39. V. Gioncu, M. Ivan  
Teoria comportării critice și postcritice a structurilor elastice. Editura Academiei București 1984
40. V. Gioncu, M. Ivan  
Bazele calculului structurilor la stabilitate. Editura Facla Timișoara 1983
41. P. Zanon  
Résistance et ductilité des cornières baulannés. Construction metallique Nr. 3 1980 France
42. I. B. Dwight, K. E. Moxhau  
Welded steel plates in compression The Structural Engineer, Vol. 47. Nr. 2 1969
43. N. Juncan, P. Moga, I. H. Toader  
Efectul de pretensionare datorită contracției la răcire a cor-  
dă anclor de sudură. Vol. I de  
comunicări. Conf. a IV-a de constr.  
metalice Timișoara oct. 1985
44. G. Zgură, D. Răileanu,  
L. Scarobeti  
Tehnologia sudurii prin topire  
E. D. P. București 1983
45. \* \* \*  
Instrukția po proektirovanii  
predvaritelo naprajernâh stalnâh  
komstrukții, Moskva, Gosstrojizdat  
1963.
46. Th. Anghelută  
Curs de algebră superioară vol. II  
Editura Universității "Regele  
Ferdinand I" din Cluj, 1945
47. D. V. Ionescu  
Cuadraturi numerice  
Editura Tehnică, 1957