

MINISTERUL EDUCATIEI SI INVATAMINTULUI
INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA" TIMISOARA
FACULTATEA DE MECANICA

Ing. MĂNESCU TIBERIU STEFAN

CONTRIBUTII LA CALCULUL DE REZISTENTA
=====

AL VANEI PLUTURE BIPLANE
=====

T E Z A D E D O C T O R A T

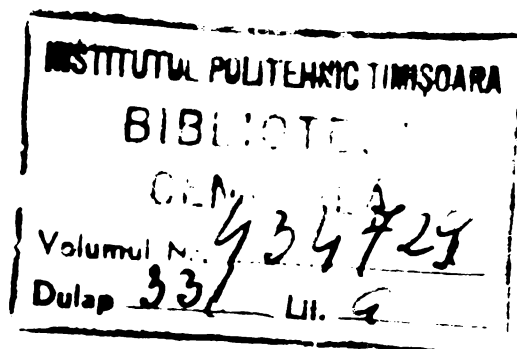
pentru obținerea titlului științific de doctor inginer

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

Conducător științific:

Prof.dr.ing. LAZAR BOLEANTU

- 1982 -



C U P R I N S

	pag.
Introducere	4
CAP.I. Instalații de obturare utilizate la conductele centralelor hidroelectrice, uzinelor hidroelectrice stațiilor de pompare și goliri de fund.	
1.1. Generalități.....	10
1.2. Vane fluture.....	17
CAP.II. Calculul de rezistență și deformabilitate al clapetei vanei fluture biplane.	
2.1. Calculul actual al vanelor fluture biplane.....	22
2.2. Aspecte ale calculului vanei fluture biplane prin integrarea ecuației diferențiale a fibrei medii deformată.....	28
2.3. Calculul discului vanei fluture cu metoda elementelor finite	32
2.3.1. Utilizarea metodei elementelor finite în analiza structurilor.....	32
2.3.2. Discretizarea discului vanei fluture, elemente de calcul.....	38
2.3.3. Analiza deformației structurii vanei.....	49
2.3.4. Analiza stării de tensiune în corpul vanei.....	53
2.3.5. Transfocarea discului vanei în zona de racord cu diafragma.....	69
2.3.6. Influența reducerii grosimii unor elemente ale vanei fluture, asupra stării de tensiune și deformație.....	76
2.4. Calculul vanei fluture prin asimilarea acesteia cu un cadru plan.....	87
2.4.1. Metoda de calcul.....	87
2.4.2. Schematizarea structurii vanei.....	93
2.4.3. Algoritm, program de calcul automat al cadrului.....	98
2.4.4. Analiza rezultatelor numerice.....	112

CAP.III. Analiza experimentală a tensiunilor clapetei vanei fluture biplane, în regim static de acționare.

3.1. Modul în care s-au efectuat experimentările tensometrice, traductoare și instalații de măsură.....114

3.2. Prelucrarea datelor experimentale.....120

3.2.1. Calculul tensiunilor și direcțiilor principale.....120

3.2.2. Determinarea experimentală a deformațiilor clapetei VF 150-80.....125

3.3. Reprezentarea grafică a mărimilor determinate experimental și interpretarea rezultatelor.....131

3.3.1. Discul superior.....132

3.3.2. Nervură transversală.....137

3.3.3. Placă de rigidizare inferioară.....139

CAP.IV. Sinteză și concluzii finale.....141

BIBLIOGRAFIE.....146

ANEXE

Anexa 1: Calculul vanei fluture VF 150-80 cu programul SAP 4..... A-1

Anexa 2: Calculul vanei fluture VF 150-80 cu grosimile reduse ale elementelor componente, cu programul SAP 4..... A-23

Anexa 3: Transfocarea zonei de racord între diafragmă și disc cu programul SAP 4..... A-36

Anexa 4: Programul sursă, redactat în limbajul FORTRAN 4, al programului pentru calculul cadrului echivalent (CLAPETA)..... A-61

Anexa 5: Rezultatele calculului cu programul CLAPETA pentru variante de discretizare... A-71

I N T R O D U C E R E

=====

Dezvoltarea economică din secolul al XX-lea s-a desfășurat într-un ritm necunoscut în nici o altă epocă a civilizației umane. Fără îndoială că, pe măsura dezvoltării economice, industriale și agricole, problema exploatării raționale și a înaltei valorificări a resurselor naturale devine centrală.

Aprovizionarea lumii cu energie se bazează pe cinci surse primare: cărbunele, petrolul, gazele naturale, energie hidrolică și energie nucleară. Celelalte surse potențiale de energie: energia solară, eoliană, geotermică și forța mareelor, joacă deocamdată un rol secundar în structura energetică mondială.

Consumul de energie al țărilor industriale s-a dublat la fiecare deceniu. Datorită acestui fapt, peste 30 de ani va trebui produsă de trei ori mai multă energie decât azi. Resursele naturale de cărbune, hidrocarburi și uraniu nu se refac, excepție pînă acum făcînd resursele hidroenergetice ce nu sînt încă folosite pe deplin și care împreună cu energia nucleară printr-o exploatare rațională, pot limita efectele declanșate de "criza resurselor energetice" din ultimul deceniu.

Problema dezvoltării în continuare a sectorului hidroenergetic, preocupă o serie de institute de cercetare și proiectare din țări puternic industrializate ca: S.U.A., Japonia, Anglia, R.F.Germană, U.R.S.S., cît și la noi în țară, unde există un sistem energetic național cu mari și multiple centrale hidroelectrice.

Industria românească de turbine hidraulice și echipamente hidromecanice, deși tînără ca vîrstă, dispune astăzi de 147 turbine hidraulice realizate, totalizînd o putere instalată de 4.400 MW și se prevede ca pînă în anul 1990 construirea a peste 800 de hidrocentrale cu o putere instalată de aproximativ 13.000 MW. [39]

În "Programul - directivă de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și de introducere a progresului tehnic în perioada 1981-1990 și direcțiile principale până în anul 2000", aprobat de Congresul al XII-lea al Partidului Comunist Român, se prevede: "Se vor dezvolta pe scară largă cercetările pentru studierea și folosirea resurselor hidroenergetice, astfel încât până în anul 2000 să se asigure valorificarea completă a potențialului hidroenergetic de care dispune România".

Valorificarea potențialului hidroenergetic al unei țări, se face prin realizarea unor sisteme hidroenergetice, respectiv centrale hidroenergetice, precum și recuperarea unor întinse suprafețe de teren și integrarea lor în fondul agricol prin amenajarea unor vaste și complexe sisteme de hidroameliorații. Acestea implică necesitatea proiectării și execuției a diverse utilaje, printre care se includ și vanele obturatoare a conductelor sub presiune.

În contextul acestor sarcini, lucrarea de față își propune să aducă unele contribuții la calculul de rezistență în regim static, al vanei fluture biplane.

Lucrarea justifică necesitatea acestui studiu, deoarece una din calitățile vanelor fluture biplane este gabaritul, greutatea și prețul de cost redus, în comparație cu gabaritul, greutatea și prețul altor tipuri de vane. De asemenea, pierderile hidraulice în vanele fluture biplane sînt reduse. Astfel, în timp ce o vană fluture cu disc lenticular de diametru mediu în poziția total deschis obturează conducta forțată în proporție de 32 %, o vană fluture biplană obturează în aceleași condiții numai în proporție de 12 % [57], ceea ce aduce un spor la puterea instalată de 120-140 KW [41]. În prezent în cadrul instituțiilor de proiectare, axate pe studiul și proiectarea acestor elemente de închidere, se apreciază că acest spor de putere instalată raportată la o funcționare de aproximativ 6000 ore/an, conduce la economii în valoare estimată la 40.000 lei/an.

Din cercetările științifice pe plan internațional [13] [15], [32], cât și la noi în țară [4], [10], [41], [42], se observă o preocupare mai mult legată de calculul hidraulic al vanelor fluture, dimensiunile elementelor componente ale clapetei calculîndu-se încă simplificat, pe baza formulelor cla-

sica din Rezistența materialelor și Organe de mașini. Din altă parte, aceste subansamble când sînt livrate beneficiarului, se impune pe lîngă o încercare hidrolică a modului de etanșare și o investigație experimentală a stării de eforturi și deformații, prin măsurarea mărimilor caracteristice în cîteva zone precizate însă empiric, ca fiind reprezentative.

Avînd în vedere importanța vanelor fluture biplane pe de o parte și modul de calcul perimat în discordanță cu posibilitățile actuale de analiză, lucrarea de față își propune următoarele:

a) - Alegerea și utilizarea unei metode de calcul care să permită cunoașterea stării de eforturi și de deformații cît mai aproape de situația reală în regim static de exploatare;

b) - Testarea experimentală a clapetei vanei fluture biplane pentru confirmarea veridicității rezultatelor obținute prin calcul;

c) - Analiza metodelor de calcul utilizate în prezent în proiectarea vanelor fluture în lumina rezultatelor obținute la subpunctele de mai sus, care au facilitat obținerea unei imagini fidele a comportării vanei în exploatare;

d) - Introducerea în proiectarea vanelor, al unui procedeu de calcul numeric, rapid și eficient, care să elimine deficiențele semnalate.

Obiectul acestui studiu, a constituit și tema unui contract de cercetare științifică încheiat între Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, respectiv Institutul de subingineri Reșița, în calitate de executant, cu Intreprinderea Constructoare de Mașini Reșița, în calitate de beneficiar.

Lucrarea cuprinde patru capitole și cinci anexe.

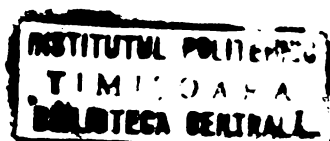
În capitolul I, "Instalații de obturare utilizate la conductele centralelor hidroelectrice, uzinelor hidroelectrice, stațiilor de pompare și goliri la fund", se face o prezentare a rolului funcțional al vanelor și clasificarea acestora din mai multe puncte de vedere. De asemenea se insistă asupra particularităților vanelor fluture biplane și se arată avantajele acestora comparativ cu alte tipuri de vane.

Capitolul II, "Calculul de rezistență al clapetei vanei fluture biplane", cel mai extins din teză, a fost subîmpărțit în patru paragrafe. În primele două sînt descrise modalitățile de calcul utilizate în institutele de proiectare specializate în acest domeniu, fiind totodată prezentate în detaliu toate acțiunile care trebuie să fie luate în considerare în calculul de rezistență atît al corpului vanei cît și al altor elemente componente.

Dintre toate elementele componente ale vanei, corpul acesteia (clapeta) ridică problemele cele mai dificile din punct de vedere al cunoașterii prin calcul a tensiunilor și deformațiilor acesteia, avînd în vedere geometria ei complexă. Întrucît metodele de calcul utilizate actual, clădite pe teoria elementară a încovoierii barelor, sînt deficitare, atît prin valorile descoperitoare ale tensiunilor și deformațiilor furnizate cît și prin imaginea denaturată a stării de eforturi, prezenta lucrare și-a orientat cercetarea în elucidarea tuturor aspectelor în vederea unei proiectări raționale (prezentate în paragraful 2.3).

Metoda de calcul aleasă, a fost "metoda elementelor finite", prin care s-a putut obține o imagine fidelă a comportării vanei în exploatare. Ipoteza de calcul aleasă este identică cu cea utilizată de metodele simplificate și anume vana complet închisă încărcată cu presiunea statică a apei, distribuită uniform pe suprafața discului. Prin specificul procedurii cu elemente finite s-a putut cerceta și zonele în care este firesc să apară vîrfuri de tensiune, utilizînd procedeul de transfocare. Prin concluziile formulate în paragraful 2.3 confirmate și de testările experimentale, s-au întrevăzut posibilități de reducere a dimensiunilor elementelor componente ale vanei, în care scop calculele au fost refăcute și pentru o vană identică, dar cu grosimi mult mai reduse (paragraful 2.3.6).

Analizînd diagramele de solicitări unitare, obținute cu metoda numerică amintită, s-a constatat că direcția principală după care se produce descărcarea vanei este cea definită de direcția fusurilor (într-adevăr și din aspectul formei deformate a vanei se poate desluși această direcție preferențială, în scurgerea eforturilor). Această observație a sugerat ideea de a modela structura vanei printr-un cadru



echivalent cu noduri deplasabile model de calcul care constituie una din contribuțiile originale ale lucrării. Procedul este descris în detaliu în paragraful 2.4.

În capitolul III "Analiza experimentală a clapetei vanei fluture biplane, în regim static de acționare" este descris modul în care s-au efectuat experimentările tensometrice, tipul de traductoare și instalații de măsură utilizate (paragraf 3.1). Pentru cele 96 de puncte de măsurare (ce constituie din acest punct de vedere o premieră la noi în țară) s-au utilizat traductoare de fabricație PHILIPS și Hottinger. Captarea semnalelor electrice date de traductoarele amintite, s-a făcut cu ajutorul unei instalații electro-tensometrice de tip Hottinger (cu trusa tensometrică aferentă) ce are posibilitatea măsurării a 60 de traductoare tensometrice rezistive. Vana a fost încercată la patru trepte de presiune distincte (2,5; 5; 7,5; 10 at), pentru fiecare treaptă făcându-se trei încărcări și trei descărcări, ceea ce însumează un total de 2.304 citiri la aparatele de măsură amintite.

Paragraful 3.2 cuprinde prelucrarea datelor experimentale, calculul tensiunilor și direcțiilor principale pentru punctele de măsură (elemente finite sau noduri ale acestora, rezultate din discretizarea vanei fluture biplane). S-a efectuat prelucrarea datelor pentru patru trepte de încărcare distincte, cuprinse între 2,5 - 10 at.

Reprezentarea grafică și interpretarea mărimilor experimentale este făcută în paragraful 3.3, unde sînt prezentate o serie de diagrame și tabele ale tensiunilor principale, care comparate cu valorile obținute analitic, vin să confirme justetea calculului numeric și modalitatea în care a fost abordată problematica temei în capitolul 2.

Principalele contribuții ale autorului, sînt ilustrate sintetic în capitolul IV "Sinteză și concluzii finale".

În vederea pregătirii acestei lucrări autorul a consultat un număr de 72 de titluri bibliografice.

Cele cinci anexe ale tezei de doctorat cuprind următoarele programe de calcul rulate:

- Anexa 1: Calculul V.F. 150-80 cu programul SAP 4;

- Anexa 2: Calculul V.F. 150-80 cu grosimile reduse ale elementelor componente, cu programul SAP 4;
- Anexa 3: Transfocarea zonei de racord între diafragmă și disc cu programul SAP 4;
- Anexa 4: Programul sursă, redactat în limbaj FORTRAN 4, al programului pentru calculul cadrului echivalent (CLAPETA);
- Anexa 5: Rezultatele calculului cu programul "CLAPETA" pentru patru variante de discretizare.

x

x x

Autorul ține să exprime pe această cale cele mai sincere și respectuase mulțumiri conducătorului său științific, Prof.Dr.Ing. Lazăr Boleanțu, pentru competența îndrumare și sprijinul permanent acordat la pregătirea și elaborarea tezei de doctorat.

De asemenea autorul mulțumește specialiștilor de la I.C.M. Reșița, C.C.S.I.T.E.H. - Reșița și C.T.C.E. Timișoara pentru asistența tehnică acordată în timpul încercărilor experimentale, alte informații cu caracter tehnic legate de obiectul studiului, respectiv pentru exploatarea programelor de calcul din biblioteca de programe ale I.P. T.V. Timișoara.

CAPITOLUL I

INSTALATII DE OBTURARE UTILIZATE LA CONDUCTELE CENTRALELOR HIDROELECTRICE, UZINELOR HIDROELECTRICE, STATIILOR DE POMPARE SI GOLIRI DE FUND.

1.1. Generalități

Vana este un element în formă de placă (în care caz se numește și sertar) sau de pană, folosit ca obturator în construcția unor robinete pe care le închide și le deschide, deplasându-se ghidat într-o mișcare de translație sau de rotație.

Amplasarea (poziția) vanelor pe conductele forțate ale centralelor hidraulice [1], [2], [5], trebuie să satisfacă cerințele de exploatare și condițiile de funcționare normală a instalației, să intervină la avarii în conducte sau la refuzul de a funcționa al aparatului director a turbinei.

Pentru conductele lungi de golire și de umplere pentru care durata de golire și umplere este mare, se impune instalarea a două vane: una la începutul conductei lângă rezervorul de presiune (sau la bazinul de refulare) și a doua chiar în fața turbinei.

Prima vană întrerupe accesul apei în caz de revizie și reparație a conductei și de asemenea la avaria ei. A doua vană permite, fără golirea conductei, să se facă revizia turbinei, cât și oprirea apei în caz de avarie a acesteia.

În cazul centralelor cu sarcină mică sau medie, unde la fiecare turbină conducerea apei se face pe conductă separată cu o lungime nu prea mare, de obicei se utilizează numai vanele de la începutul conductelor.

Pentru protejarea conductelor forțate și clădirii centralei de curentul apei la ruperea uneia din conducte și de asemenea pentru oprirea turbinei care se ambalează la refuz de la funcționarea aparatului director, se va prevedea închiderea de

avarie, a vanei la aceeași viteză a apei din conducte care pot apărea în cazurile date. În aceste condiții trebuie să satisfacă rezistența mecanică a vanei însăși, cât și a mecanismului ei de acționare.

Timpul maxim pentru închiderea de avarie a vanei instalate în fața turbinei, poate fi determinat, plecând de la timpul admis de funcționare a generatorului la turația de ambalare. Timpul minim pentru închiderea de avarie se determină după mărimea admisă a loviturii hidraulice în conducta forțată.

Timpul de deschidere și închidere a vanelor de revizie se determină prin evaluarea exploatării și este cuprins între 2 - 5 minute.

În acest capitol vom utiliza următoarele notații :

- C.H.E. ; - centrale hidroelectrice ;
- U.H.E. - uzină hidroelectrică ;
- S.P. - stații pompare ;
- G.F. - goliri de fund (ale barajelor) ;
- O.Ob. - organe de obturare ;
- V.F. - vane fluture ;
- V.Fb. - vane fluture biplane ;
- V.Fp. - vane fluture cu disc plan ;
- V.S. - vane sferice ;
- V,K. - vane conice ;
- V.Se. - vane cu sertar ;
- V.L. - vane lămâie (Johnson) ;
- V.Si. - ventil sincron
- V.Auc - vane autoclave (Charmilles) ;
- V.A. - vane Ac (Charmilles) ;
- V.P. - vane plane (construcție metalică) ;
- V.Ce. - vane cu cep (conic, cilindric) ;
- V.Ci - vane cilindrice (cu valțuri) ;
- V.Seg. - vane segment ;
- V.Apđ. - vane aparat director ;
- V. - viteza fluidului ;
- H, Hi - cădere de calcul, respectiv altă cădere ($i = 1, 2, \dots, n$) ;
- D.Di - diametrul nominal (egal cu cel interior de la intrare) respectiv alte diametre ($i = 1, 2, \dots, n$) ;
- Q - debitul într-o secțiune ;

- H - cădere de sarcină pe vană ;
 P_n, P_i - presiune nominală, respectiv altă presiune
($i=1,2,\dots,n$);
 Δp - cădere de presiune pe vană ;
 S - arie O.Ob;
 P_{inst} - putere instalată ;
 α - unghiul de închidere al obturatorului față
de axa conductei.

Diferitele tipuri de vane, ca organ de obturare se utilizează în C.H.E., în S.P. cât și pentru G.F. [7].

În centralele hidroelectrice (fig.1.1), vanele sînt amplasate atît la extremitatea amonte a conductelor, în avalul castelului de echilibrare domeniul de cădere propriu acestor amenajări este $H = (10\dots 520)$ m H_2O - recomandă utilizarea vanelor fluturo VF, cât și la extremitatea aval, în fața turbinei (recomandîndu-se vane sferice VS - $Hv2 = (50\dots 2000)$ m H_2O - sau vane fluturo pentru $Hv2 = (50-520)$ m H_2O).

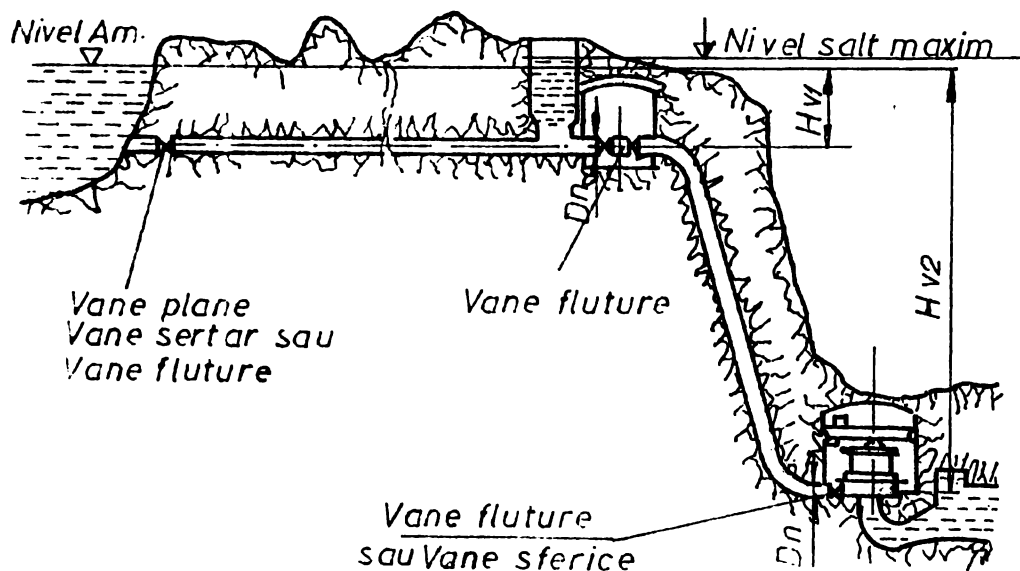


Fig.1.1 Schema centralei hidroelectrice

De asemenea priza de apă este echipată fie cu vane fluturo, fie cu vane sertar V Se, exceptînd vanele plane utilizate la aceste amenajări. Regimul normal de exploatare a acestor vane nu implică dificultăți, deoarece deschiderea se realizează după o preslabilă egalizare a presiunilor pe cele două fețe ale organului mobil de obturare.

Situația reală nu exprimă o egalizare totală, ci se menține o diferență de presiune $H_{\max} = (30...40)\% H$ [51], dată de neetangeitățile din avalul vanei și de pierderile de sarcină de pe traseul by-pass-ului.

Pentru stațiile de pompare (fig.1.2) se utilizează vanele (Vf, VS, VSe) ce se includ pe traseul de aspirație ale pompelor cât și în cel de refulare servind ca organe de manevră pentru pompe și ca organe de siguranță.

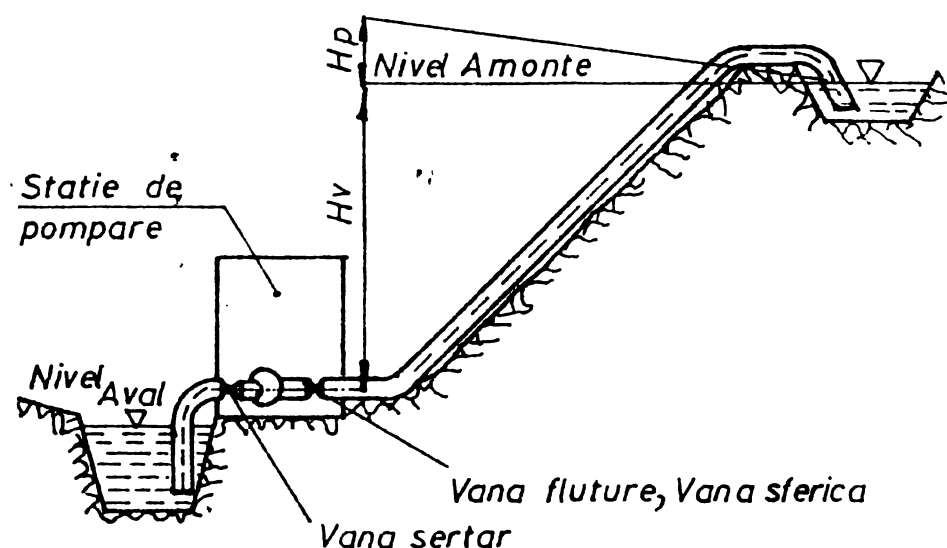


Fig 1-2 Stație de pompare

Golirile de fund (fig.1.3) ale barajelor lacurilor de acumulare se realizează cu ajutorul vanelor (VF, VCi, VK, VFp) ce constituie organe de siguranță ale acestora.

Regimul de lucru este deosebit de greu ($V \geq 30\text{m/s}$) cu un grad avansat de cavitație. Domeniul de căderi proprii acestor vane este $H = (30...200)\text{m H}_2\text{O}$.

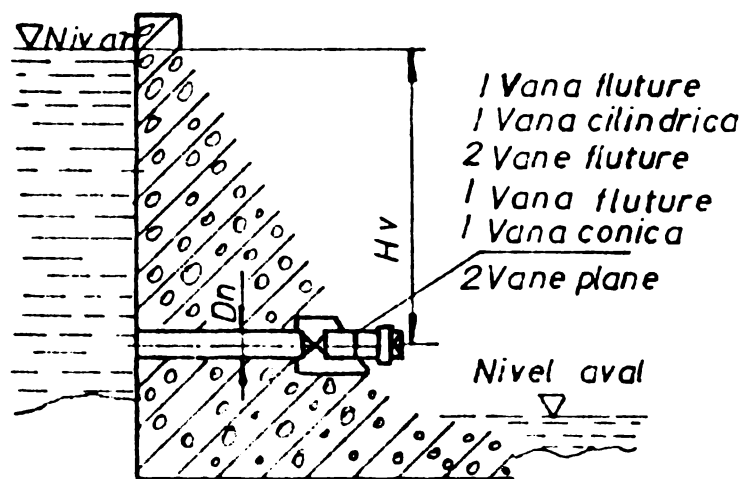


Fig 1-3 Golirea de fund a barajelor

Sensul general al noțiunii O.Ob.cuprinde :

- cele de uz general cunoscute sub numele de armături [52] , indiferent de tipul constructiv dar cu dimensiuni modeste ;

- obturatoare sau organe de obturare, cele utilizate pentru conductele C.H.E., U.H.E., S.P. sau G.F. In general la noi în țară s-a încetățenit denumirea de vane.

Este de menționat faptul că în Franța și Elveția pentru aceste O.Ob. apar denumiri diferite "vanne" sau "Robinet" iar în limba engleză este utilizat termenul "valve".

Tinând seama de aceste precizări, clasificarea O.Ob. pentru C.H.E. U.H.E, S.P. și G.F. se face după unele criterii de natură diferită [9] , [10] și anume :

A. După amplasamentul pe conductă avem :

- a) Organe intercalate pe conductă (VF, VS, VL, VSe, etc).
- b) la capăt de conductă (VK, VL, mai rar VF și VSe)
- c) în fața turbinei pentru C.H.E. (VF, VS, mai rar VSe, sau Vauc și VA).
- d) după pompe pentru S.P. (VF, VS, VSe , mai rara VAuc și VA)
- e) la capăt de conductă forțată pentru U.H.E. (de regulă VF)
- f) la priză - U.H.E., S.P. sau G.F. (VH. VF, VS)
- g) la deșurare - pentru SP, GF (VK, VF, mai rar VSe)

B. După regimul de lucru și de exploatare, avem :

a) Vane care închid și deschid "în curent" cel mai greu regim de lucru - mai ales la G.F., dar închiderea în curent în caz de avarie este obligatoriu de prevăzută și în cazul celorlalte vane ale CHE, UHE și SP, deși numai în cazuri excepționale, în mod normal la acestea închiderea se face în condiții de " presiuni egalizate ".

b) Vane care se închid cu " presiuni egalizate " și se închid tot așa - excepțional se pot închide în curent - în caz de avarie (spargerea conductei în aval - blocarea aparatului director la turbine, defectarea sistemului de reglaj, etc).

c) Vane operative (de serviciu sau automate - după Neyrpic) cele din aval și vane de avarie (de revizie dau de gardă - după Neyrpic) - în cazul vanelor duble de la cap la conductă (după castelul de echilibrare), de regulă VF.

d) Vane de închidere sau de izolare și vane de reglaj a debitului (VK, VL, VA și mai rar VF sau VP).

C. După regimul de viteză, avem :

a) Vane pentru viteze moderate (max 3 m/s) pentru amenajări unde se mai admite fontă pentru principalele piese ale O.Ob. utilizându-se VF, [12] .

b) Vane pentru viteze mijlocii (VF, VS, VL, VAuc, VA, VP, VSe) cu limite până la 15 m/s.

c) Vane pentru viteze ridicate ($15 \text{ m/s} \leq V \leq 25 \text{ m/s}$) tipuri ca la pct.precedent. Tipurile din acest domeniu sînt VF, VK, VL, VAuc, și VA. In aceste cazuri se iau măsuri speciale de atenuare a cavităției.

Unele firme practică o tendință de departajare a principalelor vane [13] pe o diagramă $D = f(Q)$ - fig.1.4.

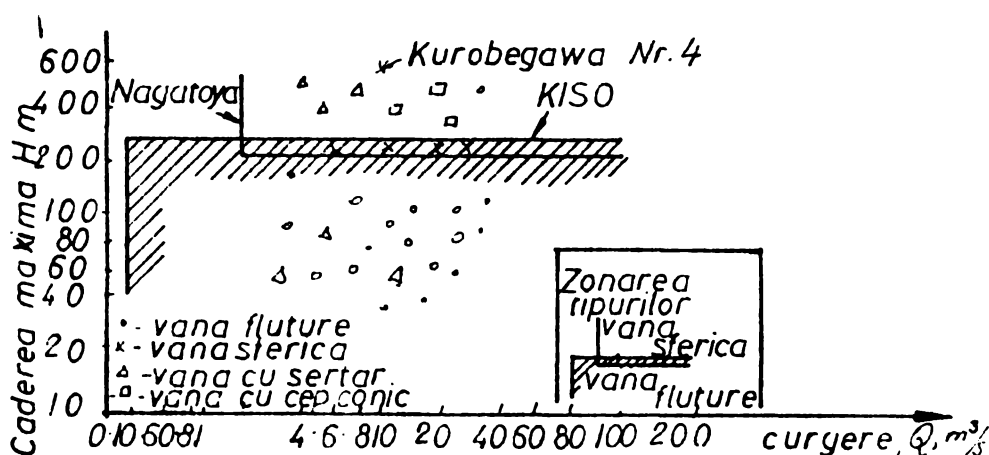


Fig.1.4 Diagrama clasif. vanelor de la intrarea în turbină

D. După regimul de curgere O.Ob., avem :

a) Vane cu curgere axial simetrică (VS, VK, VL, VAuc), simetrică perturbată (VA și VF în poziție deschisă complet) și axial nesimetrică (VSe, VP, VF în poziții intermediare).

b) Vane cu perturbare puternică a curentului (VSe, VP) cu perturbare medie (VF, VFb, VAuc, VA, VK, VL) și vane cu cea mai mică perturbare (VS în poziție complet deschisă).

c) Vane cu regim staționar de curgere și vanele de reglaj permanent (nestaționar) (VK, VL și mai rar în cazul lichidelor VF).

d) Vane de capăt cu debugare în aer liber - înecată parțial sau nu (VK, VL, mai rar VP și VSe) sau cu debugare "în conductă" care pot fi înecate complet (VL, VSe, VF).

E. După modul de realizare a obturării, putem distinge :

a) vane cu obturator rotativ (VF, VFb, VS, VCe, VCi) ;

b) vane cu obturator glisant perpendicular pe direcția curentului (VP, VSe, VSeg, etc).

c) vane cu obturator glisant în sensul curentului (VK, VL, VAuc, VA) ;

d) vane cu un singur organ de obturare - majoritatea tipurilor, vane cu două obturatoare (VCi) sau cu mai multe obturatoare (VApd) - aceste din urmă fiind construcție specială rar întâlnite.

F. După modul de realizare a etanșării, în poziție închisă, avem :

a) Etanșare aproape perfectă la VF, VFb, VS, VSe, VAuc, VL, VK (după [14], [18], [22], [24]), sau mai puțin perfectă (pierderi admise reglementate prin relații empirice).

b) Etanșare simplă (VF, VSe, VA, VP, VSe) sau comandată cu apă, ulei sau aer) la VS, VF, VAuc).

c) Cuplu de materiale de etanșare : metal/metal, piele/etal, masă plastice/metal, etc.

NOTA : Este de menționat faptul că abia în ultimele 2-3 decenii s-au rezolvat problemele etanșării aproape perfecte datorită unor soluții constructive ingenioase legată de dezvoltarea producției de materiale sintetice. Prin etanșare aproape perfectă se înțelege pierderi foarte mici, de câteva picături pe minut. Există standarde care reglementează pierderile admisibile, în funcție de destinație și parametrii O.Ob [10], [18], [32] .

G. După modul de acționare, O.Ob, se împart în :

a) Vane cu acționare manuală (la dimensiuni mici și presiuni moderate).

b) Vane cu acționare electromecanică (cu reductoare intermediare) în cazul celor mici și mijlocii de orice tip ,

c) Vane cu acționare hidrostatică (VF, VFb, VS, VSe, mai rar VK, VL, VAuc) cu ulei la presiune de 25-40-66-100 și mai rar peste 200 bari.

d) vane cu acționare hidrostatică cu apă sub presiune

din conducta forțată, mai ales la VS și VAuc , atunci cînd presiunea apei din conducta forțată este mai mare de 30 bari.

e) Vane cu acționare pneumatică în cazul celor cu destinație în afara hidroenergeticii (din motive de stabilitate a acționării sau reglării se evită acest fel de acționare).

f) Scheme de acționare cu rezistență hidraulică fixă (neprogramată ajutabilă la probe, dar construită pentru funcționare).

g) Scheme de acționare cu rezistență hidraulică a traseului acționării, autoreglată, (quasi-programată) cea mai utilizată la noi [6] care asigură o lege de variație a suprapresiunii din conductă, de așa natură că pe o durată destul de mare aceasta devine mai mult sau mai puțin constantă, lucru ce duce la o solicitare mai rațională a pereților conductei.

h) Scheme de acționare pentru închidere programată.

Aceasta a fost introdusă de firma Eschler-Wyss, după al doilea război mondial [15] , la VF 520-120 (UHE Genissiat) pentru care s-au cerut condiții foarte severe de închidere (menținerea unei suprapresiuni constante în conducta forțată la închidere și un timp de închidere cît mai mic posibil). Mai tîrziu și firma HTGZ-URSS [22] prevede o altă vană VF 450-80 (1962) cu închidere programată.

H. Alte criterii posibile de clasificare, mai sînt:

- a) după poziția axei de rotație la cele cu obturator rotativ;
- b) după unele principii constructive și tehnologice;
- c) după forma hidrodinamică a obturatorului;
- d) după produsul "pD" sau "pD²" [10] ;
- e) după gradul de strangulare a diametrului nominal al vanei față de cel al conductei din amonte (mai rar și aval).

1.2. VANE FLUTURE

Vana fluture este un organ de închidere și reglare a debitului, avînd valorile extreme pentru parametrii de bază ale O.Ob. cuprinse între valorile: $100 \leq D \leq 10.000$ (mm), $3 \text{ m H}_2\text{O} \leq H \leq 600 \text{ m H}_2\text{O}$, cu $(pD^2)_{\max} = 2,24 \cdot 10^6$ (daN) iar

434729 331 G

viteza și peste 25 m/s după [10], [15] .

Diferitele tipuri de vane fluturo sunt formate dintr-un corp cilindric și un disc rotitor care la diametre mari se face din bucăți. Axa de rotație, obișnuit coincide cu diametrul discului, dar sînt variante constructive unde aceasta este plasată excentric pentru obținerea unui moment care ajută la închiderea vanei. Diferența ariilor celor două jumătăți a discului în acest caz (cea inferioară și superioară în raport cu axa de rotație), va fi 8 + 10 %. Axa de rotație a vanelor fluturo este amplasată orizontal pentru evitarea murdăririi și uzurii din cauza aluviunilor a fusului inferior.

Masa relativ nu prea mare a discului de rotire, face vanele de acest tip deosebit de utile în cazul închiderilor rapide.

După anul 1950, în condițiile dezvoltării proiectării și execuției vanelor fluturo, era necesar pentru lentila clasică pe de o parte să se satisfacă condițiile hidraulice care cereau o grosime cât mai mică a acesteia pentru a reduce pierderile de sarcină, pe de altă parte mărirea dimensiunilor și a eforturilor cereau îngroșarea lentilei, pentru a limita solicitările mecanice și deformațiile.

Compromisul care rezulta era în general nesatisfăcător.

Un alt neajuns era planul garniturilor de la lentila clasică care trecea peste axa fusurilor și prezenta în acest caz discontinuități dăunătoare cu etanșările lor și care pot fi cauza unei deteriorări rapide a garniturilor.

În aceste condiții, Charmilles, depune primul brevet cu privire la vanele cu zăbrele, ce vor apare în literatura de specialitate sub denumirea de vane fluturo biplane.

Prin aceasta s-a realizat suprimarea simultană a două neajunsuri: condiția de rezistență și etanșitate a discului vanei.

Obturatorul vanei fluturo biplane este caracterizat de două plăci circulare situate de o parte și de alta a fusului unite între ele prin antretoaze. În poziția vanei deschise, toate aceste elemente sînt dispuse paralel cu axa principală a conductei.

În funcție de poziția discurilor paralele în raport cu fusul și a tolelor de rigidizare ale acestora, în literatura de specialitate [14] ÷ [31] se cunosc mai multe tipuri de vane fluture biplane (fig.1.5.a,b,c,d).

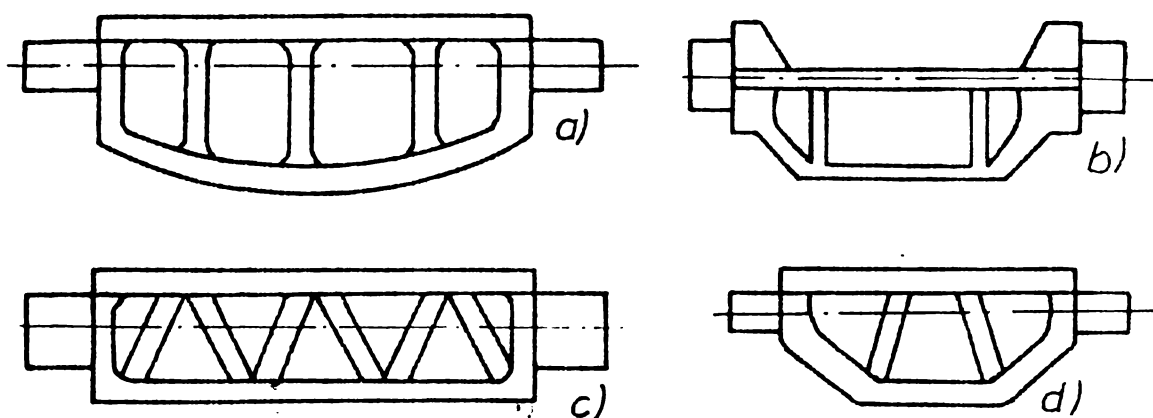


Fig.1.5. Tipuri de vane fluture biplane

- Fig.1.5.a reprezintă VFb tip K.M.W.-Suedia. A fost utilizată la C.H.E. SALLSJO-Suedia, avînd $D=2400$ mm și $H=175$ m H_2O .

- Fig.1.5.b. - reprezintă VFb tip Escher-Wyss - R.F. Germană. A fost utilizată la CHE Serre-Poncon - Franța, avînd $D=4000$ mm și $p=17,5$ at.

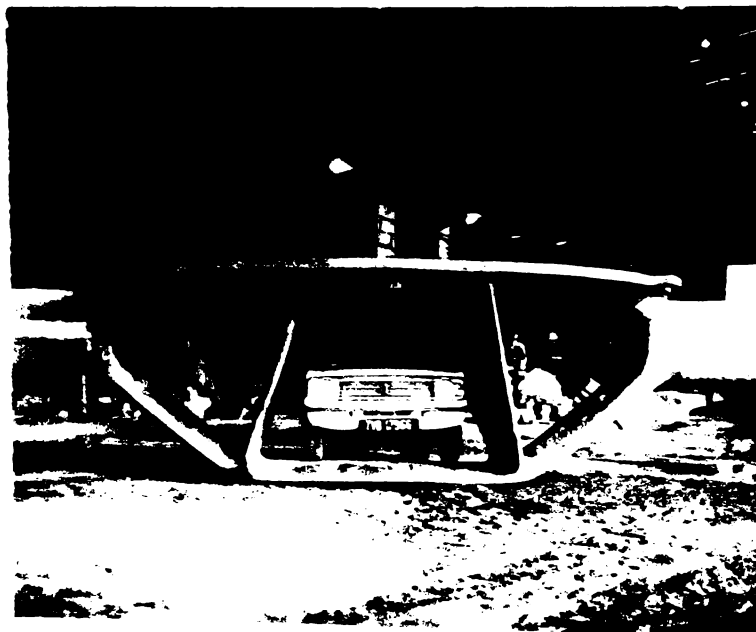
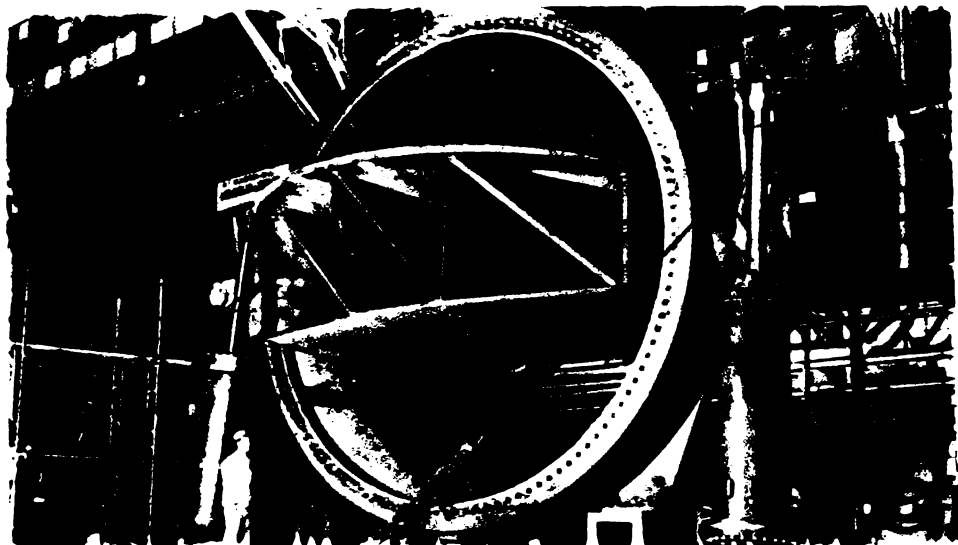
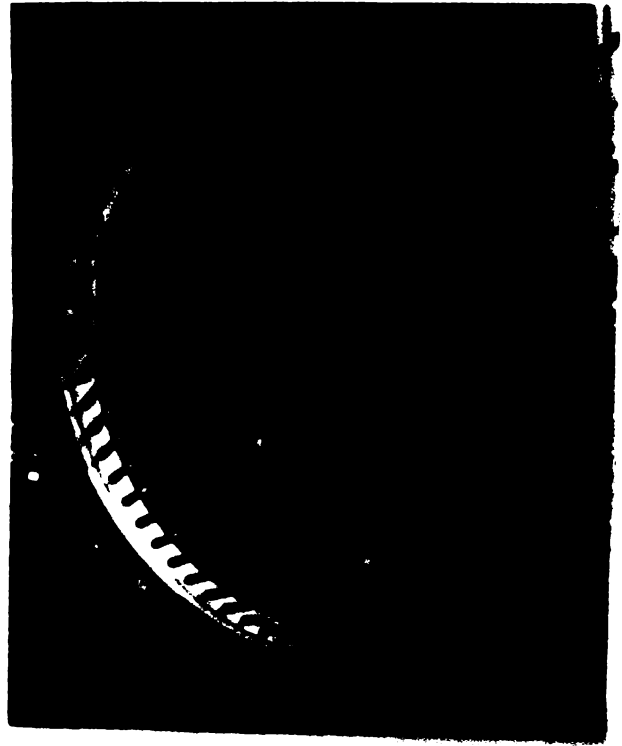
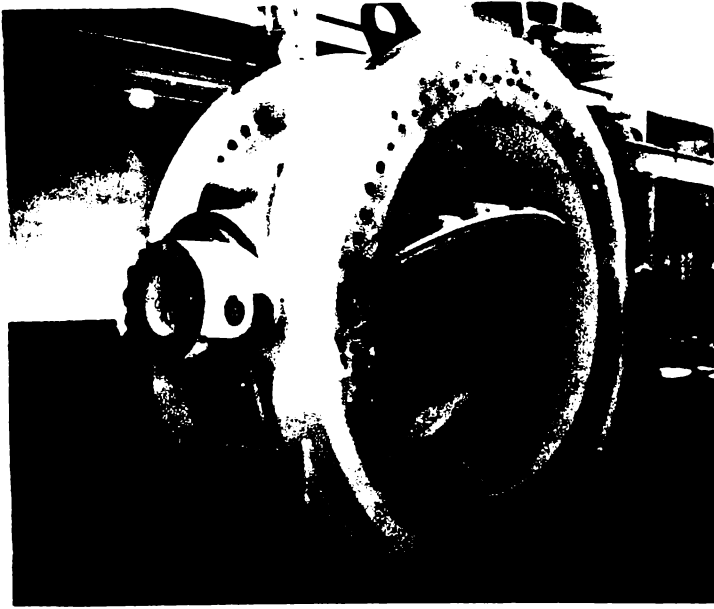
- Fig.1.5.c. - reprezintă o VFb tip Mitsubischi H.I. LTD Japonia (variantă Charmilles) utilizată la CHE NIIKAPU-Japonia avînd $D=5450$ mm și $H=90$ m H_2O .

- Fig.1.5.d. - reprezintă o VFb Boving - Anglia utilizată de CHE TOKAANU Noua Zeelandă avînd $D=5500$ mm și $H=100$ m H_2O .

În perspectivă tipurile de vane amintite (fig.1.5) sînt prezentate în fig.1.6.a.b.c.d.

Vane fluture biplane au fost proiectate și executate și la noi în țară, colaborînd în acest sens CCSITEH-Reșița și ICM-Reșița.

Astfel se poate aminti CHE MARISELU și CHE SUGAG ($D=3200$ mm și $H=100$ m H_2O); CHE MOTRU și CHE GILCEAG ($D=2800$ mm și $H=110$ m H_2O) iar în curs de execuție CHE RIUL-MARE Retezat ($D=3600$ mm și $H=175$ m H_2O) și UHE SCOPOASA asupra căreia vom da cîteva date suplimentare întrucît VF constituie o parte din studiul acestei lucrări [36] [37] [38].



14. Biplane, white în
m. activă

UHE Scropoasa ($P_{inst}=12$ MW), de mare cădere ($H_n = 217$ m H_2O) are un lac de acumulare de cca 18.000.000 m³ apă, amenajat pe râul Ialomița în comuna Moroeni, jud. Dâmbovița și are două grupuri de turbine Francis (2x6250 KW).

Casa vanelor - castel a U.H.E. Scropoasa adăpostește echipamentul mecanic din capătul de sus al conductei forțate, clădirea fiind de tip "subterană" și amplasată la cota 1371,00 mdM. Aceasta cuprinde o instalație de vane fluture, VFb 150-80 ce reprezintă un ansamblu complex montat între galeria de aducțiune și conducta forțată.

Instalația asigură închiderea normală și de avarie (spargerea conductei forțate) sau pentru revizii și reparații și este compus din: vană de lucru, vană de revizie, instalație de acționare, tronsoane de legătură, instalația by-pass, sondă diferențială de presiune, ventil de aerisire și conductă de aerisire.

Datele caracteristice ale vanelor fluture VF 150-80, care face obiectul lucrării sînt:

- diametrul nominal1500 mm;
- debitul nominal6,2 mc/sec;
- presiune nominală80 m H_2O ;
- tipul vanelor, fluture cu ax orizontal, cu obturator liticular sau biplan și etanșare piele /metal;
- tipul acționării: hidraulică, cu ulei, cu unul sau două servomotoare (cu simplu efect la vana de lucru și cu dublu efect la vana de revizie) și contragreutăți;
- timpul de manevră pentru vana de lucru este de 5-6 minute la deschiderea cu electropompă - 120 secunde la închiderea cu contragreutăți la debit nominal și de 40 secunde închidere la debit maxim;
- pierderi prin neetanșeități: max 0,05 l/sec;
- cota axului vanelor: 1373 mdM.

Cele două vane fluture au roluri diferite - vana aval este o vană de lucru (avarie), iar vana amonte este vana de revizie. Acestea sînt acționate fiecare de propriul grup de acționare dotat cu două electropompe și o pompă manuală.

CAPITOLUL II

CALCULUL DE REZISTENTA SI DEFORMABILITATE AL CLAPETEI VANEI FLUTURE BIPLANE.

2.1. Calculul actual al vanelor fluture biplane.

În metodologia de calcul a vanelor fluture biplane care se aplică curent în proiectare [8], [41], [42], [70], se disting următoarele calcule de rezistență și stabilitate mai importante:

- a) Calculul de rezistență a fusurilor vanei și verificarea bușelor de susținere;
- b) Calculul de rezistență al discului vanei;
- c) Calculul carcasei vanei, a flanșelor și șuruburilor de îmbinare a semicarcaselor [52], [53];
- d) Verificarea brațului contragreutății și a altor elemente accesorii;
- e) Verificarea stabilității conductei în vecinătatea vanei [54], [55], [56];

În toate calculele mai sus menționate, valorile maxime (sau echivalente) ale tensiunilor, calculate în ipotezele cele mai defavorabile de funcționare a vanei, sînt comparate, în spiritul metodei de calcul a rezistenței admisibile, cu valorile admise corespunzătoare, sau sînt explicați coeficienții de siguranță raportați la limita de curgere respectiv de rupere a oțelului din care este confecționată vana.

În calculul de rezistență al discului vanei, acesta este asimilat cu o grindă simplu rezemată, avînd ca deschiderea de calcul distanța între suporturile reacțiunilor R_{fus} (Fig.2.1). Încărcarea distribuită uniform pe suprafața discului vanei, provenite din presiunea apei, este dirijată perpendicular pe suprafață. Încărcarea distribuită poate fi substituită prin rezultantele corespunzătoare fîșiiilor de suprafață conform schemei din fig.2.1. Astfel, cu forțele:

$$F_i = A_i \cdot p \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (2.1)$$

momentele încovoietoare în dreptul centrelor de greutate ale fîșiiilor sînt:

$$\begin{aligned} M_1 &= l_1 \cdot R_{fus} \\ M_2 &= l_2 \cdot R_{fus} - F_1(l_2 - l_1) \\ M_n &= l_n R_{fus} - F_1(l_n - l_1) - F_2(l_n - l_2) - \dots - F_{n-1}(l_n - l_{n-1}) \end{aligned} \quad (2.2)$$

în secțiunea centrală, momentul încovoietor fiind maxim. Determinînd pentru această secțiune (Fig.2.1), modulul de rezistență minim :

$$W_{x_{min}} = \frac{I_x}{y_{max}} \quad (2.3)$$

rezultă tensiunea:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_{x_{min}}} \quad (2.4)$$

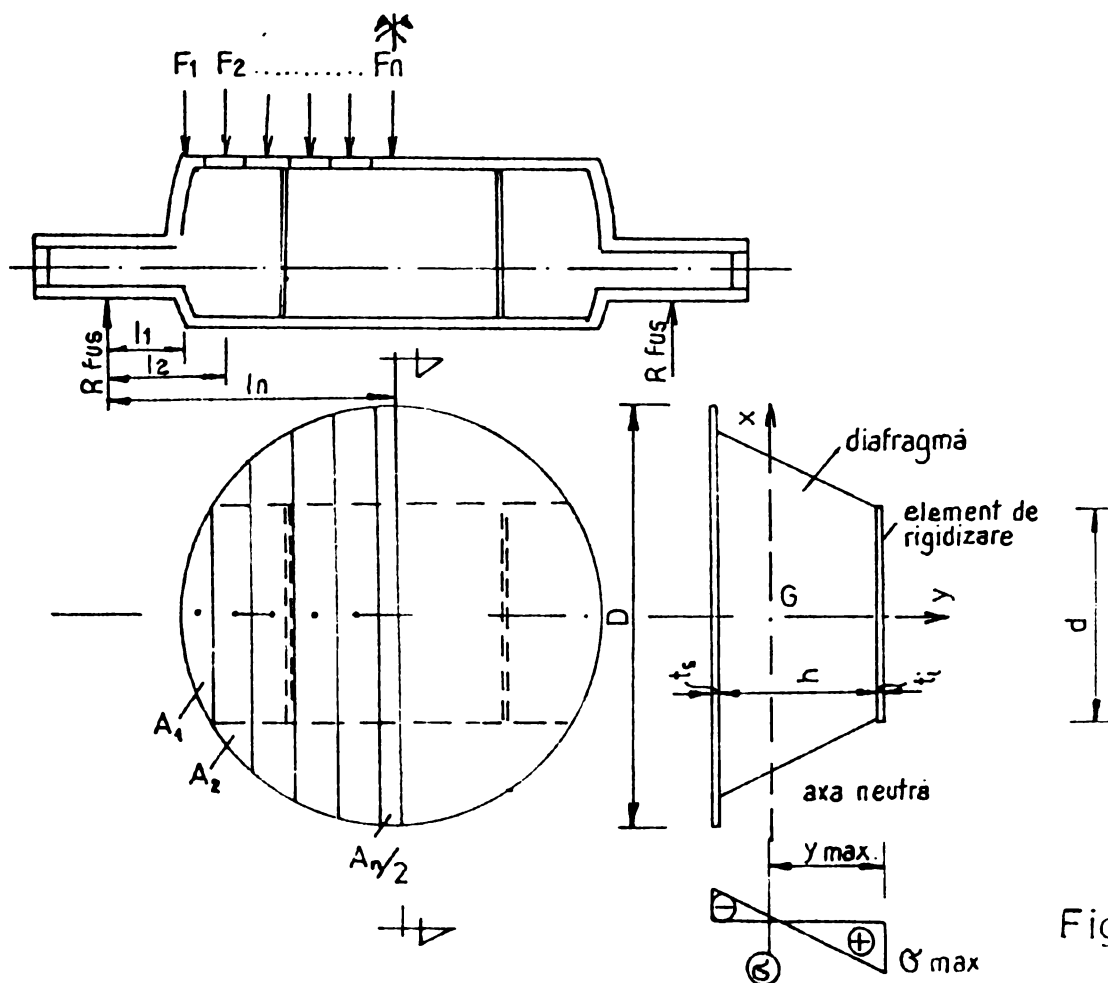


Fig. 2.1.

Calculul momentului de inerție I_x din (2.3) se face considerînd secțiunea transversală alcătuită din dreptunghiurile $D \times t_s$ și $d \times t_i$ distanțate cu h (fig.2.1).

Pentru clapeta vanei fluturo din fig.2.2 (care face obiectul prezentei lucrări), aceasta se schematizează pentru calcul, sub forma unei grinzi simplu rezemată, în conformitate cu calculul actual, simplificat, utilizat în proiectare. Discul vanei este subîmpărțit în 2×7 fîșii iar încărcarea distribuită $p = 10 \text{ daN/cm}^2$ se substituie prin rezultante, aplicate în secțiunile care corespund granițelor dintre fîșii (Fig.2.3). Deschiderea între reazemele grinzii $L=180 \text{ cm}$ rezultă din considerarea reacțiunilor plasate la mijloacele lățimilor de rezemare a fusurilor. Lățimile fîșiilor considerate sînt de cîte 10 cm în zona centrală iar spre margini s-au avut în vedere lățimile butucului ($\sim 15 \text{ cm}$) și a fusului ($30/2=15 \text{ cm}$). Intregul calcul s-a condus pentru o rază a suprafeței direct încărcată de $R_{\text{disc}} = 67 \text{ cm}$. În tabelul 2.1 sînt înserate ariile fîșiilor, forțele P_i și momentele de încovoiere în secțiunile corespunzătoare granițelor dintre fîșii.

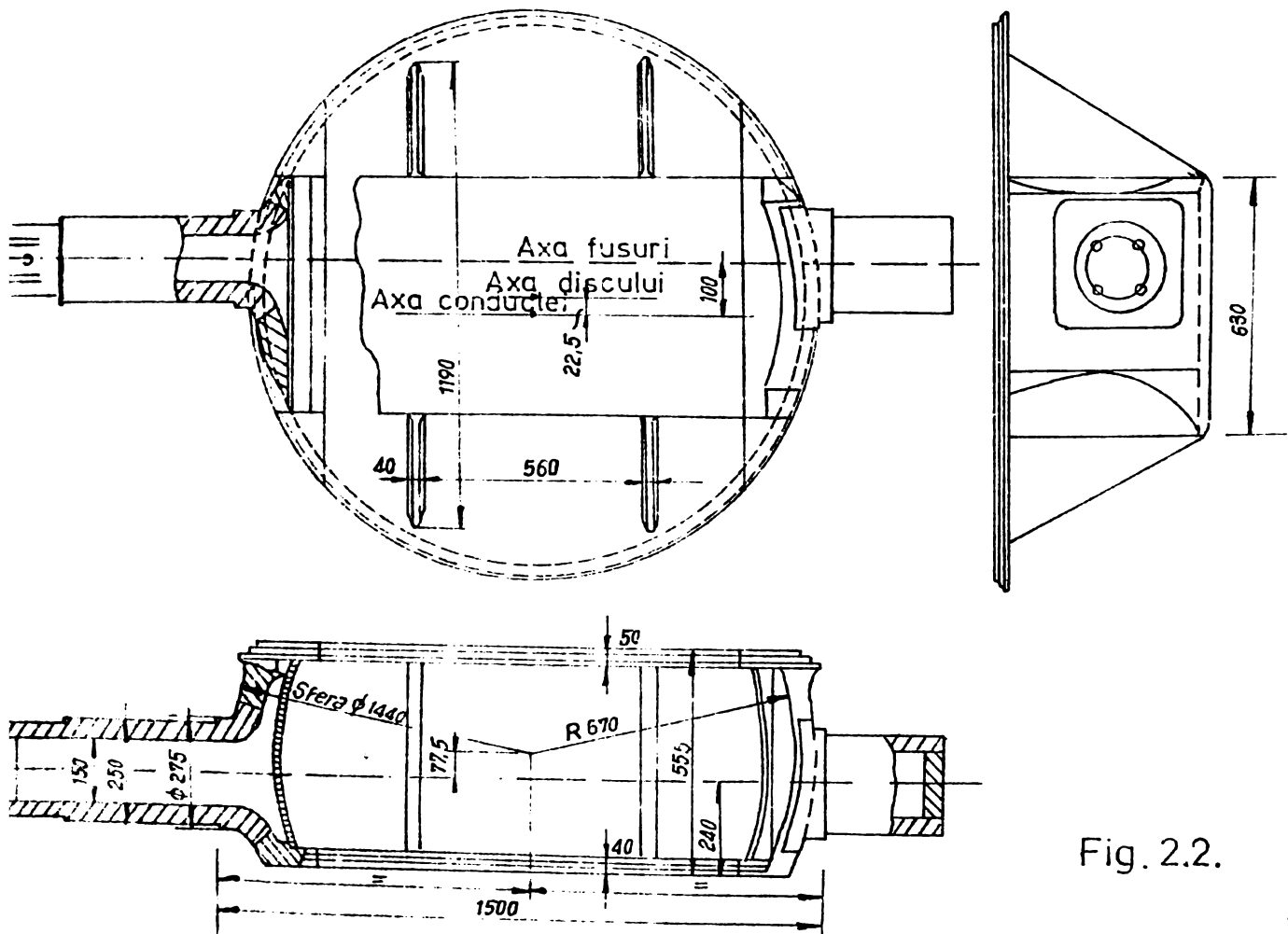


Fig. 2.2.

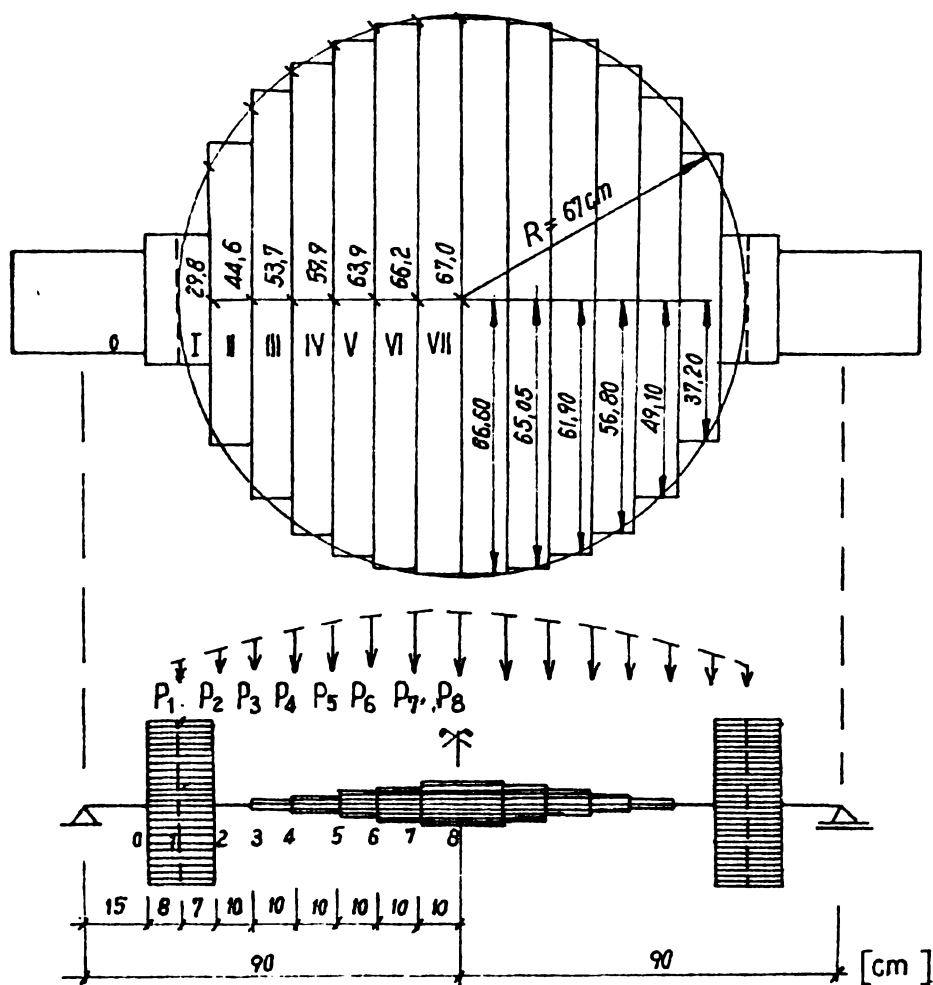


Fig. 2.3.

Tabelul 2.1

Nr. fîșie	Aria în cm^2	Nr. sect.	Forța P kN	Moment încov. M kN.m
I	208,6	1	10,43	159,33
II	744,0	2	47,63	207,55
III	983,0	3	86,35	271,17
IV	1136,0	4	105,95	326,15
V	1238,0	5	118,70	370,54
VI	1301,0	6	126,95	403,06
VII	1332,0	7	131,65	422,89
Total:	6942,6	8	66,60	429,55
		0	-	104,14

Cu relațiile (2.3) și (2.4) tensiunile normale în secțiunea centrală cea mai sollicitată sînt reprezentate în fig.2.4.

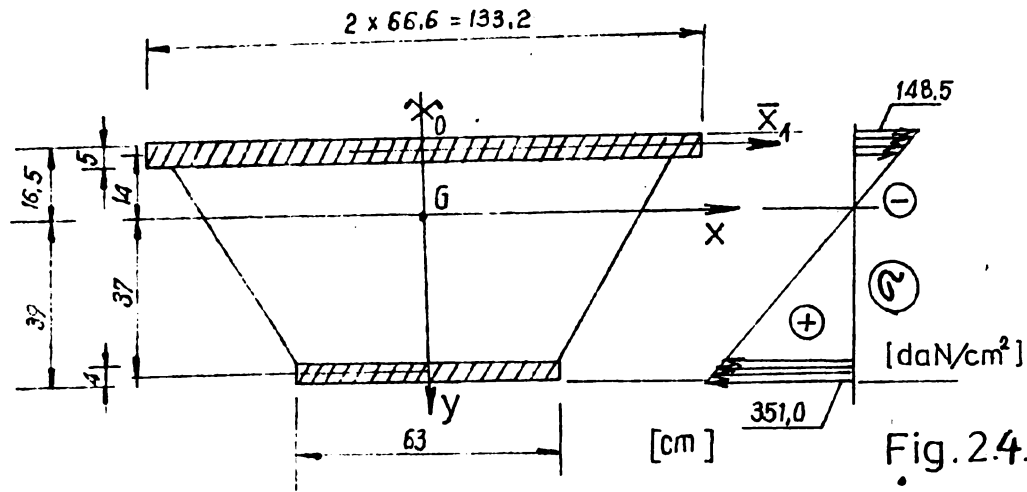


Fig. 2.4.

Față de această verificare de rezistență indicată în [41] ca semnificativă, verificarea fusului (fig. 2.5) conduce la valori mult mai mari ale tensiunilor normale, și anume:

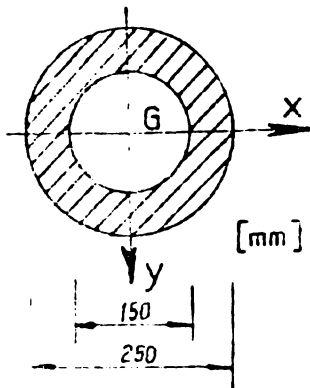


Fig. 2.5.

$$\sigma_{\max} = 780 \text{ daN/cm}^2$$

Astfel, dacă se ține seamă și de momentul de torsiune $M_t = M_{\perp}$ ce apare la închiderea vanei, se poate afirma că discul propriu-zis nu condiționează atingerea limitei capacității portante, aceasta fiind dictată de cea a fusului.

În baza acestei constatări, ar rezulta în continuare, posibilitatea de reducere a dimensiunilor de grosime ale elementelor componente ale discului, urmărind realizarea, pe cât este posibil, ținând seama și de considerentele de ordin tehnologic, a unei "bare" de egală rezistență (disc-fus). Totuși, aceste concluzii rămân deficitare în primul rând, datorită simplificării exagerate a problemei prin reducerea ei la problema unei grinzi simplu rezemate. Pe de o parte, așa cum se va arăta ulterior, această metodă, nu poate cuprinde nici calitativ și nici cantitativ fenomenul stării de efort și deformații în structura vanei. Pe de altă parte, metodologia de calcul din [41], însușită în proiectarea vanelor, nu are în vedere calculul deformațiilor acestora. Ori, depășirea unor deformații admisibile, poate să conducă la situații care să contravină condițiilor prescrise de funcționalitate prin pierderile exagerate datorate neîn-

chiderea vanei. Din această ultimă observație s-a conturat, într-o primă etapă a cercetării necesitatea de a controla prin calcul în ipoteza grinzii simplu rezemate, și deformațiile vanei, calcul prezentat în cele ce urmează.

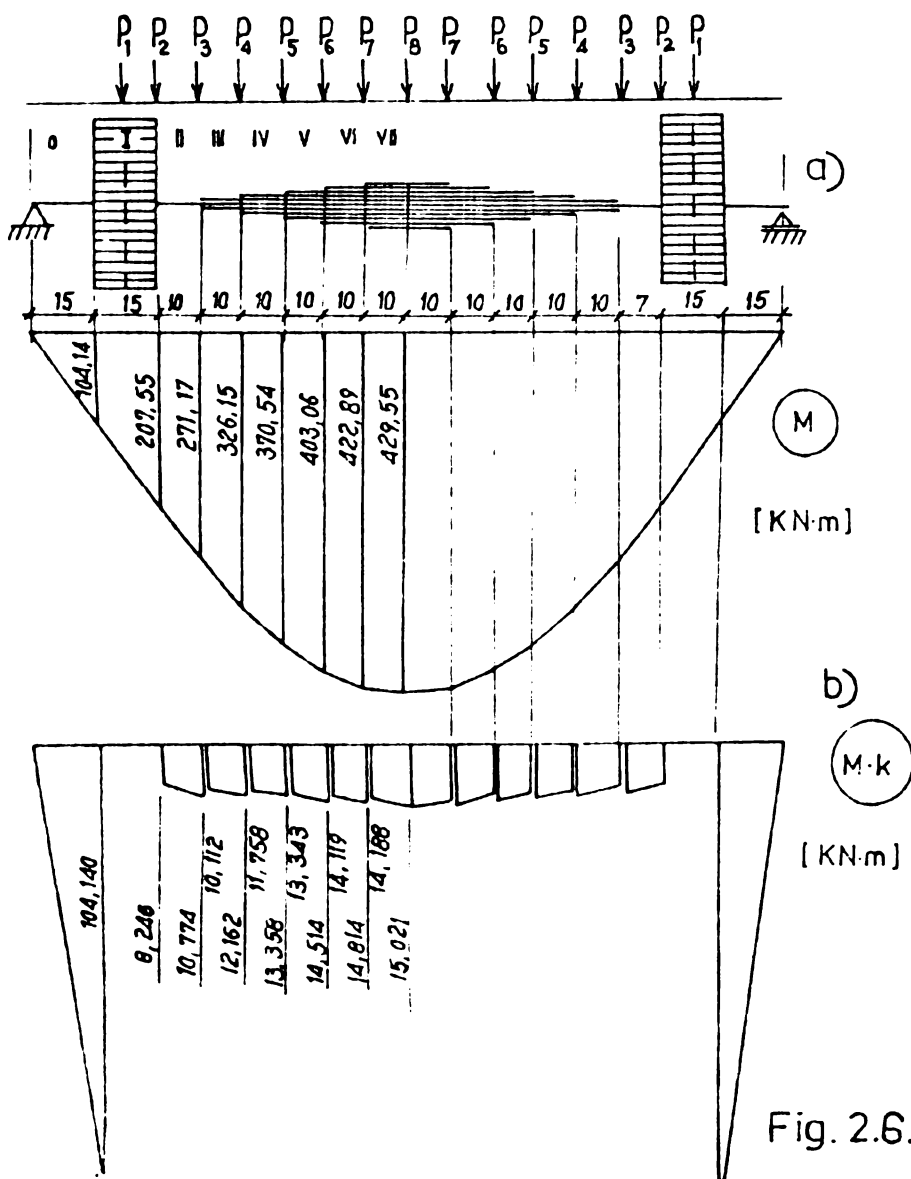
In acest scop, s-a preconizat metoda grinzii conjugate și au fost determinate momentele de inerție I ale tronsoanelor. S-a con-

Tabelul 2.2.

Tronson	I cm ⁴	$k = \frac{I_f}{I}$
0	16690	1
I	∞	0
II	420078	0,03973
III	447561	0,03729
IV	462942	0,03605
V	463445	0,03601
VI	476452	0,03503
VII	477248	0,03497

siderat ca moment de inerție de referință cel al fusului vanei I_f și s-a determinat încărcarea grinzii conjugate prin multiplicarea ordonatelor diagramei de momente cu raportul $k = \frac{I_f}{I}$ (fig.2.6). In tabelul 2.2 sînt trecute valorile momentelor de inerție și valorile k pentru cele opt tronsoane (0-VII),

pentru tronsonul I corespunzător butucului luîndu-se pentru momentul de inerție o valoare infinită. Calculînd momentul de încovo-



voiere în secțiunea centrală a grinzii conjugate (fig.2.6.a), încărcată distribuit după legea din fig.2.6.b., rezultă: $M = 5,571 \text{ kNm}^3$, iar săgeata la mijlocul grinzii:

$$v = \frac{M}{EI_f} = 0,01589 \text{ cm}$$

va loare, care conduce la concluzia că deformația vanei este deosebit de mică, deci că deformabilitatea ei redusă nu ridică probleme legate de funcționalitate; la asemenea deformații reduse s-ar putea afirma cu certitudine că etanșeitarea vanei este asigurată prin elasticitatea garniturilor de închidere.

Fig. 2.6.

2.2. Aspecte ale calculului vanei fluture biplane prin integrarea ecuației diferențiale a fibrei medii deformată

Datorită avantajelor vanelor biplane, atât din punctul de vedere al consumului de oțel, al funcționalității (etanșare bună, siguranță ridicată în exploatare) cât mai ales din punctul de vedere al parametrilor hidraulici (opturare în poziție deschisă de numai 12 % din secțiunea conductei), calculul de rezistență al acestora a constituit un permanent câmp de investigație urmărindu-se o reflectare cât mai fidelă a comportării acestor structuri. Astfel, în [57], A.A. Bolotnikov propune un calcul analitic al tensiunilor și deformațiilor vanelor biplane asimilate ca bare cu moment de inerție variabil după legea

$$I(\xi) = I_0 \sqrt{1 - \xi^2} \quad (2.5)$$

unde s-a notat (Fig. 2.7) cu *):

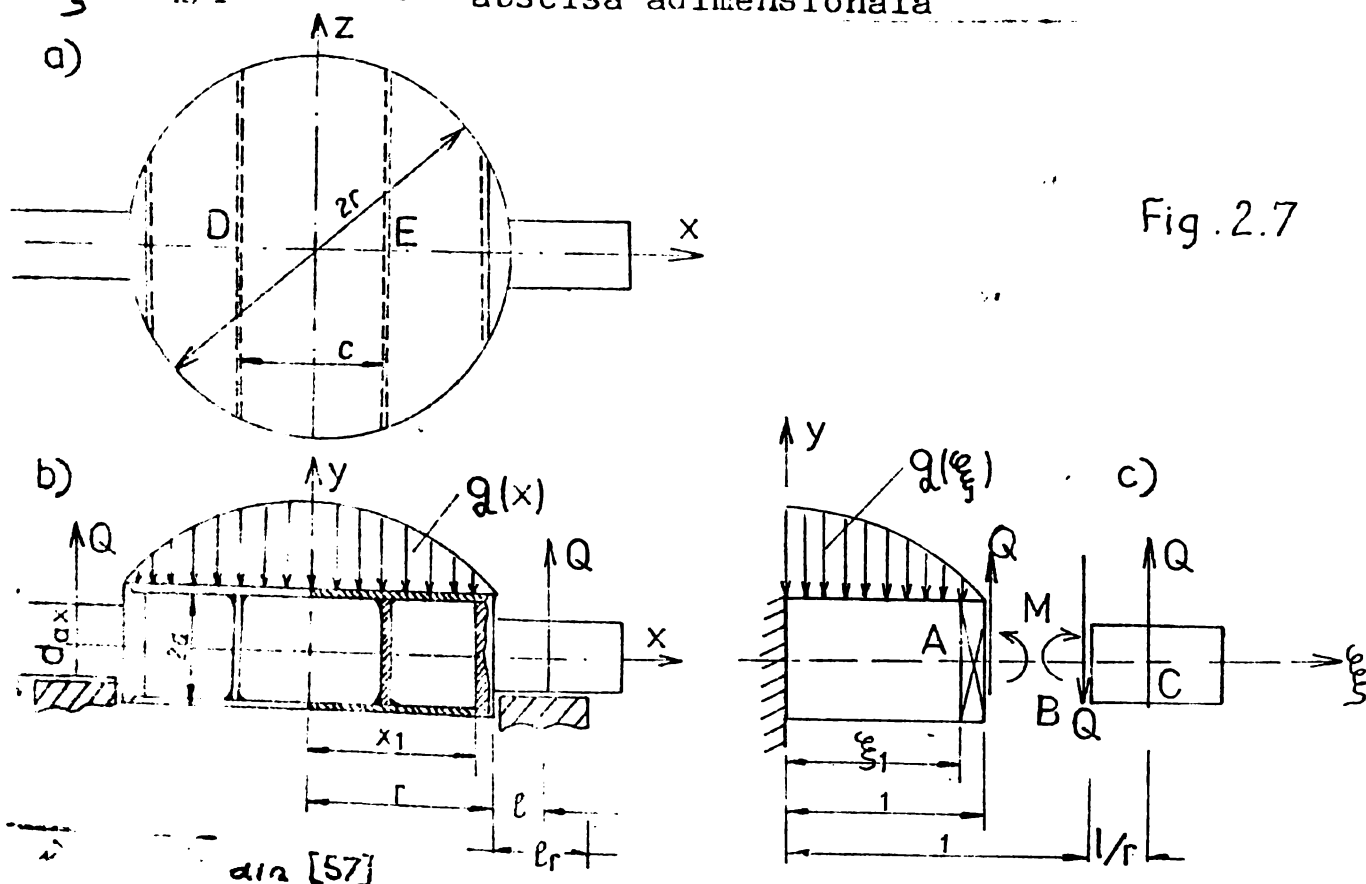
$I_0 = 4 \delta a^2 r$ - momentul de inerție al secțiunii centrale ($\xi = 0$)

δ - grosimea discurilor

$2a$ - distanța dintre suprafețele mediane ale discurilor

r - raza discurilor

$\xi = x/r$ - abscisa adimensională



Avînd în vedere simetria geometrică și mecanică (de încărcare) față de axa OY, grinda simplu rezemată pe lagăre (fig. 2.7.b) poate fi substituită cu o consolă încastrată în origine (Fig. 2.7.c.). Utilizînd abscisa adimensională ξ , ecuația diferențială a deformației:

$$EI(x) \frac{d^2 y}{dx^2} = M(x) \quad (2.6)$$

se poate scrie sub forma:

$$EI(\xi) \frac{1}{r^2} \frac{d^2 y}{d\xi^2} = M(\xi) \quad (2.6')$$

unde momentul încovoietor definit din dreapta secțiunii curente x este

$$M(x) = M + Q(r-x) - \int_x^r q(t) \cdot dt \cdot (t-x) \quad (2.7)$$

sau adimensional,

$$M(\xi) = M + Qr(1-\xi) - \int_\xi^1 q(u) \cdot r \cdot du \cdot r(u-\xi) \quad (2.7')$$

în care cu t respectiv u s-au notat variabilele intermediare necesare integrării acțiunii exterioare.

Pentru încărcarea exterioară, ținînd seamă de suprafața circulară a discului rezultă:

$$q(x) = p \cdot 2 \sqrt{r^2 - x^2} = 2 p \cdot r \sqrt{1 - \left(\frac{x}{r}\right)^2}$$

$$\text{respectiv } q(u) = 2 p r \sqrt{1 - u^2} \quad (2.8)$$

unde p reprezintă presiunea apei pe disc [daN/cm^2]. În expresiile (2.7) și (2.7') cu M respectiv Q s-au notat momentul încovoietor respectiv forța tăietoare în secțiunea de îmbinare între disc și fus (fig. 2.7), adică:

$$Q = \frac{\pi \cdot r^2}{2} p; \quad M = Q \cdot l = \frac{\pi \cdot r^2}{2} p l \quad (2.9)$$

Cu (2.9), expresia momentului (2.7') devine:

$$\begin{aligned} M(\xi) &= \frac{\pi}{2} p r^3 \left(\frac{1}{r} + i - \xi \right) - 2 p r^3 \int_\xi^1 (u - \xi) \sqrt{1 - u^2} du = \\ &= \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{1}{r} + i \right) - \left(\frac{2 + \xi^2}{\xi} \sqrt{1 - \xi^2} + \xi \arcsin \xi \right) \right] p r^3 = \\ &= F(\xi) p r^3 \end{aligned} \quad (2.10)$$

iar ecuația (2.7') se poate scrie sub forma:

$$\frac{EI_0}{p r^5} \cdot \frac{d^2 y}{d\xi^2} = \frac{F(\xi)}{\sqrt{1 - \xi^2}} \quad (2.11)$$

Prin două integrări succesive soluția ecuației (2.11) este :

$$\frac{EI_0}{Pr^5} y(\xi) = \frac{\sqrt{1}}{2} \left(\frac{1}{r} + 1 \right) \left(\sqrt{1 - \xi^2} + \xi \arcsin \xi - 1 \right) - \frac{13}{12} \xi^2 - \frac{1}{36} \xi^4 + \frac{\xi}{2} \sqrt{1 - \xi^2} \arcsin \xi + \frac{1}{4} (\arcsin \xi)^2 \quad (2.12)$$

constantele de integrare fiind determinate din condițiile geometrice din dreptul încăstrării ($\xi = 0$) :

$$(y)_0 = \left(\frac{dy}{d\xi} \right)_0 = 0$$

Derivând (2.12) rezultă rotația tangentei la linia deformată într-o secțiune curentă ; astfel cu

$$\frac{EI_0}{Pr^5} \frac{dy}{d\xi} = \frac{\sqrt{1}}{2} \left(\frac{1}{r} + 1 \right) \arcsin \xi - \frac{5}{3} \xi - \frac{1}{9} \xi^3 + \sqrt{1 - \xi^2} \arcsin \xi$$

rezultă :

$$y'(x) = \frac{1}{r} \cdot \frac{dy}{d\xi} \quad (2.13-13')$$

Pentru a include și aportul butucului și al fusului în deformația de ansamblu, calculul de mai sus, valabil bineînțeles numai în intervalul $0 \leq \xi \leq \xi_1$, fusul se consideră încastat în butuc, acestuia din urmă atribuindu-se o rigiditate infinită. Rezultă astfel în punctul C o rotație

$$\theta_c = \frac{1}{r} \left(\frac{dy}{d\xi} \right)_{\xi_1} + \frac{Q l^2}{2 EI_{ax}} \quad (2.14)$$

respectiv o săgeată.

$$y_c = (y)_{\xi_1} + \left(1 - \xi_1 + \frac{l}{r} \right) \left(\frac{dy}{d\xi} \right)_{\xi_1} + \frac{Q l^3}{3 EI_{ax}} \quad (2.15)$$

În (2.14-15) ultimii termeni reprezintă rotația respectiv săgeata consolei de lungime l încărcată cu forța Q la extremitatea ei, iar termenul median din (2.15) reprezintă deplasarea în punctul C datorită rotației butucului.

Pentru calculul tensiunilor se decupează din vana deformată porțiunea finită de lungime c , egală cu distanța dintre diafragme, și de lățime unitară (Fig.2.8).

Tensiunea normală, în discul ① direct încărcat, se determină considerînd fișia de lățime unitară ca o bară dublu încastată, de lungime c ; astfel din efectul deformației de ansamblu al venei, tensiunea normală este

$$\sigma = \sigma' + \sigma'' = \frac{\Delta c}{c} E + \frac{M_1}{W_1} \quad (2.16)$$

unde σ' reprezintă tensiunea normală provenită din scurta-
rea lungimii c în urma încovoierii vanei în ansamblu, iar σ''
este tensiunea normală în fibra extremă în urma încovoierii
discului vanei dintre diafragme, rotația relativă a secțiu-
niilor fiind $2\theta_D$ (fig.2.8.b)

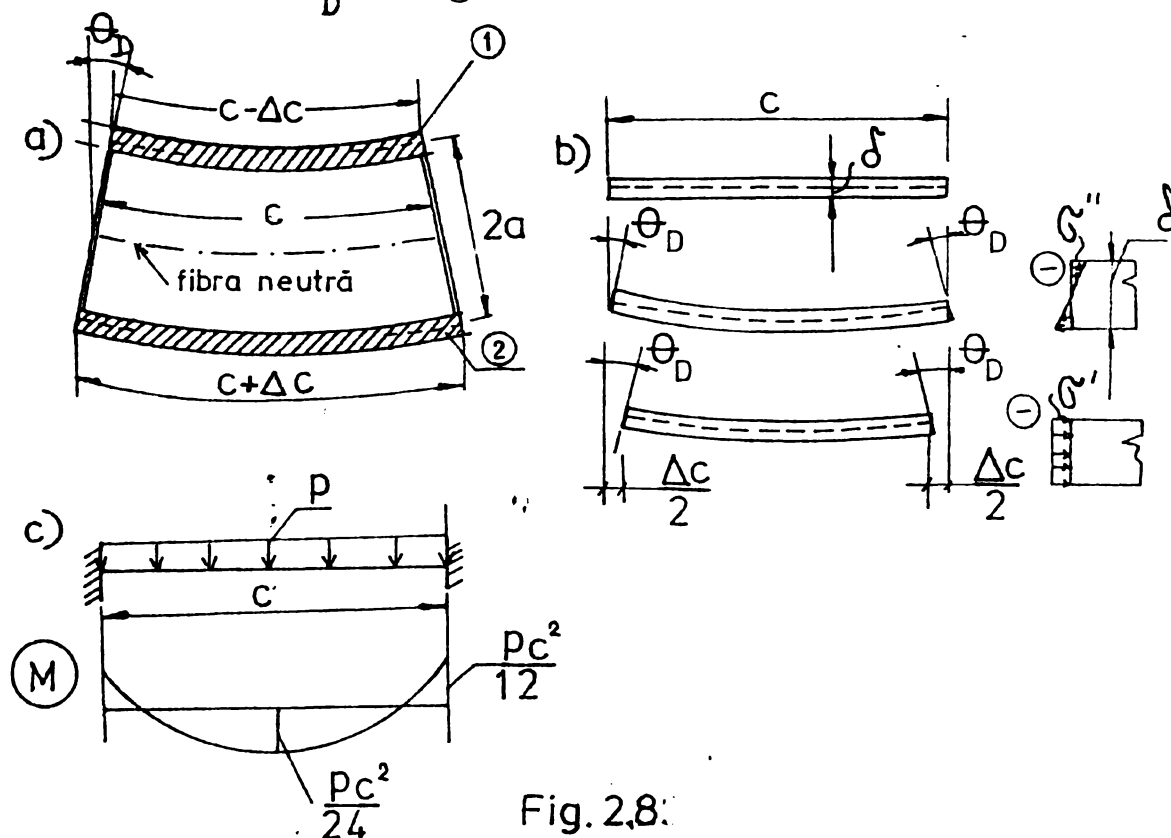


Fig. 2.8.

Din acțiunea direct aplicată (încovoierea locală) rezultă
o tensiune

$$\sigma'' = \frac{M}{W_1} \quad (2.17)$$

unde s-a notat cu

$$M_1 = \frac{2EI_1}{c} \theta_D \quad (2.18)$$

valoarea momentului de încovoiere care corespunde relației θ_D
(Fig.2.8.b) pentru fîșia de lățime unitare avînd momentul de
inerție I_1 , respectiv modulul de rezistență al fîșiei

$$W_1 = \frac{2 I_1}{\delta} = \frac{\delta^2}{6} \quad (2.19)$$

- M momentul de încovoiere din acțiunea presiunii direct
aplicate

- θ_D rotația diafragmei din încovoierea vanei

Cu (2.16) și (2.17), tensiunea rezultantă este

$$\sigma = \pm \sigma' \pm \sigma'' \pm \sigma''' \quad (2.20)$$

Metoda de calcul prezentată mai sus este particulară vane-
lor realizate din două discuri circulare identice, pentru care
variația momentului de inerție este dată de relația (2.5).

cazul unor vane de tipul celei prezentate în figura 2.2. lația (2.5) devine aproximativă iar în calculul tensiunilor ebuie să se țină seamă de distanța inegală a fibrelor extreme fibra neutră a încovoierii în ansamblu al vanei. Astfel consi- rînd în calcule:

$$I_o = 477248 \text{ cm}^4; \quad c = 60 \text{ cm}; \quad L = 15 \text{ cm};$$

$$I_{ax} = 16690 \text{ cm}^4; \quad r = 67 \text{ cm}; \quad \delta = 5 \text{ cm (4 cm)}$$

$$2a = 14 + 37 = 51 \text{ cm}; \quad \xi_1 = \frac{67-15}{67} = 0,776; \quad \text{arc sin } \xi_1 = 0,88830$$

$$F = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2; \quad Q = \frac{p}{2} \pi r^2 = 70513 \text{ daN}$$

zultă următoarele valori ale deplasărilor și tensiunilor.

Cu (2.13) și (2.14) se obține: $\theta_c = 4,1185 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$; iar cu .12) și (2.15) $y(\xi_1) = 4,951 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$ respectiv $y_c = 1,2782 \cdot 10^2 \text{ cm}$.

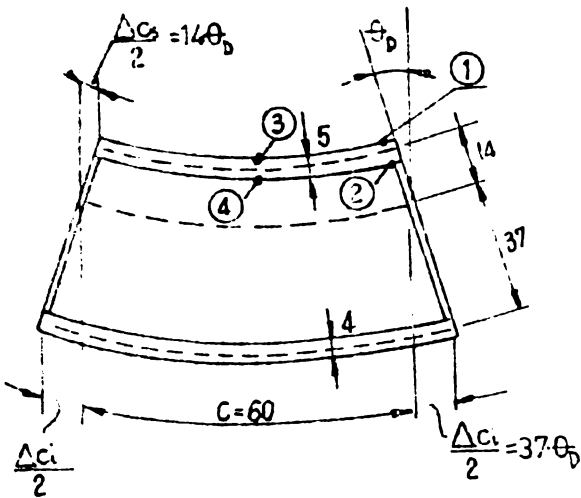


Fig. 2.9.

Tinînd seamă de configurația secțiunii transversale centrale (Fig. 2.4), figura 2.8.a se modifi- că ca în figura 2.9.

Utilizînd relația (2.13) se obține cu $\xi_D = \frac{30}{67} = 0,4478$, rotația diafragmelor: $\theta_D = 1,10875 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$

Cu relațiile (2.16-19) rezultă valorile tensiunilor normale, pentru figura 2.9, trecute în tabelul 2.3.

Tabelul 2.3

Secțiunea	Punct	Tensiunea daN/cm ²
La diafragmă	1	$-108-19,4+720 = 592,6$
	2	$108-19,4-720 = -631,4$
Centrală	3	$-108-19,4-360 = -487,4$
	4	$108-19,4+360 = 488,6$

2.3. Calculul discului vanei fluture cu metoda elementelor finite.

2.3.1. Utilizarea metodei elementelor finite în analiza structurilor.

Utilizarea în practica inginerescă a procedeelor analitice unoscute în Teoria elasticității ridică de cele mai multe ori dificultăți mari, pe de o parte datorită geometriei structurii și

a modului complex de încărcare, iar pe de altă parte datorită proprietăților mecanice diferite ale elementelor componente ale structurii. Din acest motiv asemenea calcule sînt conduse pe structuri simplificate, echivalente cu cele reale, simplificările de geometrie și de încărcare urmărind înlocuirea integrării ecuațiilor diferențiale care guvernează starea de eforturi sau de deformații. Întrucît rezultatele calculelor conduse pe un asemenea model simplificat se îndepărtează, uneori substanțial de soluțiile corecte ale structurii analizate, în ultima vreme, se înregistrează o preferință tot mai mare de a utiliza metode numerice de rezolvare a problemelor Teoriei elasticității. Astfel, în metoda diferențelor finite, ecuația diferențială este substituită cu un sistem de ecuații algebrice liniare iar soluțiile problemei se obțin în nodurile rețelei folosite, aproximarea (de natură matematică) fiind dependentă de pasul rețelei.

În metoda elementelor finite, aproximarea are un caracter fizic ca urmare a înlocuirii mediului continuu cu un număr de părți mici, discrete numite elemente finite, continue în cuprinsul lor și legate între ele în anumite puncte numite noduri, în care se obțin soluțiile problemei. Analiza structurii întregi se reduce la analiza elementului finit, studiul acestuia fiind clădit pe acceptarea unor legi convenționale privitoare la distribuția deplasărilor sau a eforturilor pe domeniul acestuia. Se pot astfel defini caracteristici globale pentru orice tip de element finit sub forma unor matrici de rigiditate sau flexibilitate; cu acestea se reconstituie structura analizată prin operația numită de asamblare [58], [59], [60], [61]. Reconstituirea cît mai fidelă a structurii, rezidă în conceperea elementelor finite. Astfel, numărul nodurilor în care se realizează interconectarea, natura acestor legături, modul de aproximare a funcțiilor necunoscute din interiorul elementului finit, etc. sînt elemente definatorii pentru convergența soluției. Alegerea tipurilor de elemente finite, a numărului acestora, cu alte cuvinte discretizarea structurii date, constituie etapa centrală a analizei. Prin asamblarea acestora, se ajunge din punct de vedere matematic, la un sistem de ecuații algebrice liniare avînd ca necunoscute deplasările nodurilor sau forțele de legătură din noduri, după cum rezolvarea problemei se face utilizînd metoda deplasărilor sau cea a eforturilor. Trebuie subliniat faptul că și în cazul unei discretizări relativ grosiere, utilizarea calculatoarelor devine indispensabilă datorită volumului foarte mare de calcule.

Din punct de vedere geometric, elementele finite pot fi grupate în [58], [62]:

a) bare (cu o dimensiune semnificativă) avînd axa dreaptă sau curbă, și

b) elemente finite propriu-zise cu două sau trei dimensiuni semnificative.

În ceea ce privește îndeplinirea condițiilor de echilibru a tensiunilor, respectiv de continuitate a deformațiilor în cuprinsul elementului finit, se utilizează relațiile cunoscute din Teoria elasticității. De exemplu, în cazul problemelor plane de elasticitate ecuațiile de echilibru sînt:

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + X = 0; \quad \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + Y = 0 \quad (2.21-22)$$

iar condiția de compatibilitate a deformațiilor este:

$$\frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y} \quad (2.23)$$

Intrucît alegerea unor legi convenționale de variație a deplasărilor, numite cîmpuri de deplasări, exprimînd configurații posibile ale poziției deformate, se face mai ușor decît pentru tensiuni, în practică se abordează cu precădere metoda deplasărilor avantajoasă și în privința automatizării integrale a rezolvării problemei. Cîmpul de deplasări se definește, în general, sub formă polinoamă.

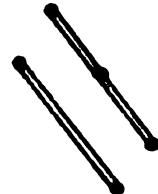
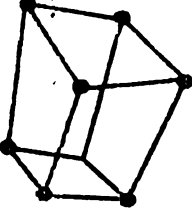
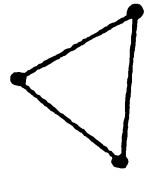
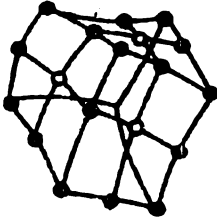
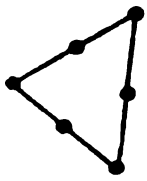
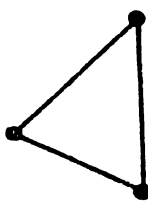

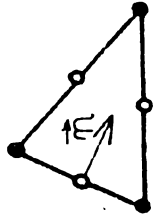
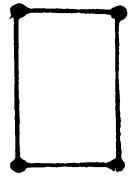
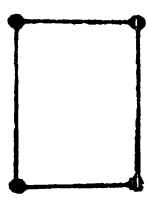
În [58], [63] sînt deduse expresiile polinoamelor de interpolare pentru cîteva tipuri de elemente finite, alegîndu-se de fiecare dată sistemul de referință local cel mai adecvat calculelor. În tabelul 2.4 sînt extrase cîteva din tipurile de elemente finite mai frecvent utilizate.

Unul din avantajele remarcabile ale acestor tipuri de elemente finite constă în aceea că toate caracteristicile lor pot fi stabilite pe elementul de bază (numit și generator), efectuîndu-se ulterior o transpunere în spațiul real. În [58], [63], [64], [65] sînt indicate modalitățile de conducere a calculelor pentru obținerea matricelor de rigiditate ale acestora.

În cadrul metodei de calcul prezentate, structura analizată se subîmparte într-un număr oarecare de elemente finite legate între ele în dreptul nodurilor exterioare (Fig. 2.10) și (Fig. 2.11).

Pentru analiza stării de eforturi în zona de racord

Tabelul 2.4

Nr. crt.	Geometria elementului finit	Grade de libertate nodale		Cîmpul de deplasări	Geometria elementului finit	Grade de libertate nodale		Cîmpul de deplasări
		Tip	Număr			Tip	Număr	
1		u v	4 — 6	Liniar De gradul 2		u v w	24	Polinom de gradul 3 incomplet în coordonate oblice
2		u v	6	Polinom liniar complet		u v w	60 81	Polinom de gradul 6 incomplet în coordonate curbilinii
3		u v	12	Polinom de gradul 2 complet		$w \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\partial w}{\partial y}$	9	Polinom de gradul 3 incomplet
4		u v	12	Polinom de gradul 2 complet, în coordonate curbilinii		V: $w \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y}$ M: $w \frac{\partial w}{\partial n}$	15	Polinom de gradul 4 cu 3 termeni suplimentari
5		u v	8	Liniar		w $\frac{\partial w}{\partial x}$ $\frac{\partial w}{\partial y}$	16	Polinom de gradul 6 incomplet

modelul de calcul cel mai indicat [65] este cel realizat prin discretizarea corpului în elemente finite cu 81 grade de libertate (Nr.crt.7 din Tabelul 2.4).

Exploatînd avantajele simetriei geometrice și mecanice, studiul se poate conduce pe o pătrime din structură. Chiar și cu aceste simplificări modelul conține 125 elemente finite iar timpul consumat de un calculator IBM 360 - 75 se ridică la 123 minute de calcul.

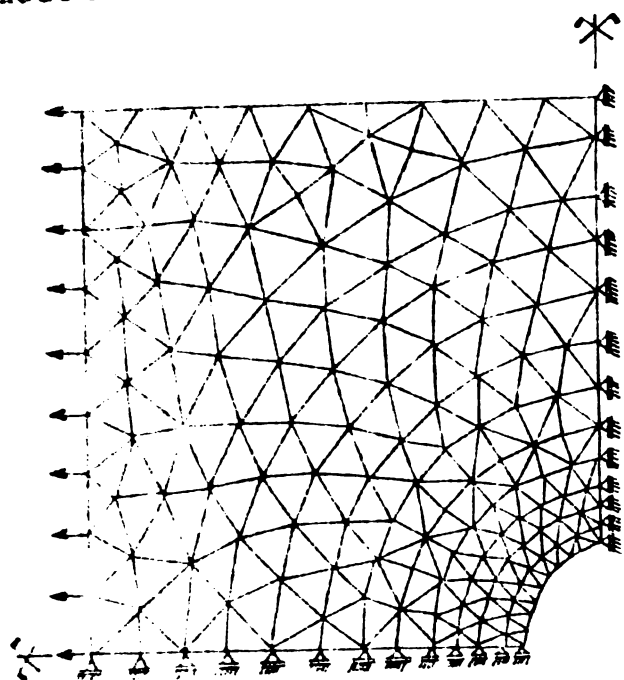


Fig. 2.10.

re va avea totdeauna în vedere că prezența unor variații în geometria corpului sau prezența unor forțe concentrate obligă

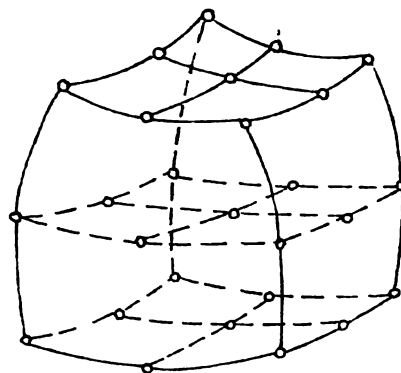
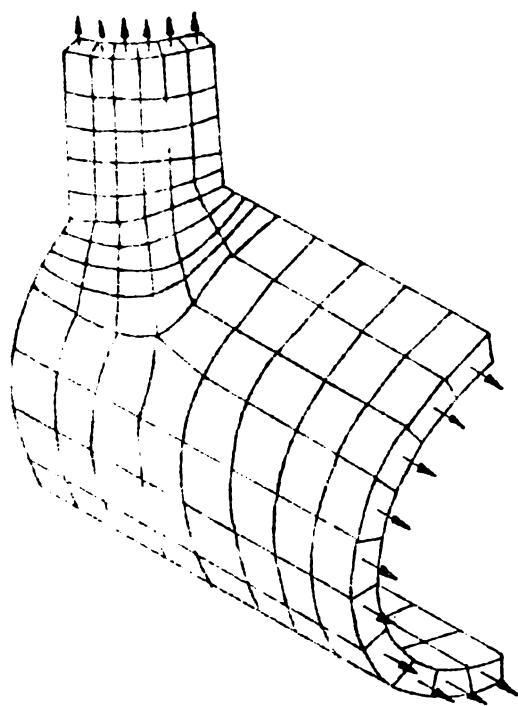


Fig. 2.11.

la dispunerea în dreptul lor a nodurilor respectiv a liniilor sau suprafețelor nodale. Caroiajul ce rezultă se definitivează prin numerotarea nodurilor și a elementelor finite. Această operație este de importanță deosebită deoarece determină direct dimensiunile lățimii benzii în matricea coeficienților necunoscutelor din sistemul de ecuații algebrice ce rezolvă problema. Se va căuta, așa dar, ca lățimea acestei benzi să fie cât mai mică, urmărind în acest scop ca diferența între numerele de

ordine a două noduri vecine să fie minimă [58], [65]. Acest aspect a fost în atenția autorului în cadrul discretizării vanei flutur (paragraful 2.3.2).

Deoarece rezultatele care se obțin se leagă direct de forma caroiajului, uneori calculele se reiau cu alte variante de discretizare și se mediază rezultatele obținute. Totuși, forma elementului finit ales nu poate fi orișicare întrucât depășirea unor raporturi limită între dimensiunile semnificative ale elementului finit, poate altera esențial rezultatele finale. De asemenea desimea elementelor finite este un parametru esențial ce trebuie corelat cu complexitatea elementului finit utilizat.

Fiind dat un element finit oarecare "e", urmează stabilirea corelației dintre vectorul $\{u\}_e$ al deplasărilor elastice ale nodurilor și vectorul $\{F\}_e$ al forțelor de legătură corespunzătoare care se dezvoltă în aceste puncte sub forma:

$$\{F\}_e = [k]_e \{u\}_e \quad (2.24)$$

unde $[k]_e$ este matricea de rigiditate a elementului finit definit în sistemul de axe local.

Forțele $\{F\}_e$ care acționează asupra elementului finit, trebuind să fie în echilibru static și deci neputând fi liniar independente, rezultă că matricea de rigiditate $[k]_e$ este singulară. Acest lucru nu reprezintă însă nici un inconvenient întrucât matricele respective, se depun în matricea globală de rigiditate a structurii în cadrul "asamblării".

Intrucât, elementele finite fac parte dintr-o structură plană sau spațială, matricele lor de rigiditate trebuie să fie raportate la un sistem de referințe bi respectiv tridimensional în așa fel ca să se poată reflecta comportarea lor într-un spațiu cu dimensiuni adecvate. Acest lucru se poate realiza prin expandarea matricei elementului finit, prin intermediul unei matrice $[E]$ denumită matrice de expansiune [64]. Avînd în vedere că structura dată este raportată la un sistem de axe generale, matricele expandate ale elementelor finite (raportate la sistemul local al elementului finit respectiv) vor mai suferi o transformare prin intermediul unei matrice de rotație $[R]$. Rezultă, astfel următoarele pregătiri ale matricei $[k]_e$ a unui element în vederea asamblării ei în matricea de rigiditate $[K]$ a structurii:

- 1) expansiunea matricei $[k]_e$ pentru exprimarea acesteia

un spațiu cu aceleași dimensiuni ca cel care conține structura dată, utilizând matricea [E],

2) transformarea matricei expandate în vederea raportării ei la sistemul de axe generale, utilizând matricea [R].

Dacă acțiunile exterioare se consideră aplicate numai în nodurile rețelei, ecuația fundamentală a metodei elementelor finite este:

$$[K] \{U\} = \{F\} \quad (2.25)^*$$

În vederea rezolvării sistemului de ecuații (2.25) este absolut obligatorie anularea gradelor de libertate de corp rigid, introducând toate restricțiile referitoare la deplasarea nodurilor rezemate. Operația poate fi făcută în mai multe moduri [64],[67].

2.3.2. Discretizarea discului vanei fluture, elemente de calcul. **)

În vederea discretizării în elemente finite a vanei din figura 2.2 au fost operate câteva simplificări în geometria structurii. De mică importanță, totuși ele simplifică într-o oarecare măsură operația amintită. Rezultă astfel geometria vanei din figura 2.12.

Pentru discretizarea vanei s-a utilizat elementul finit de placă subțire de formă patrulateră (Fig.2.13), avînd în vedere faptul că toate elementele componente ale vanei sînt solicitate atît la eforturi axiale cît și la încovoiere. În urma simetriei geometrice și mecanice (de încărcare), a fost posibilă considerarea numai a unei jumătăți de vană, în nodurile aflate pe axa de simetrie fiind impuse restricțiile convenite din punct de vedere al deplasărilor (Fig.2.14; 2.15; 2.16). De asemenea, în modelul de calcul, au fost introduse restricții și la deplasările nodurilor aflate pe perimetrul de racord între butucul și fusul vanei, singura deplasare permisă la aceste noduri fiind cea paralelă cu axa fusului [46]. În acest fel, fusul propriu zis a putut fi exclus din modelul de calcul. De altfel, reacțiunile din pendulii dispuși în dreptul nodurilor mai sus amintite (pendulii sînt elemente finite liniare, Nr.7 în numerotarea

* In [58],[61],[63],[66] se tratează și cazul mai general al acțiunilor de suprafață și de volum.

** In lucrare, se utilizează noțiunea de solicitare unitară (n_i, m_i, m_{ij}) ceea ce înseamnă: efort normal, moment încovoietor, respectiv moment de răsucire ce acționează pe unitatea de lungime [45].

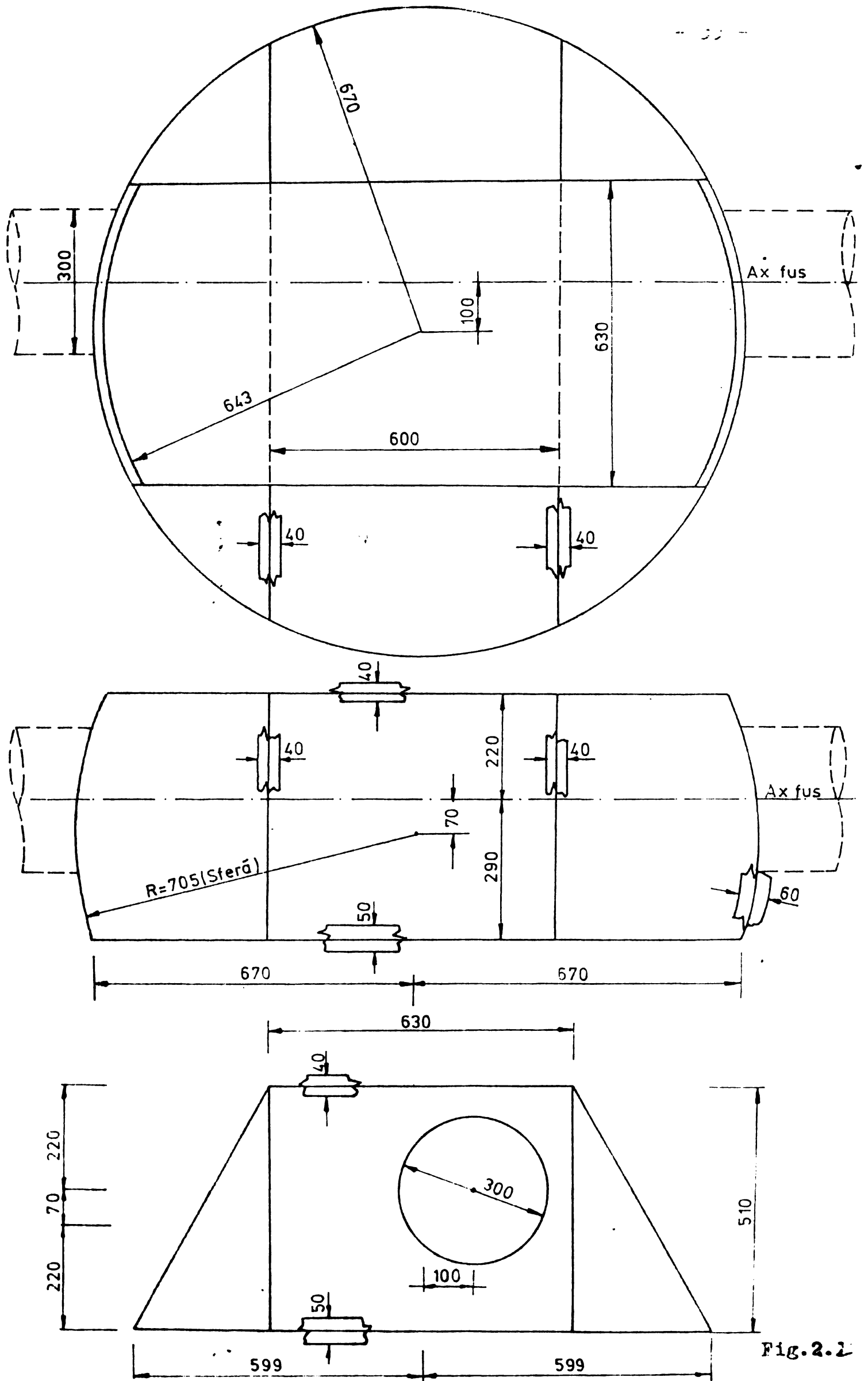


Fig.2.2

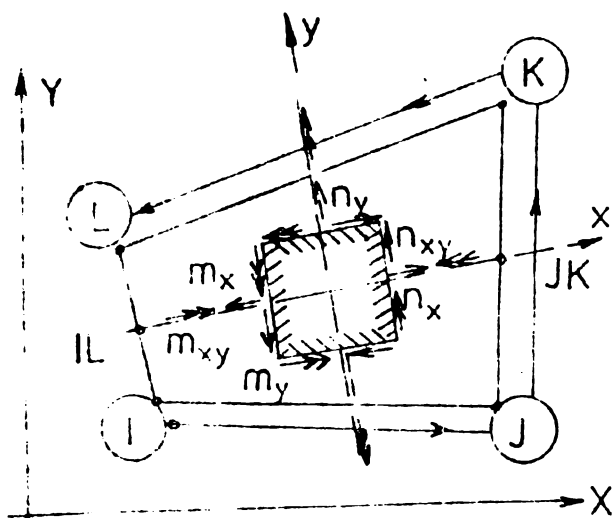


Fig. 2.13

dată în instrucțiunile de utilizare al programului SAP-4 [68]) permite evaluarea eforturilor ce vor fi preluate de corpul fuzului vanei.

În vederea calculului, s-a procedat mai întâi la alegerea unei discretizări convenabile din punctul de vedere al dimensiunilor elementelor finite cât și din punctul de vedere al alurii liniilor rețelei urmărind

aproximativ presupusele traiectorii ale izostaticelor. În ceea ce privește suprafața sferică a butucului aceasta s-a substituit cu o suprafață poliedrală avînd nodurile pe suprafața mediană a sferei. Figurile 2.14 - 16 ilustrează trei dintre discretizările reținute pînă în cele din urmă, avînd un număr de noduri cuprinse între 81 - 275, respectiv elemente finite între 67 și 248. Din aceste figuri se poate observa că dezvoltarea structurii pe două plane paralele, distanțate prin diafragme, respectiv prin butuci, ridică dificultăți privitoare la modul de numerotare a nodurilor. Într-adevăr, geometria structurii permite cu greutate realizarea unei diferențe reduse între numerele de ordine ale nodurilor vecine. Din acest motiv s-a optat pentru soluția dată în figura 2.14, care conduce la un număr de 82 de elemente finite cu 99 noduri. Prin modul de numerotare al nodurilor elementelor patrulatere, lățimea benzii sistemului, de $99 \times 6 - 14 \times 2 = 566$ de ecuații, rezultă de 146. (Soluția de discretizare din figura 2.16 conduce la un sistem de 1602 ecuații cu o lățime de bandă de 432). De altfel discretizarea din figura 2.14 permite o analiză multumitoare a stării de eforturi și deformații în corpul vanei comparativ cu timpul de calcul consumat.

Astfel, rularea programului SAP-4 [68], pe un calculator FELIX C-256, a consumat un timp UC de 682 sec. respectiv un timp efectiv de 16 minute, în timp ce la utilizarea discretizării din figura 2.16 rezultatele nu au fost listate nici după consumarea a trei ore de rulare continuă, ceea ce a determinat abandonarea calcu-

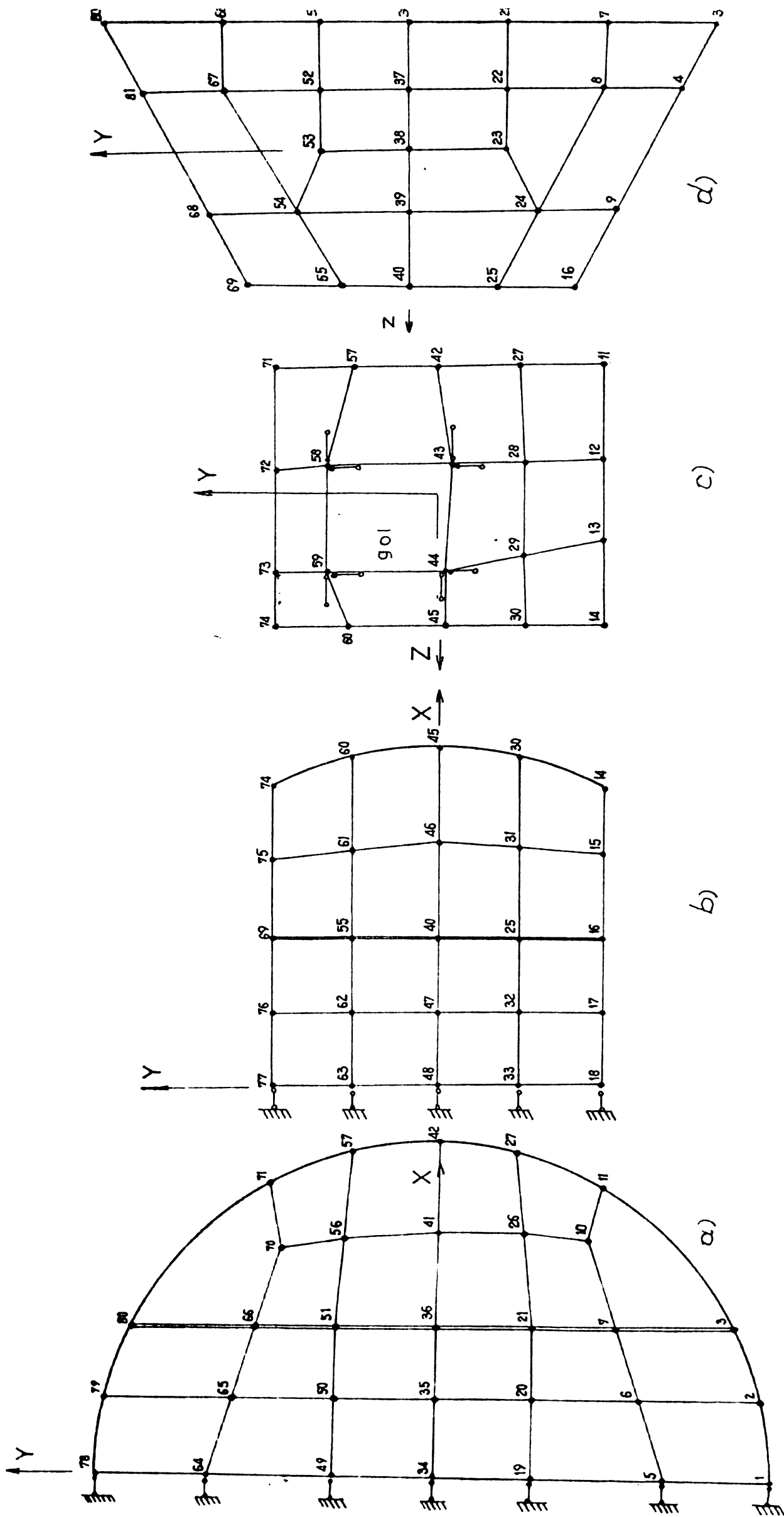


Fig.2.14

a) - disc superior; b) - placă de rigidizare; c) - butuc; d) - nervură

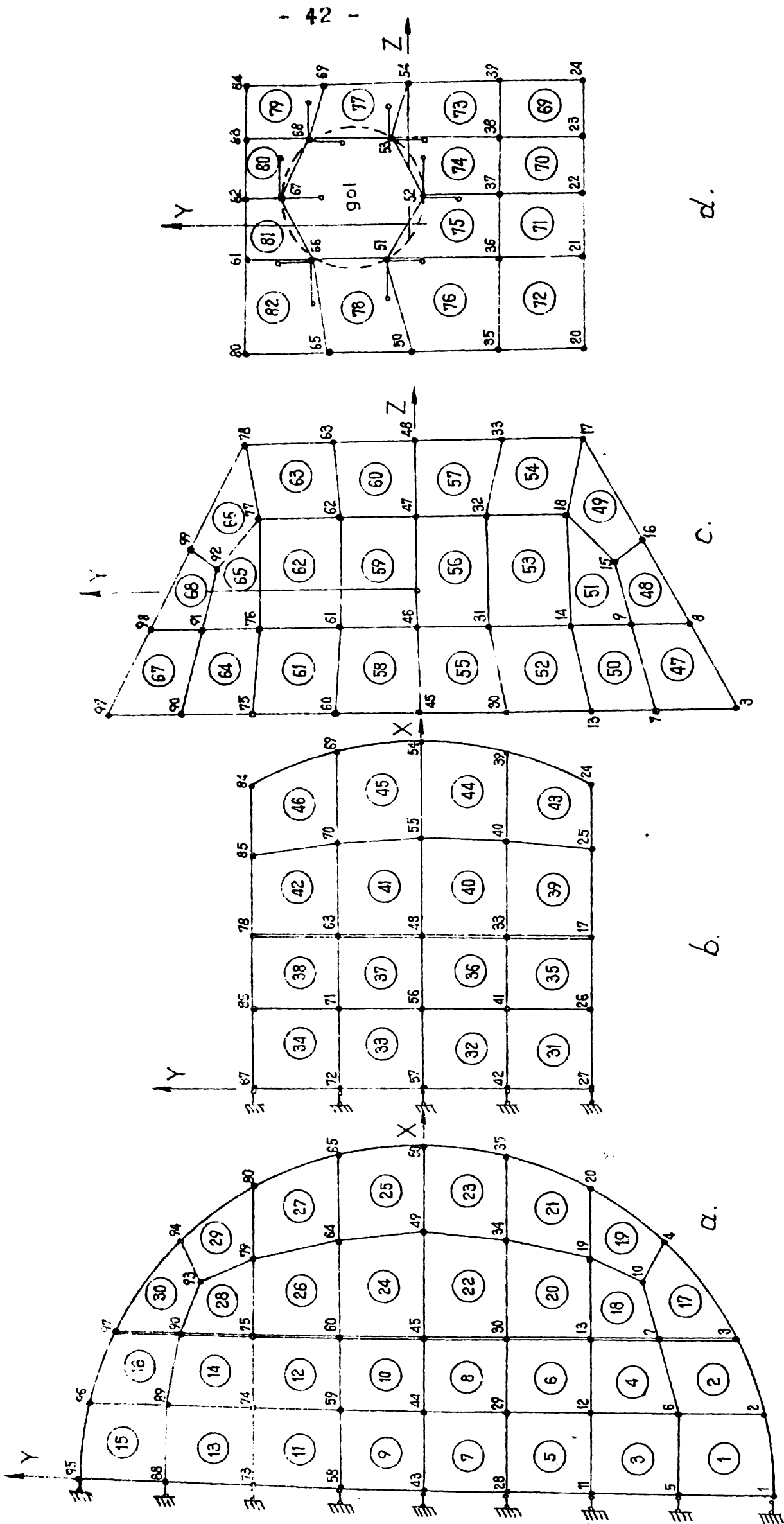
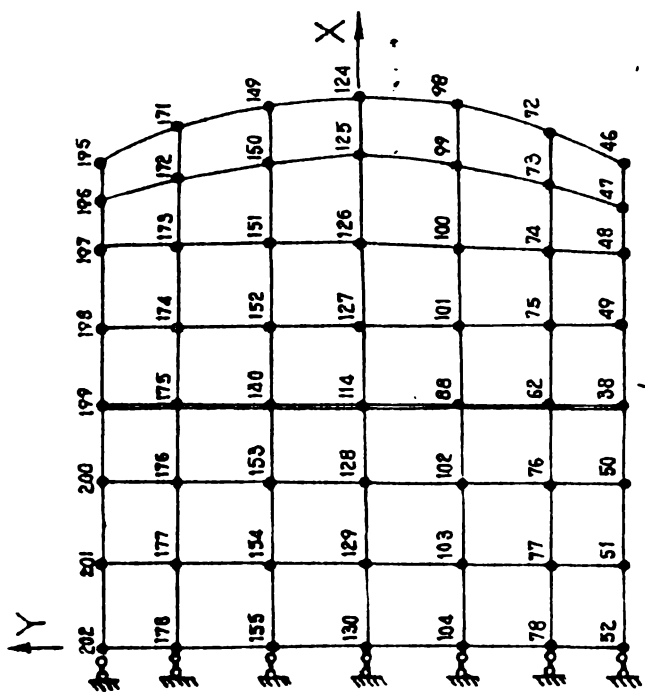
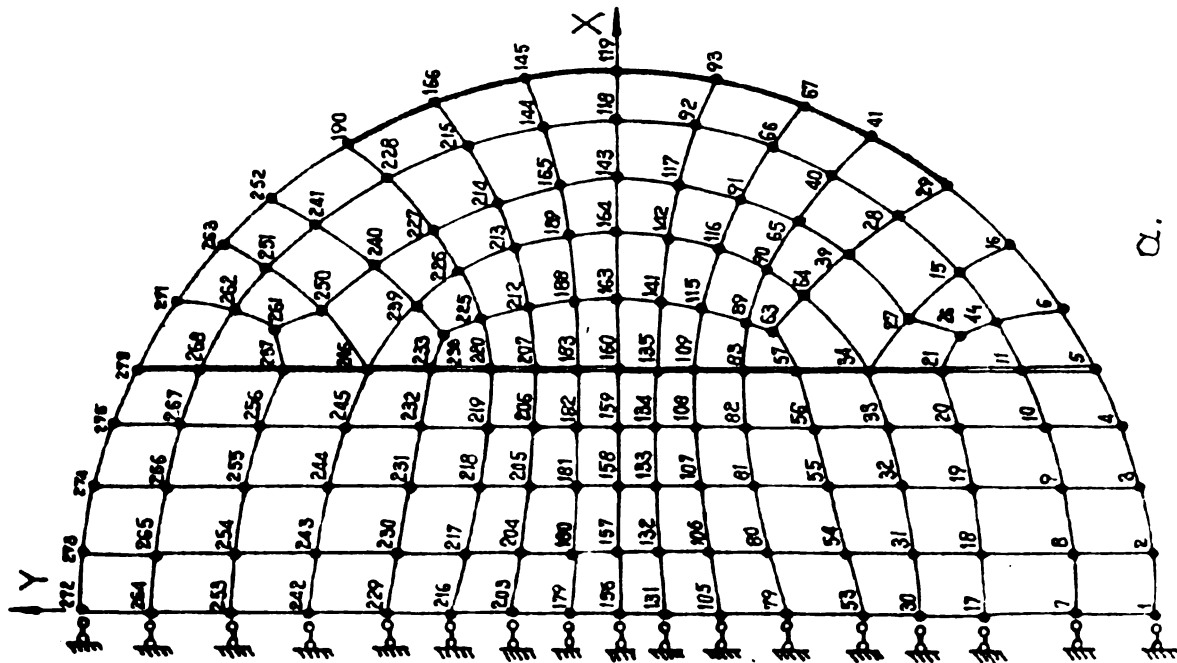


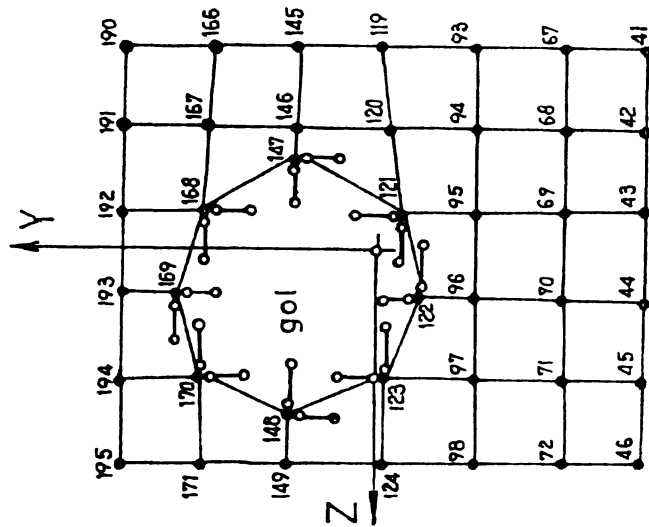
Fig. 2.15



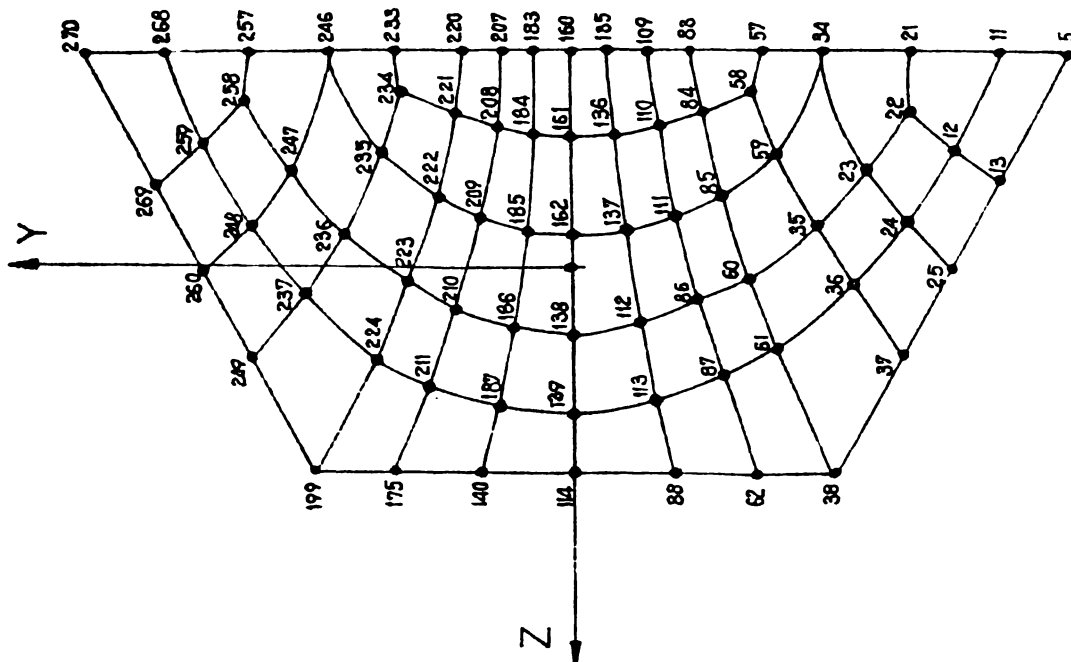
b.



a.



c.



d.

Fig. 2.16

ului pe această variantă.

Elementul finit patrulater utilizat (Nr.6 în numerotarea dată în instrucțiunile de utilizare), numit și element tip Clough - Felippa, este realizat prin conectarea a patru elemente finite triunghiulare. Matricea sa de rigiditate se alcătuiește prin adăugarea la matricea de rigiditate corespunzătoare efectului de membrană $[K_m]$, a matricei de rigiditate corespunzătoare efectului de încovoiere $[K_i]$. Aceste matrice de rigiditate se alcătuiesc în concordanță cu gradele de libertate ale nodurilor și anume : pentru efectul de membrană sînt considerate două grade de libertate pe nod, constînd din deplasările u și v ale nodurilor în planul elementului finit (fig.2.17a) ; pentru efectul de încovoiere, gradele de libertate provin din deplasările w cupă normale la planul elementului finit și rotirile θ_x și θ_y în lungul axelor locale pentru nodurile din vîrfuri, și din rotirile θ_1 în lungul laturilor în nodurile suplimentare aflate la mijloacele laturilor (Fig.2.17b).

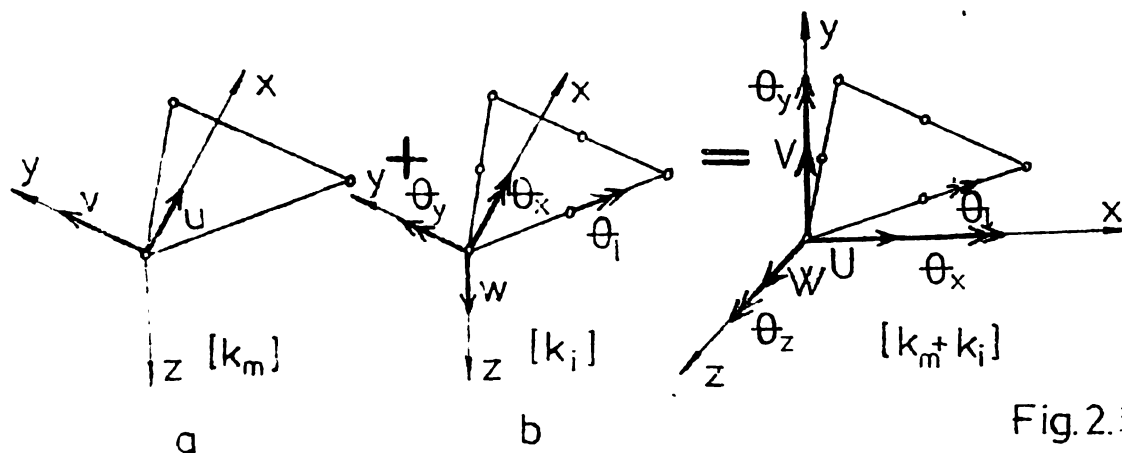


Fig.2.17

Asamblarea matricelor de rigiditate ale elementelor finite patrulatere în matricea de rigiditate a structurii este precedată de eliminarea celor 17 grade de libertate interioare ale elementului patrulater rezultînd elementul finit patrulater cu 5 grade de libertate pe nod în sistemul local de axe (respectiv 6 grade de libertate în sistemul general de axe).

Eliminarea gradelor de libertate interioare, adică cele referitoare la nodurile care nu se conectează la elementele finite adiacente, se impune din necesitatea de a nu mări dimensiunile sistemului de ecuații, aceste grade de libertate ne - intervenind în cadrul condițiilor de compatibilitate utilizate în formularea ecuațiilor problemei. Astfel, ecuațiile de echilibru (2.24) se rearanjează prin partiționare sub forma :

$$\begin{bmatrix} [k_{11}] & [k_{12}] \\ [k_{21}] & [k_{22}] \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} \{u_1\} \\ \{u_2\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{F_1\} \\ \{F_2\} \end{Bmatrix} \quad (2.26)$$

unde $\{u_2\}$ este vectorul deplasărilor nodurilor interioare și $\{F_2\}$ este vectorul forțelor corespunzătoare nodurilor interioare. Sau ,

$$[k_{11}] \{u_1\} + [k_{12}] \{u_2\} = \{F_1\} \quad (2.26')$$

$$[k_{21}] \{u_1\} + [k_{22}] \{u_2\} = \{F_2\} \quad (2.26'')$$

Explicitînd vectorul $\{u_2\}$ din (2.158'')

$$\{u_2\} = - [k_{22}]^{-1} [k_{21}] \{u_1\} + [k_{22}]^{-1} \{F_2\} \quad (2.27)$$

și înlocuind - o în (2.158'), rezultă :

$$[k_{11}] \{u_1\} - [k_{12}] [k_{22}]^{-1} [k_{21}] \{u_1\} + [k_{12}] [k_{22}]^{-1} \{F_2\} = \{F_1\}$$

respectiv

$$[[k_{11}] - [k_{12}] [k_{22}]^{-1} [k_{21}]] \{u_1\} = \{F_1\} - [k_{12}] [k_{22}]^{-1} \{F_2\}$$

sau mai restrîns ;

$$[\bar{k}] \{u_1\} = \{\bar{F}\} \quad (2.28)$$

unde s-a notat cu

$[\bar{k}]$ - matricea efectivă de rigiditate, și cu

$\{\bar{F}\}$ - vectorul efectiv de încărcare, care corespund nodurilor

exterioare ale elementului condensat. Procedeu se cunoaște sub numele de condensare statică. Metoda descrisă succint mai sus este totuși mai puțin utilizată în cadrul unor prelucrări automate, datorită multiplelor operații de inversare care survin, fiind preferată metoda eliminărilor Gauss parțiale.

În conformitate cu cele de mai sus, programul furnizează pentru fiecare nod al rețelei, valorile deplasărilor și ale rotațiilor, raportate la sistemul general de axe respectiv pentru fiecare element finit valorile solicitărilor unitare raportate la sistemul local de axe. În figura 2.13 s-a figurat modul în care se definește sistemul local de axe; axa x unește mijloacele laturilor IL și JK și are sensul pozitiv îndreptat de la punctul IL spre JK ; direcția axei y este normală pe axa x iar sensul ei pozitiv rezultă rotind axa x în sens **antiorar** (ca și numerotarea în sens **antiorar** a nodurilor elementului IJKL). Față de acest sistem de axe, solicitările unitare convențional pozitive au orientările din figura 2.13.

Obținerea solicitărilor unitare sub această formă nece-

sită uneori calcule auxiliare ulterioare. Astfel, dacă se urmărește variația acestora în lungul unei secțiuni care nu este paralelă cu nici una din axele locale x sau y din planul elementului se impune determinarea solicitărilor unitare pe fațete inclinate față de fațetele de referință. De asemenea, cunoașterea tensiunilor principale și a direcțiilor acestora reclamă în aceeași măsură un volum de calcule destul de important. Intrucât autorul lucrării nu a dispus de o versiune a programului SAP care să furnizeze aceste informații pentru elementul patrulater de placă subțire a fost necesar ca în situațiile care o cereau, aceste calcule să fie efectuate manual (cazul elementelor Nr.2,4, 17,18,19). În acest scop se prezintă în continuare relațiile și convențiile utilizate respectiv deducerea lor.

Pentru solicitările unitare corespunzătoare comportării de giră forța normală respectiv de alunecare corespunzătoare unei fațete având ca normală o direcție inclinată față de axa x cu un unghi α , (fig.2.18) se scrie o echivalență de fluxuri de solicitări unitare și anume : cantitatea de flux de solicitare care traversează fațeta inclinată cu normala n pe direcția

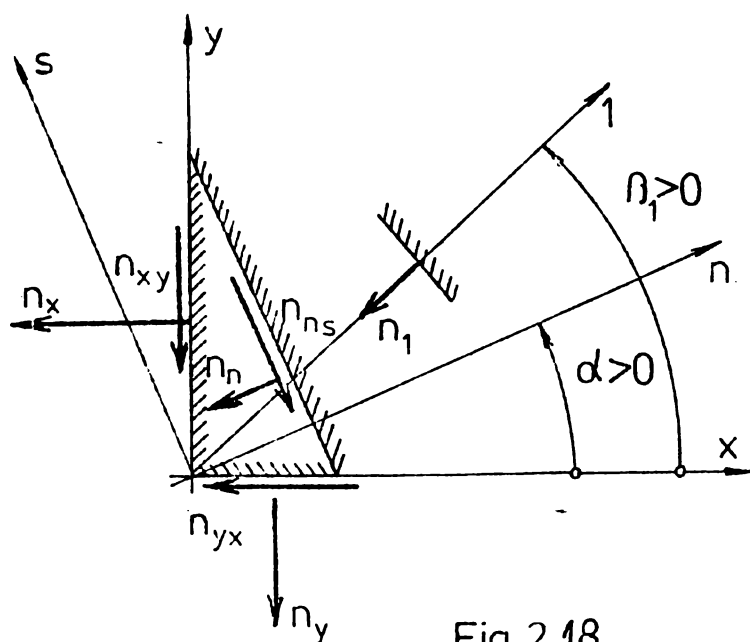


Fig.2.18

acesteia, pe de o parte, este aceeași cu cea care traversează fațetele de referință având ca normale axele x respectiv y , pe aceeași direcție n . Rezultă astfel

$$\begin{cases} n_n = \frac{n_x + n_y}{2} + \frac{n_x - n_y}{2} \cos 2\alpha + n_{xy} \sin 2\alpha \\ n_{ns} = - \frac{n_x - n_y}{2} \sin 2\alpha + n_{xy} \cos 2\alpha \end{cases}$$

(2.29-30)

Pentru efectul de șaibă solicitările unitare principale sînt :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{n_x + n_y}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(n_x - n_y)^2 + 4 n_{xy}^2} \quad (2.31)$$

iar direcția principală a solicitării n_1 se obține cu

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 n_{xy}}{n_x - n_y} = N \quad (2.32)$$

unghiul $2\beta_1$ alegîndu-se cel care în cercul trigonometric are același semn cu semnul lui n_{xy} (fig.2.19)

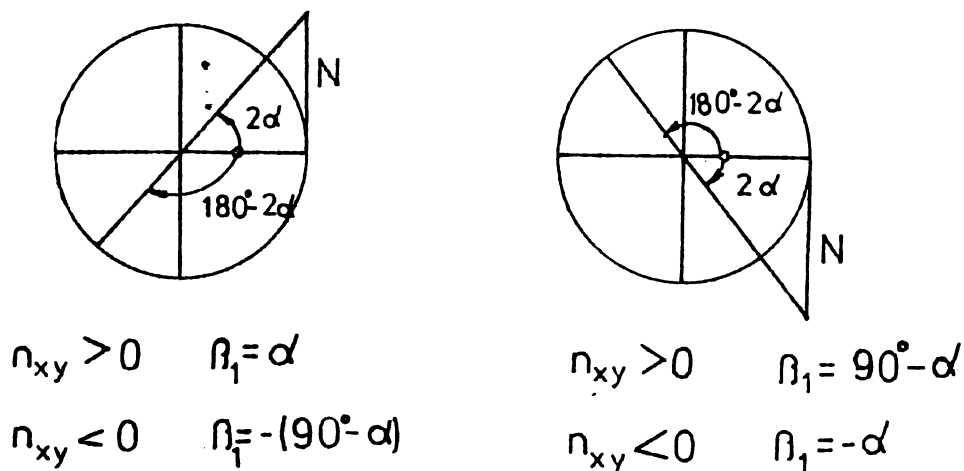


Fig.2.19.

Pentru solicitările unitare de încovoiere, scrierea condiției de echivalență conduce, în baza orientărilor din figura (2.20) la relațiile :

$$\begin{cases} m_n = m_x \cos^2 \alpha + m_y \sin^2 \alpha + 2 m_{xy} \sin \alpha \cdot \cos \alpha \\ m_{ns} = - (m_x - m_y) \sin \alpha \cdot \cos \alpha + m_{xy} (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \end{cases} \quad (2.33-34)$$

Direcția normalei fațetei cu moment încovoiator maxim se obține cu

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 m_{xy}}{m_x - m_y} \quad (2.35)$$

unghiul $2\beta_1$ alegîndu-se cel care în cercul trigonometric are același semn cu semnul lui m_{xy} . Valorile momentelor principale m_1 și m_2 respectă convenția $m_1 > m_2$.

Solicitărilor unitare mai sus enumerate le corespund următoarele variații respectiv valori ale tensiunilor :

- a) pentru comportarea de șaibă (Fig.2.21)
- b) pentru efectul de încovoiere (Fig.2.22)

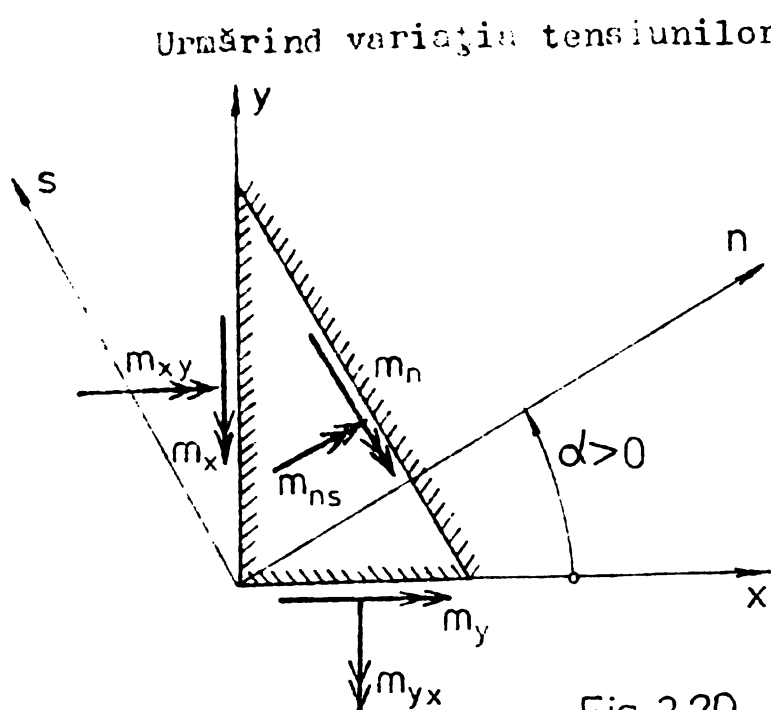


Fig. 2.20

Urmărind variația tensiunilor se remarcă faptul că suprapunerea efectelor conduce în fibrele extreme la tensiuni maxime normale respectiv tangențiale (tensiunile tangențiale din forțele tăietoare în fibrele extreme sînt nule) astfel încît în exprimarea siguranței structurii se impune utilizarea unui criteriu anumit pentru definirea

tensiunii echivalente. Astfel, coeficienții de siguranță se obțin cu :

$$\sigma_{ech} = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4 \tau_{xy}^2} \quad (2.36)$$

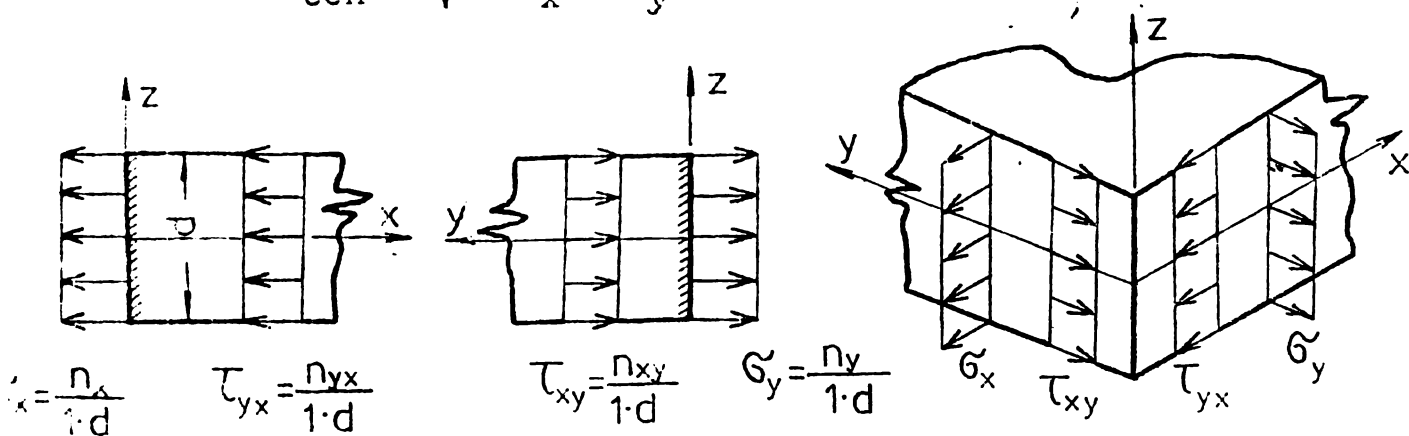


Fig. 2.21

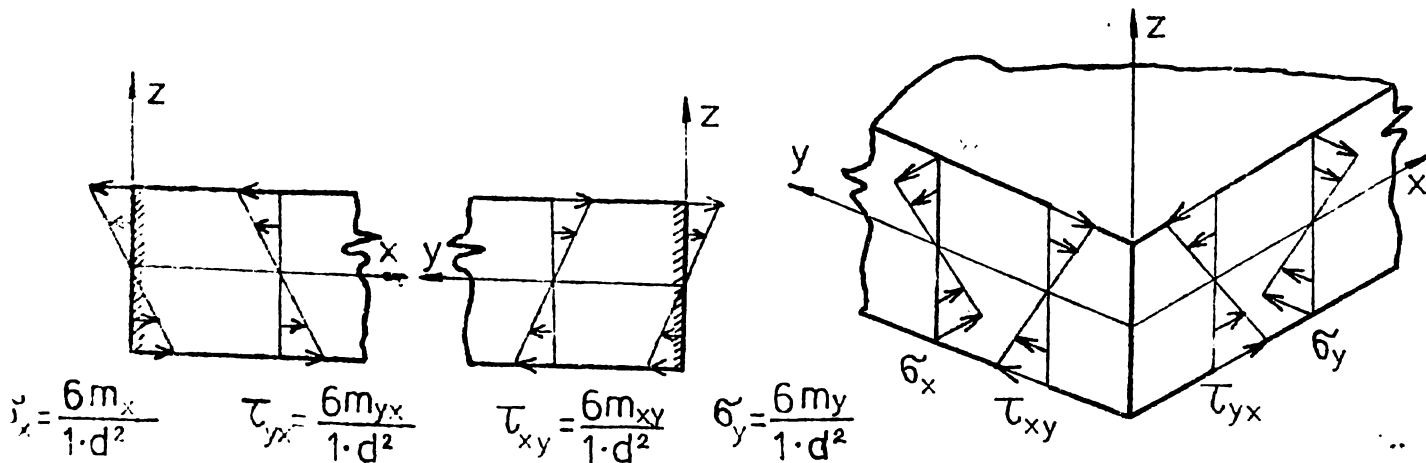


Fig. 2.22.

dacă se admite criteriul III al tensiunii tangențiale maxime, sau cu

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3 \tau_{xy}^2} \quad (2.37)$$

dacă se admite criteriul V al energiei de deformație specifice de modificare a formei, fără schimbarea volumului (al energiei potențiale de deviație).

2.3.3. Analiza deformatiei structurii vanei

Utilizând discretizarea din figura 2.15, modelul de calcul a fost supus unei acțiuni uniform distribuite și normale pe discul vanei avînd o intensitate de $p = 10 \text{ daN/cm}^2$. Deplasările nodurilor rețelei pe direcția normalei la suprafața discului vanei sînt reprezentate în figura 2.23 iar cele ale elementului de rigidizare în figura 2.24. Imaginea secțiunii vanei deformată este ilustrată în figura 2.25. Urmărind valorile deplasărilor obținute se pot constata următoarele :

a) Suprafețele inițial plane al discului vanei respectiv al elementului de rigidizare devin suprafețe cvasicilindrice cu deplasări mai mari în zona centrală și foarte mici în zona de racord al butucului vanei. De asemenea se constată că plasa-rea excentrică a axului fusului față de centrul discului vanei are o influență neglijabilă asupra stării de deformație.

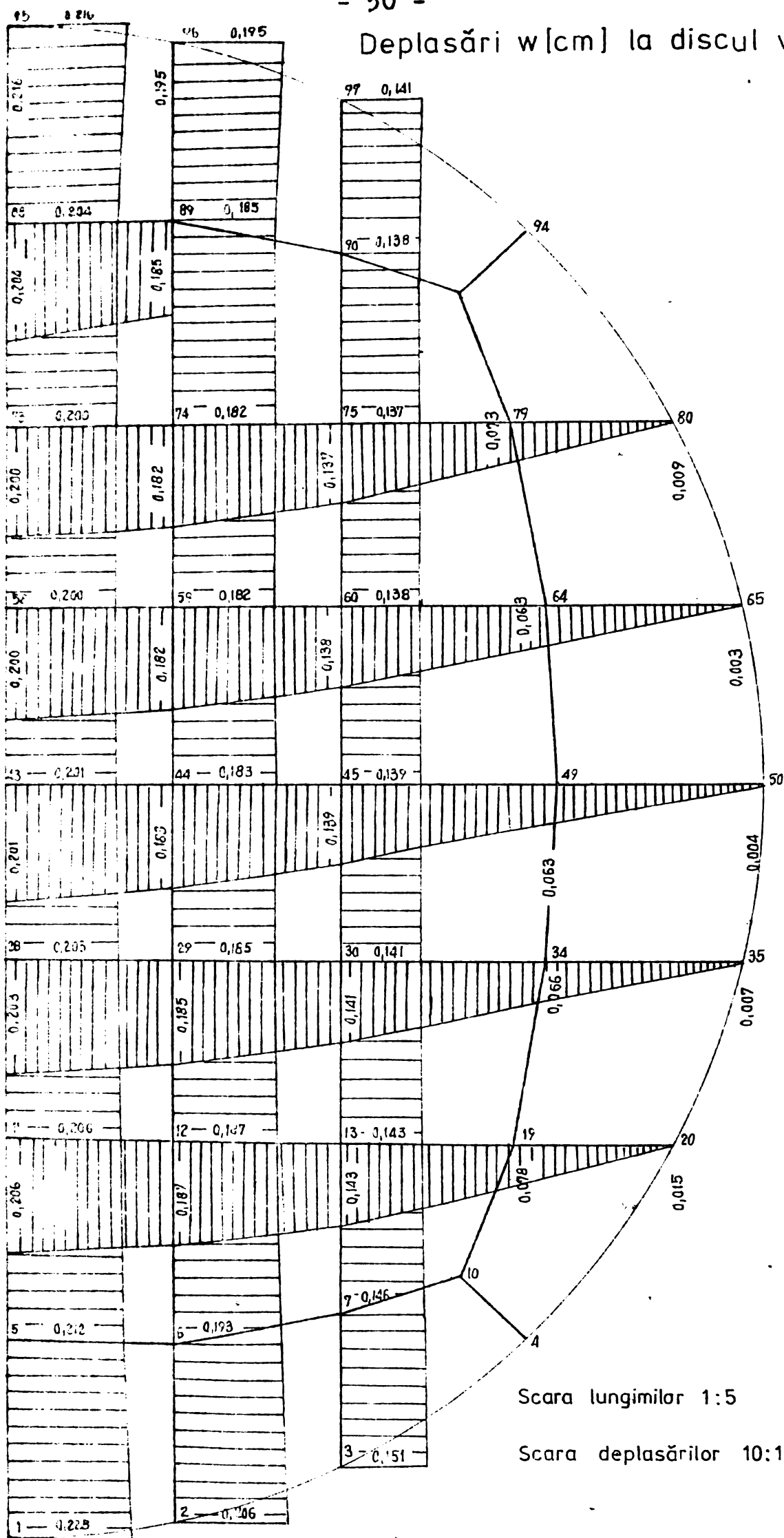
b) Deplasările nodurilor rețelei situate în zona de racord între discul vanei și butucul acesteia sînt foarte mici iar rigiditatea mare a celui din urmă asigură o oarecare încastrare a vanei pe zona de racord. Aceasta se poate constata din inflexiunea pe care o primește suprafața mediană a discului în vecinătatea butucului. Același aspect al deformatiei îl prezintă și elementul de rigidizare din aval.

c) Cantitativ deplasările sînt în general mici, deci vana prezintă în general o deformabilitate redusă ; în acest fel nu se întrevăd probleme deosebite legate de funcționalitate, etanșeitatea fiind bine asigurată prin elasticitatea garniturilor de închidere.

d) În figura 2.25 se poate urmări deformația diafragmei a cărei suprafață mediană inițial plană devine o suprafață cilindrică avînd o directoare sub forma literei S.

Imaginea deformată a structurii, ca răspuns la acțiunea exterioară a presiunii distribuite înlesnește analiza critică a procedurilor simplificite de calcul, Astfel, deformată obți-

Deplasări w [cm] la discul vanei

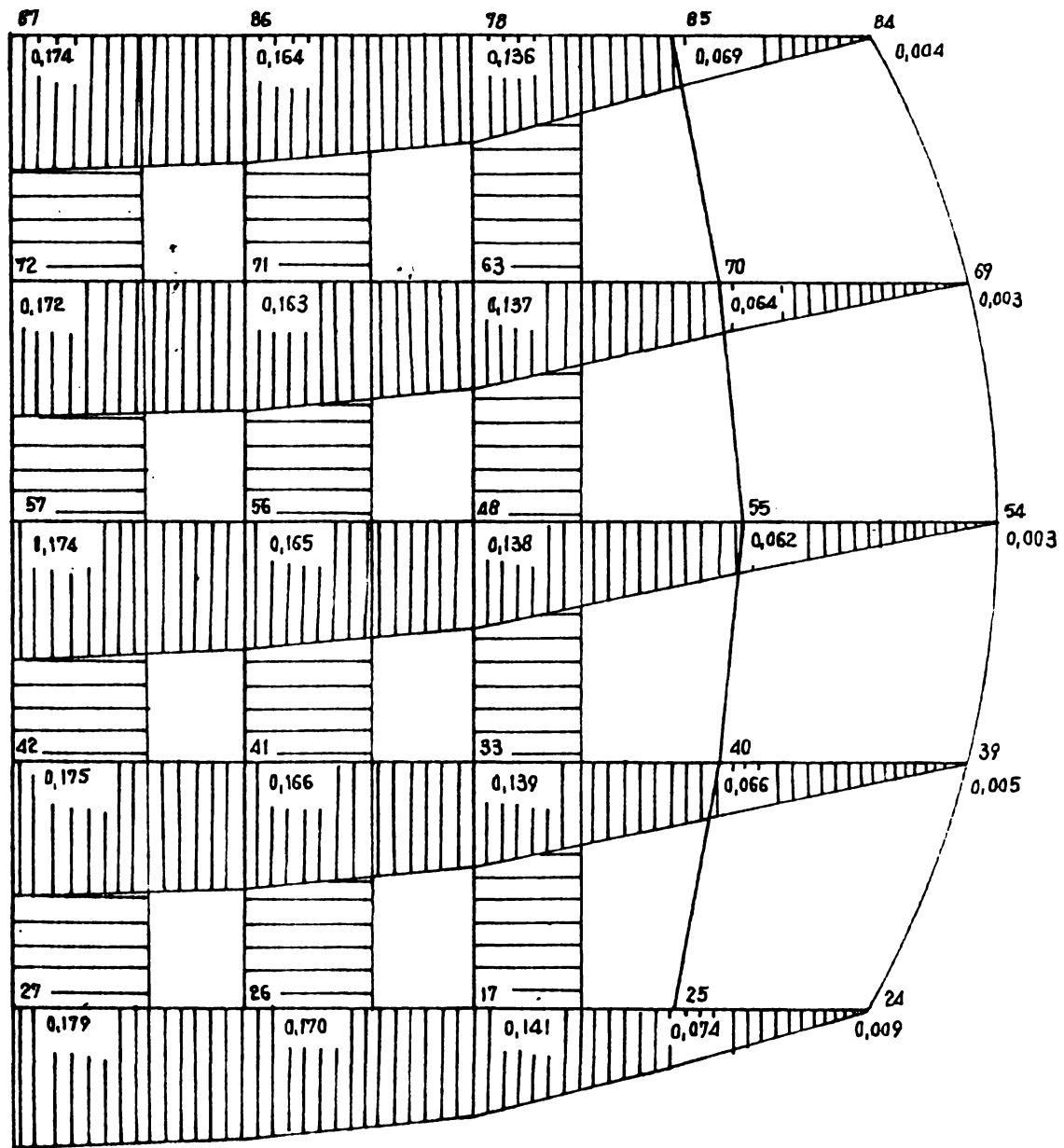


Scara lungimilor 1:5

Scara deplasărilor 10:1

Fig. 2.23

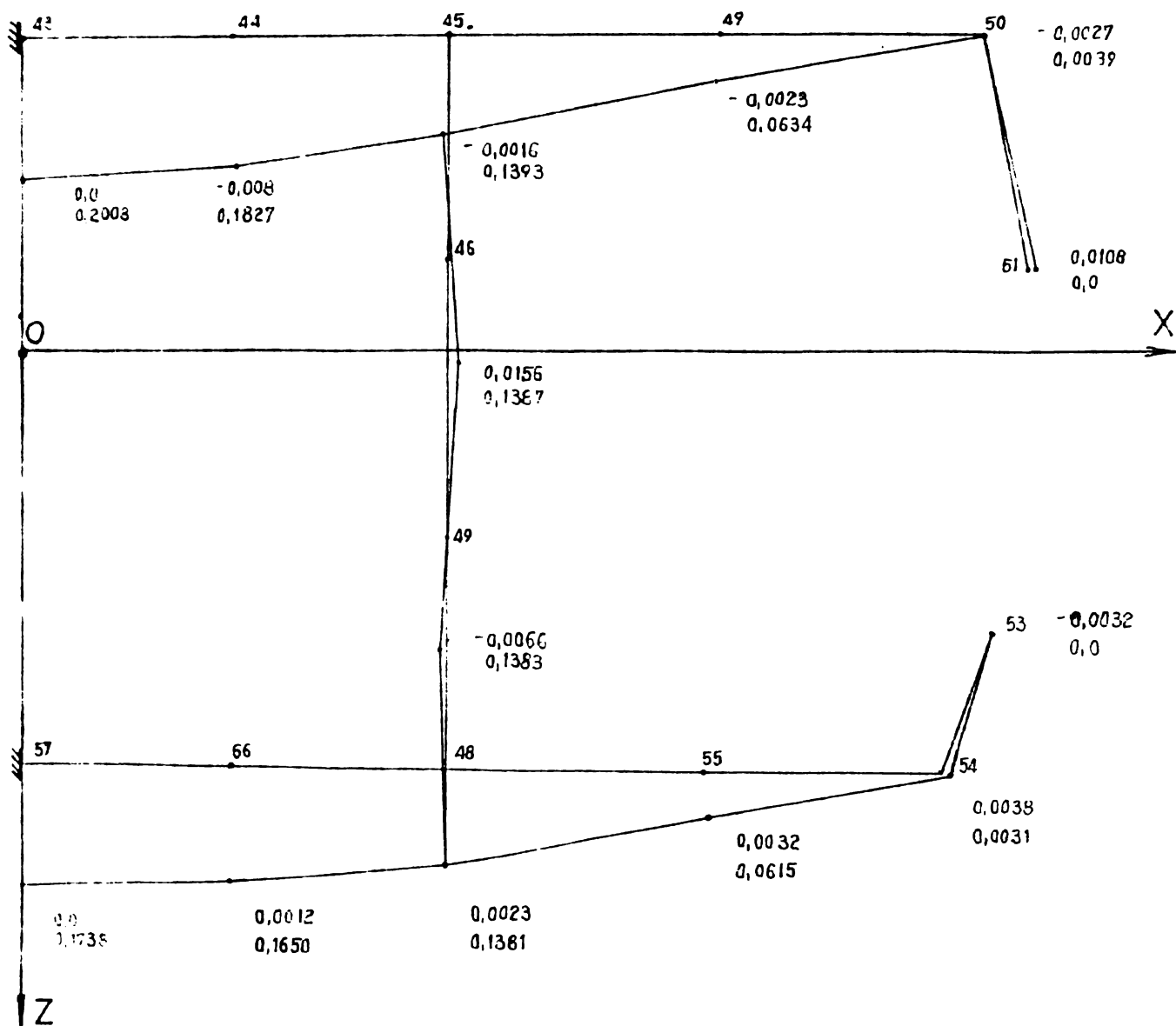
Deplasări, w [cm] la elementul
de rigidizare



Scara lungimilor 1:5
Scara deplasarilor 10:1

Fig. 2.24

Deplasări u și w [cm] în secțiunea
condusă prin nodurile 43-50



Scara lungimilor 1:5

Scara deplasărilor 10:1

Fig. 2.25.

nută explică rezultatele nesatisfăcătoare obținute prin schematizarea vanei ca grindă simplu rezemată pe de o parte, și permite, totodată, ca în baza observației a) să se poată justifica, împreună cu concluziile din 2.3.4., propunerea de calcul prezentată în 2.4.

2.3.4. Analiza stării de tensiune în corpul vanei

Solicitările unitare corespunzătoare elementelor finite, listate de calculator, s-au reprezentat la scară menținând în deosebi variația discontinuă a acestora. Această reprezentare se justifică prin aceea că în variația solicitărilor nu sînt semnalate zone cu gradienti mari. În cazurile în care s-a impus necesitatea ajustării curbelor de variație a eforturilor s-a considerat o variație parabolică de gradul doi, (fără inflexiuni) de forma:

$$E = c_0 + c_1x + c_2x^2 \quad (2.38)$$

constantele c_0, c_1 și c_2 rezultînd din condițiile de echivalare a ariilor și momentelor de ordinul 1 și 2 pentru diagrama discontinuă și cea continuă [58]. Astfel cu figura 2.26 rezultă:

$$\begin{aligned} \int_0^a E \cdot dx &= S_0 \\ \int_0^a E \cdot x \cdot dx &= S_1 \\ \int_0^a E \cdot x^2 \cdot dx &= S_2 \end{aligned} \quad (2.39-41)$$

unde:

$$S_0 = \sum_{i=1}^k E_i \cdot \Delta a_i \quad (2.42)$$

$$S_1 = \sum_{i=1}^k E_i \cdot x_i \cdot \Delta a_i \quad (2.43)$$

și

$$S_2 = \sum_{i=1}^k E_i \cdot x_i^2 \cdot \Delta a_i \quad (2.44)$$

Înlocuind funcția (2.38) în (2.39-41), se obține pentru constante valorile:

$$c_0 = \frac{9}{a} S_0 - \frac{36}{a^2} S_1 + \frac{30}{a^3} S_2$$

$$c_1 = - \frac{36}{a^3} S_0 + \frac{192}{a^3} S_1 - \frac{180}{a^4} S_2$$

$$c_2 = \frac{30}{a^3} S_0 - \frac{180}{a^4} S_1 + \frac{180}{a^5} S_2 \quad (2.45-47)$$

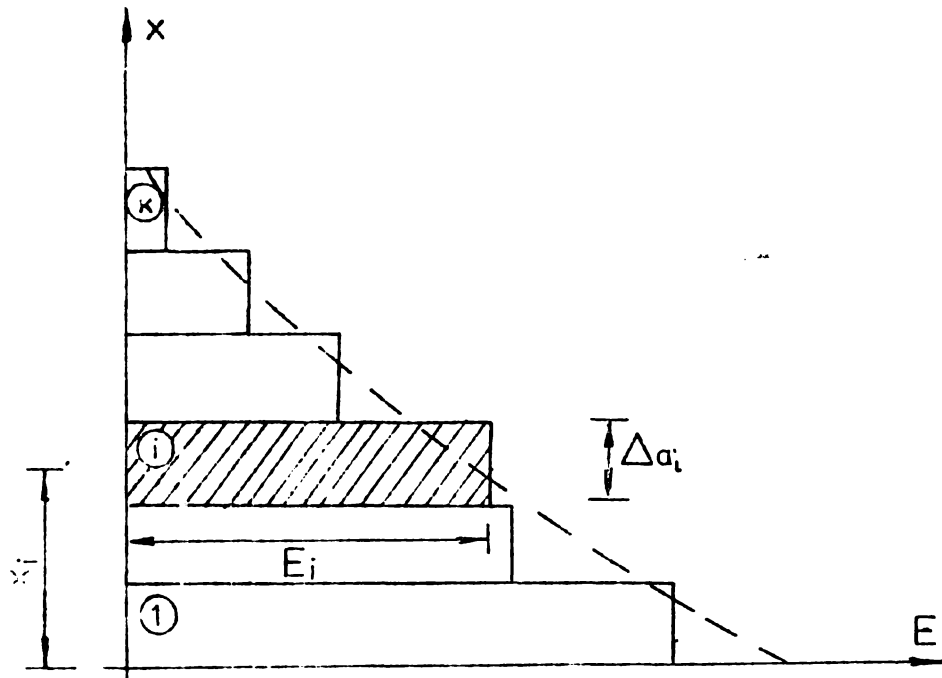


Fig. 2.26

În unele situații alura diagramelor discontinue sugerează existența unor puncte de inflexiune în variație eforturilor. Pentru aceste cazuri utilizarea unui polinom de grad superior ar conduce la calcule mult prea laborioase astfel încât s'ar prefera înscrierea diagramei discontinue într-o variație liniară cu frânturi [58]. Astfel, lungimea "a" a secțiunii se subîmparte în intervale a_1, a_2, \dots, a_n , stabilindu-se pentru fiecare interval câte o variație liniară (Fig. 2.27) și anume:

$$E_1 = c_{0,1} + c_{1,1} x_1;$$

$$E_2 = c_{0,2} + c_{1,2} x_2;$$

$$E_3 = c_{0,3} + c_{1,3} x_3 \quad (2.48-50)$$

Ce și în cazul variației parabolice, diagrame discontinue a efortului E se echivalează cu cea dat de relațiile (2.48-50) punând condițiile:

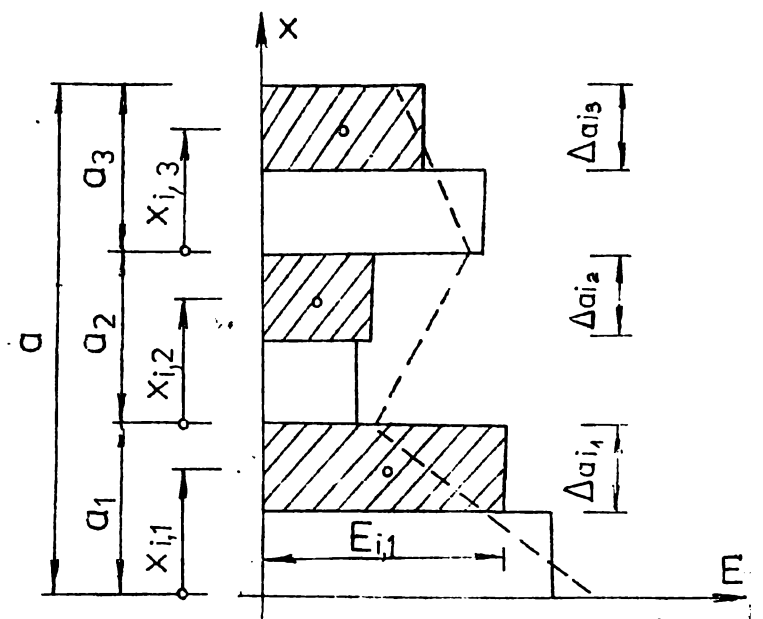


Fig. 2.27

$$S_{0,1} = \int_0^{a_1} E_1 dx = \sum E_{i,1} \cdot \Delta \alpha_{i1}$$

$$S_{0,2} = \int_c^{a_2} E_2 dx = \sum E_{i,2} \cdot \Delta_{ai2}$$

$$S_{0,3} = \int_0^{a_3} E_3 dx = \sum E_{i,3} \Delta_{ai3} \quad (2.51-53)$$

respectiv condiționând egalitatea eforturilor la limitele dintre subintervale :

$$c_{0,1} + c_{1,1} \cdot a_1 = c_{0,2} ; \quad c_{0,2} + c_{1,2} \cdot a_2 = c_{0,3} \quad (2.54-55)$$

Constantele $c_{0,i}$, $c_{1,i}$ $i = 1,2,3$ rezultă cu condițiile (2.51-53) care se suplimentează cu o condiție de moment static scrisă pentru unul din subintervale

$$S_{1,1} = \int_0^{a_1} E_1 \cdot x \cdot dx = \sum E_{i,1} \cdot x_{i,1} \cdot \Delta_{ai1} \quad (2.56)$$

În această manieră au fost trasate curbele din figurile reprezentând variația unora din solicitările unitare și tensiunile mai semnificative, cu linie continuă respectiv întreruptă.

Datorită numărului redus de subintervale, variația parabolică s-a dovedit mai corespunzătoare. Trasarea curbelor s-a efectuat prin considerarea în calcule a elementelor finite aferente secțiunilor complete, avînd în vedere faptul că în dreptul axei de simetrie, curba este obligată să admită o tangentă paralelă cu linia de reper.

Analizînd diagramele de solicitări referitoare la discul vanei se pot constata următoarele :

1. Din punctul de vedere al comportării de șaibă, valorile σ_x de întindere pe toată suprafața discului sînt de cca. 3 ori mai mari decît valorile σ_y , cu alte cuvînte efectul de șaibă este mai pronunțat pe direcția rezemărilor (Fig.2.28-29)

2. Cu excepția zonei de racord între discul vanei și butucul acesteia, solicitările σ_y sînt pozitive, tensionarea discului pe această direcție datorîndu-se existenței diafragmelor rigide în planul lor (Fig.2.29).

3. Prezența diafragmelor, realizează (împreună cu elementul de rigidizare din aval) cîte o rezemare continuă a discului vanei, prin care se asigură o uniformizare a tensionării acesteia după direcția y . Pe direcția fusurilor

Uniformitatea diagramelor σ_x este mai pregnantă pe lățimea butucilor (Fig.2.28-29).

4. Valorile τ_{xy} sînt mici, în special în zona centrală a discului, ceea ce denotă o stare de tensiune relativ uniformă din punctul de vedere al comportării de șaibă.

5. Din punctul de vedere al efectului de încovoiere, se constată că momentele de încovoiere m_x sînt mult mai mari decît m_y , ceea ce înseamnă că direcția rezemărilor vanei este o direcție preferențială în descărcarea vanei. De asemenea momentele încovoietoare m_x sînt practic constante pe direcția Y respectiv momentele m_y practic constante pe direcția X. (Fig.2.31-32), ceea ce conduce, în mod evident, la valori m_{xy} reduse (Fig.2.33); acest aspect asigurat de diafragme se alterează în vecinătatea butucilor.

6. În zona de racord între disc și butuci, momentele de încovoiere m_x schimbă de semn ca efect al încastrării vanei în butucul rigid; schimbarea de semn la momentele m_y este și o consecință a conturului circular al rezemării.

7. În secțiunea diametrală paralelă cu axele fusurilor momentele de răsucire sînt practic nule. Valorile cresc însă spre periferia discului, valorile maxime fiind interceptate în zonele de racord dintre discul vanei și butuci la marginile acestora (element finit Nr.21 și 27)(Fig.2.33).

8. Tensiunile normale au fost calculate din efectul solicitărilor unitare n_x și m_x respectiv n_y și m_y pe cele două fețe ale discului (tabelele Nr.2.5-6) utilizînd relația:

$$\sigma_i = \frac{n_i}{d} \pm \frac{6 m_i}{d^2} \quad i = x, y \quad (2.57)$$

Se constată că tensiunile normale σ_x sînt mai importante în valoare și au o variație similară cu cea a momentelor de încovoiere m_x . Prin ajustarea diagramei de variație se mai constată că în dreptul racordului discului cu butucul vanei tensiunea are un maxim în valoare de 1164 daN/cm^2 , această zonă remarcîndu-se ca fiind cea mai puternic solicitată. (element finit Nr.21 și 27). Cu tensiunile determinate în punctele de racord, tensiunea echivalentă rezultă cu (2.37) pentru elementul Nr.21 la valoarea:

$$\sigma_{ech} = 1012 \text{ daN/cm}^2$$

Tensiunea normală σ_x [daN/cm²]

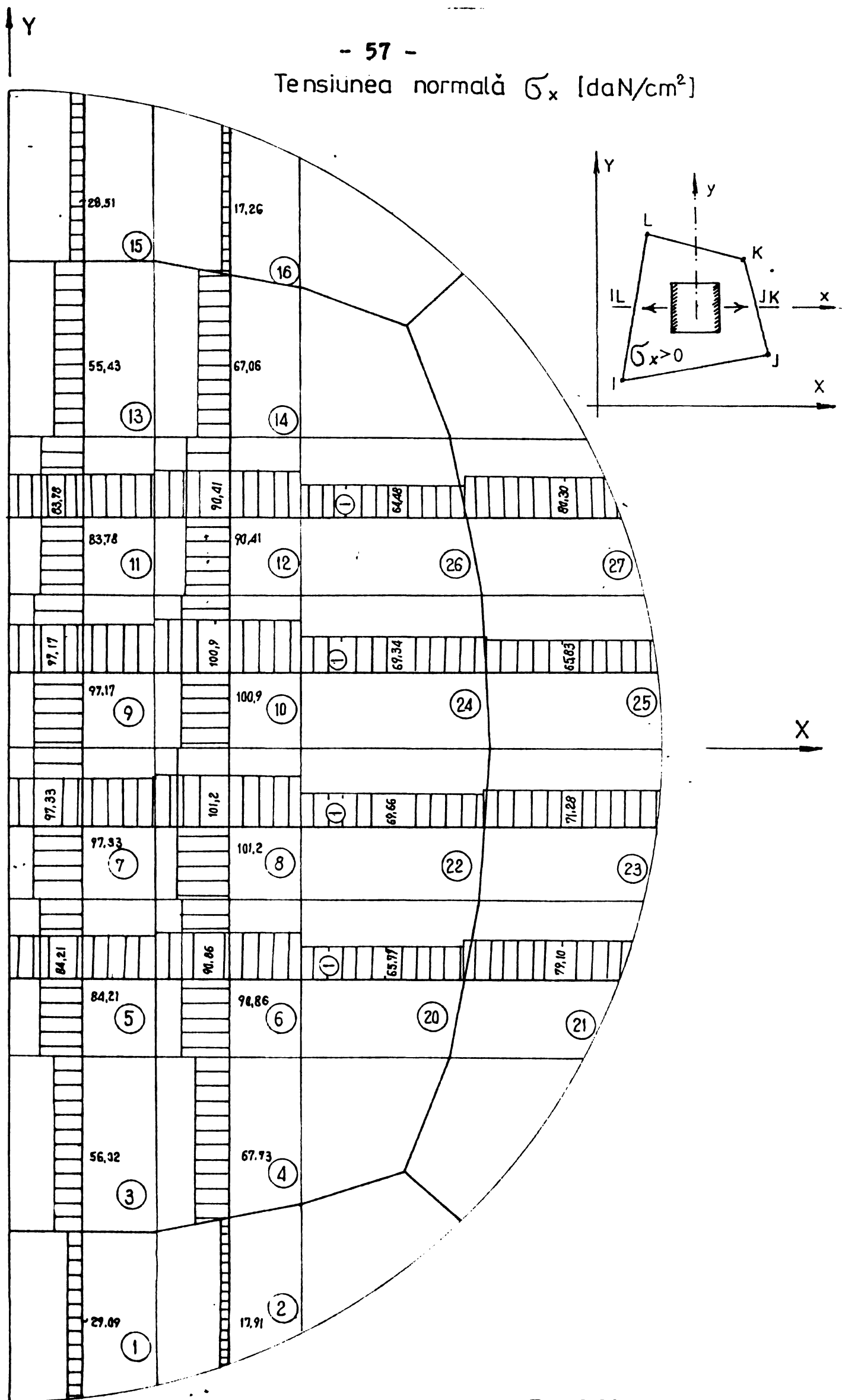


Fig. 2.28

Tensiunea normala σ_y [daN/cm²]

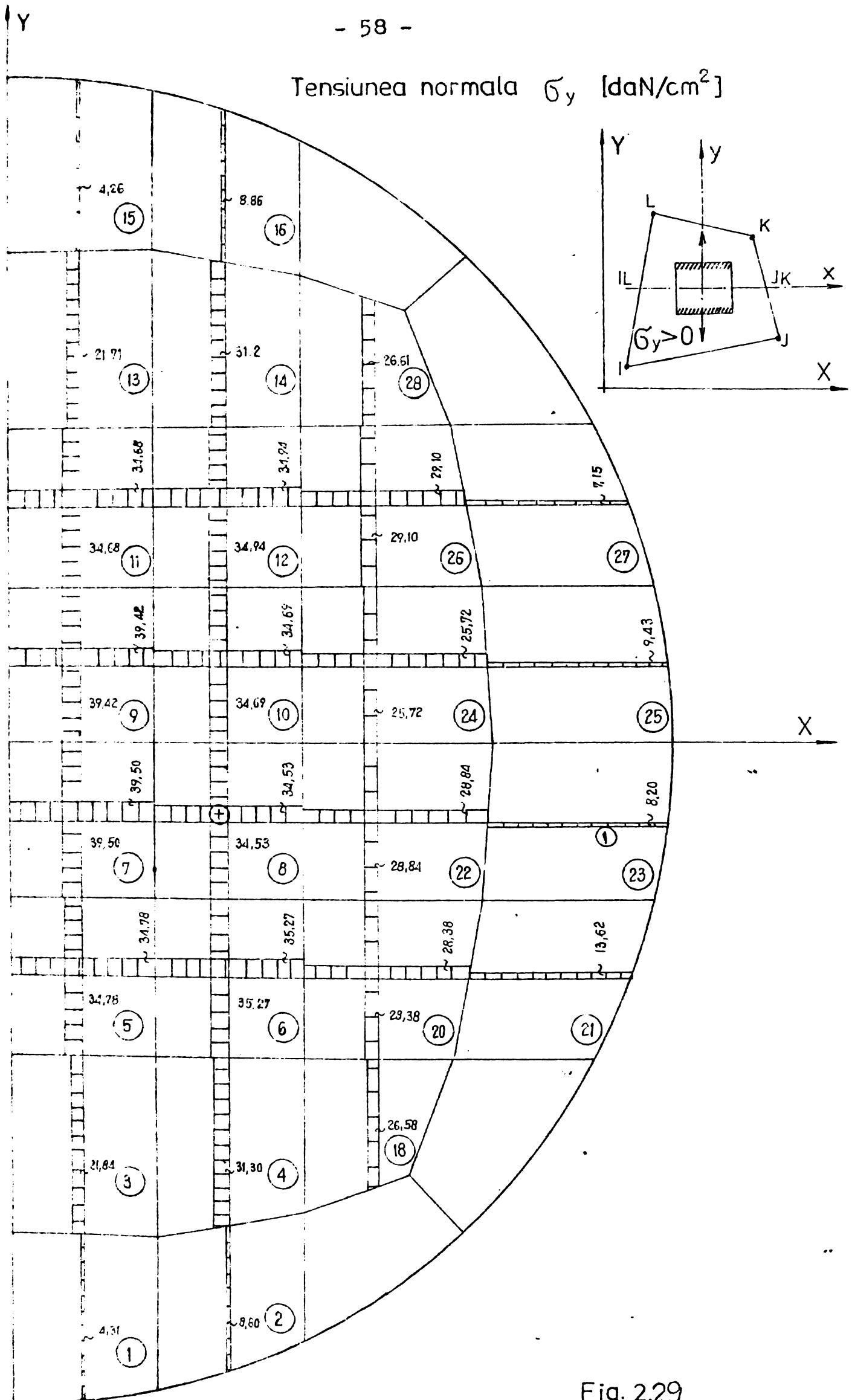


Fig. 2.29

Tensiunea tangențială τ_{xy} [daN/cm²]

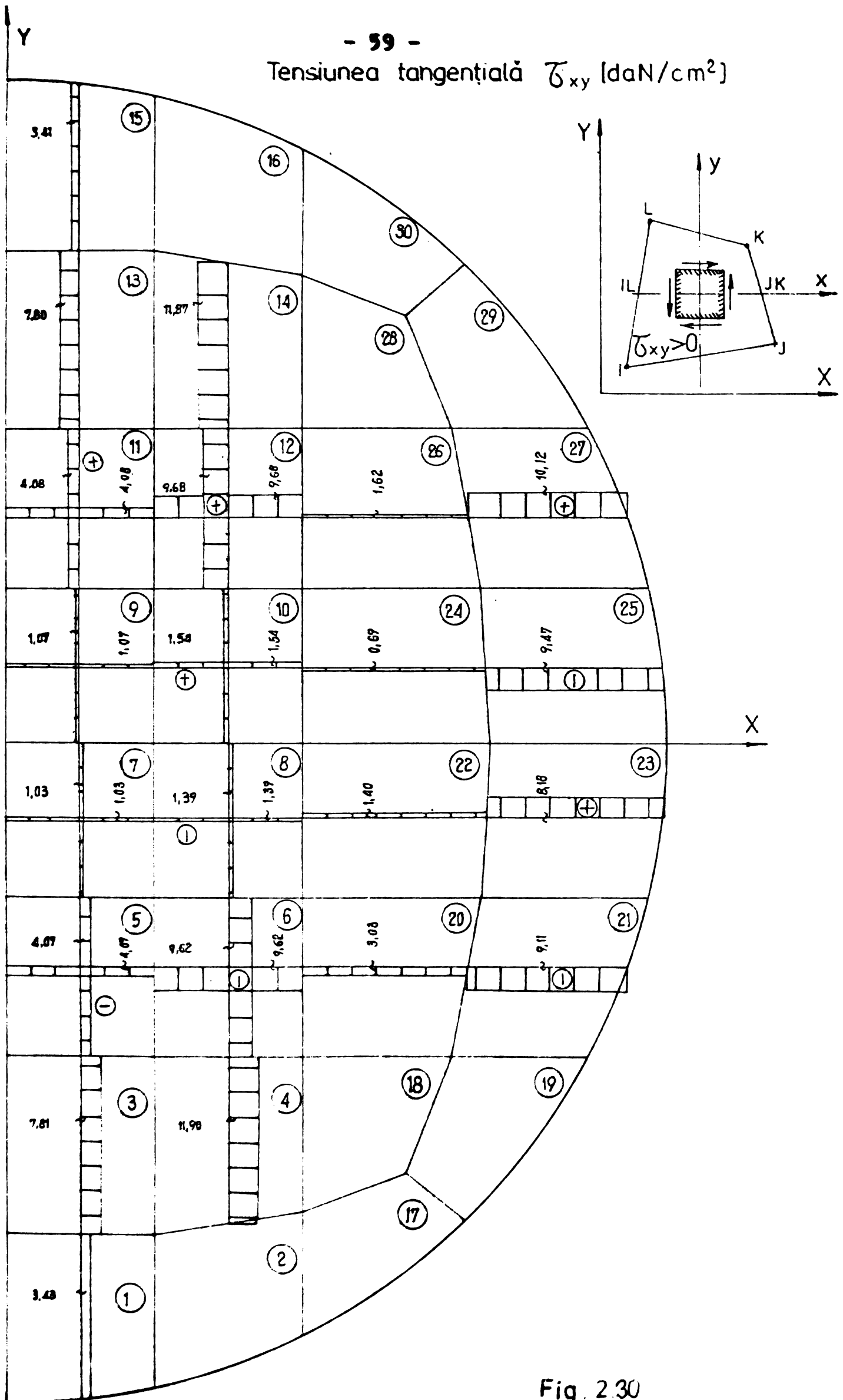


Fig. 2.30

Solicitări unitare m_x [daN·m/m]

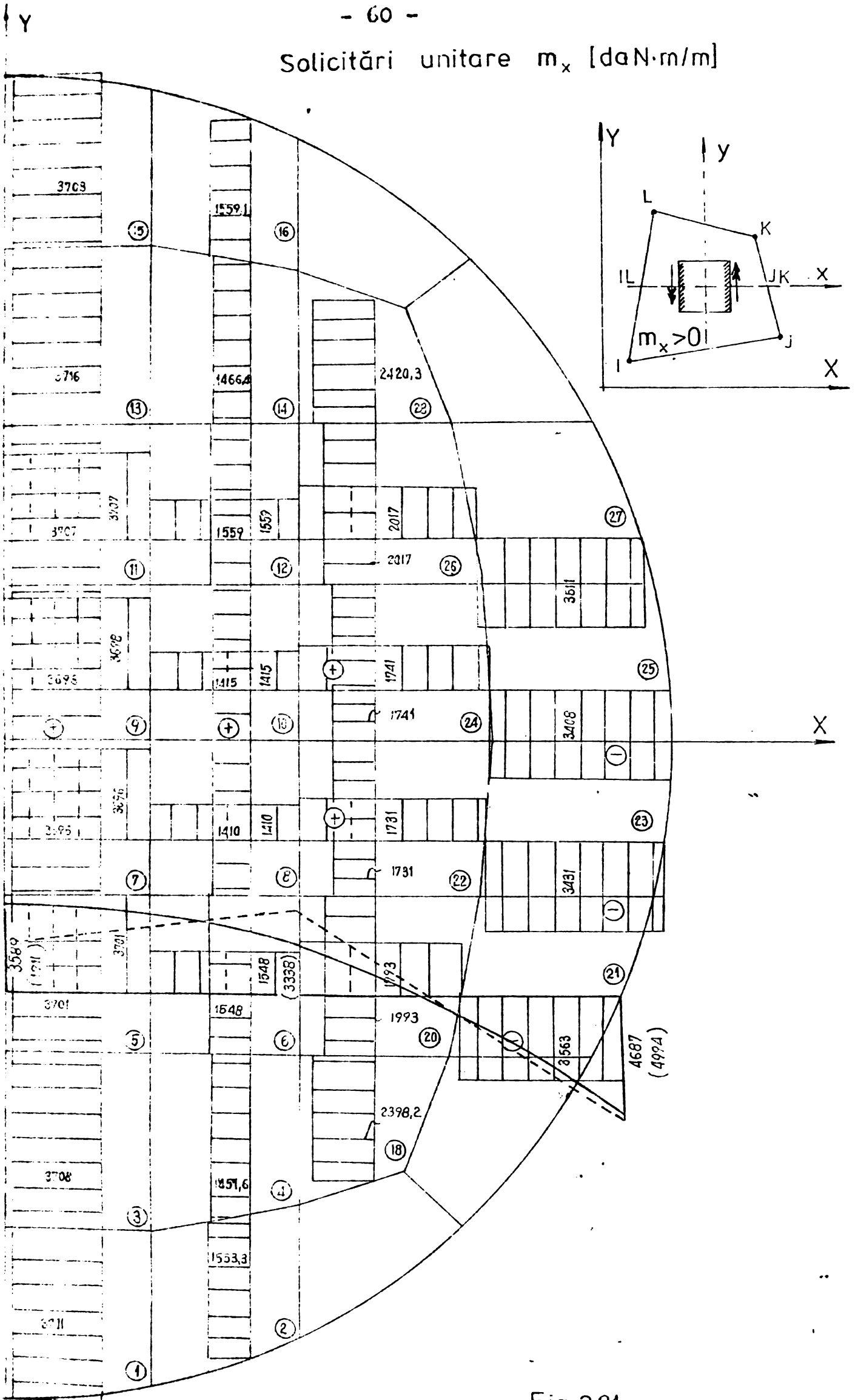


Fig. 2.31

Solicitări unitare m_y [daN·m/m]

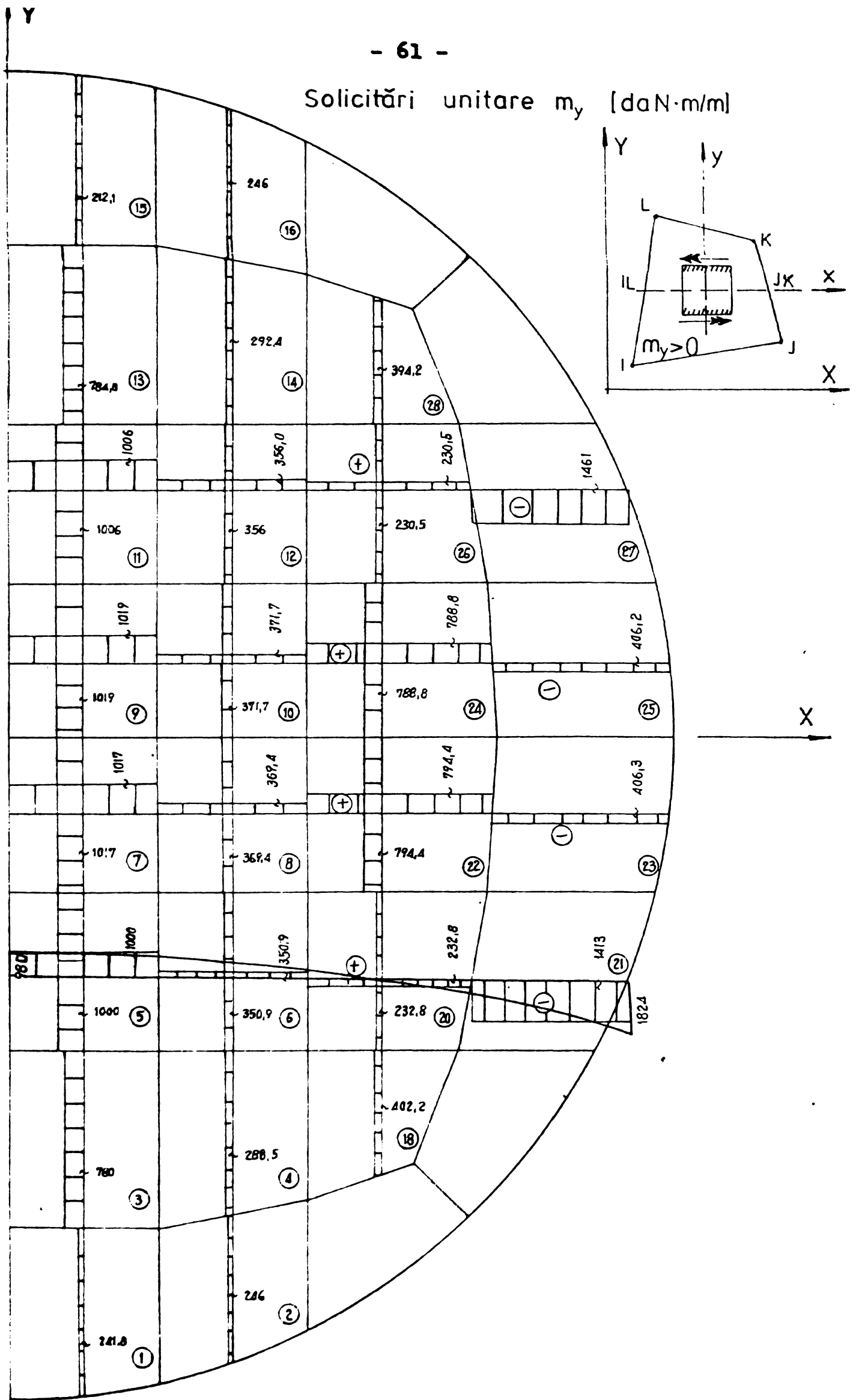
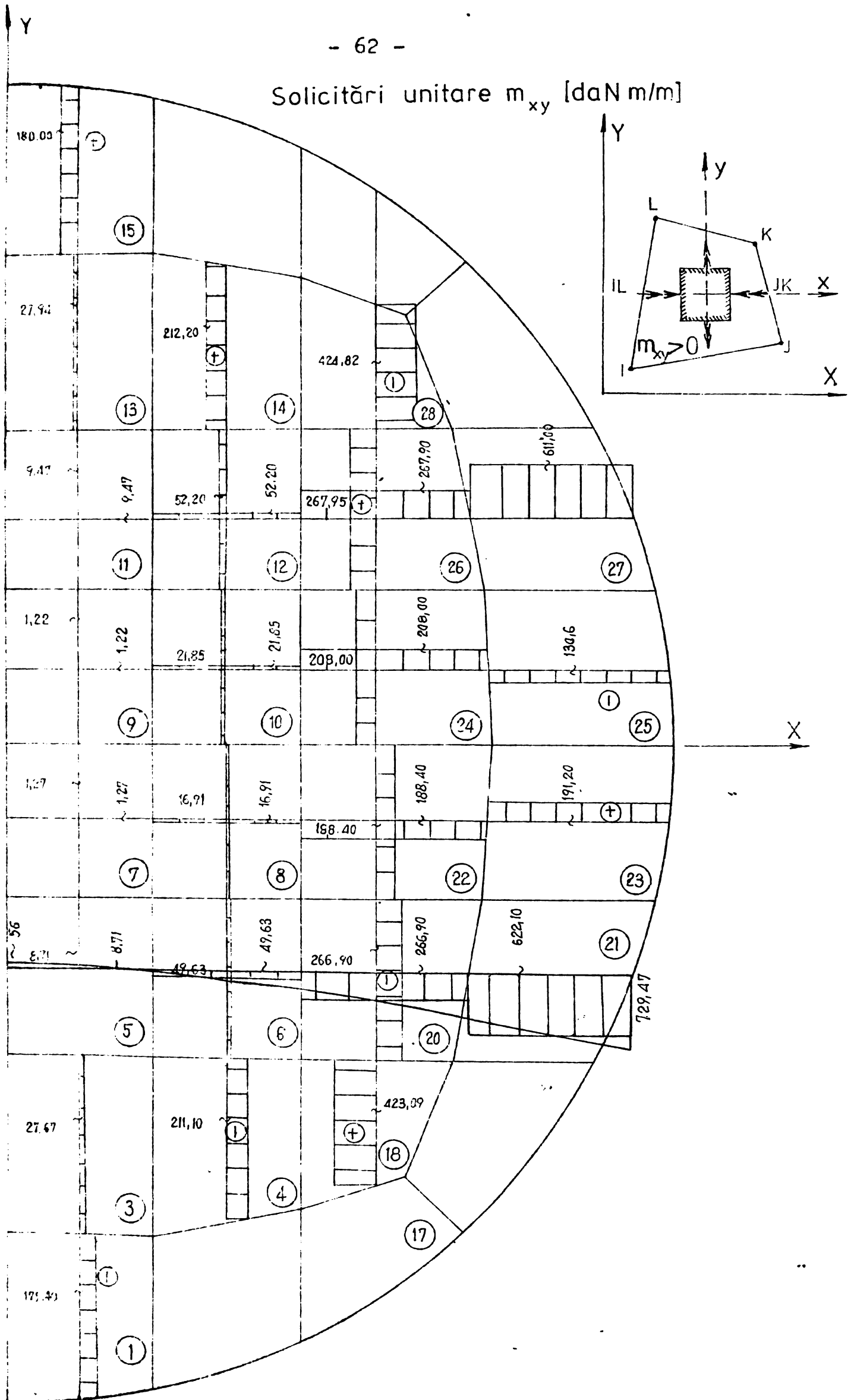


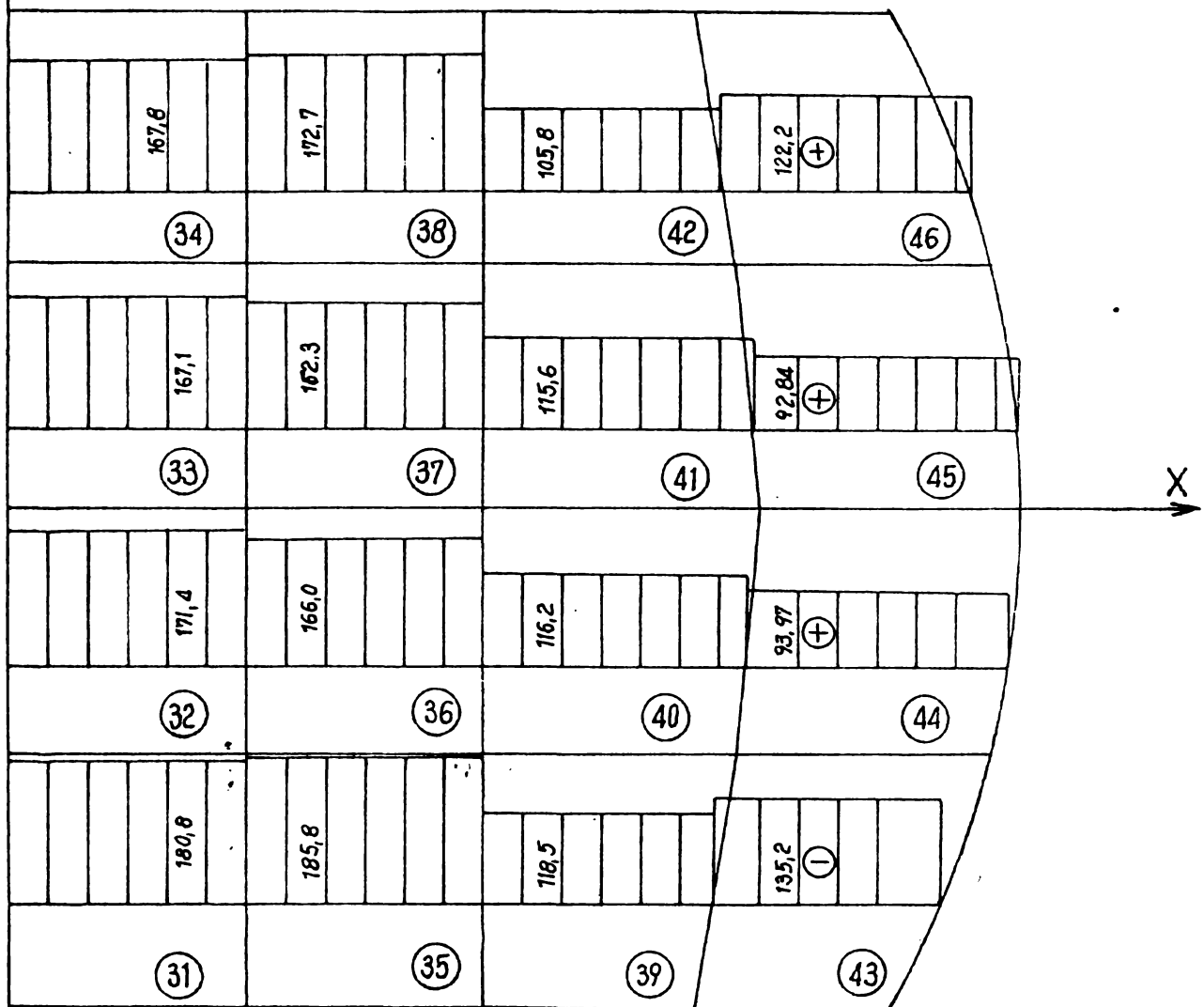
Fig. 2.32

Solicitări unitare m_{xy} [daN m/m]



Fi. 2.33

↑ Y Tensiunea normală σ_x [daN/cm²]



↑ Y Tensiunea normală σ_y [daN/cm²]

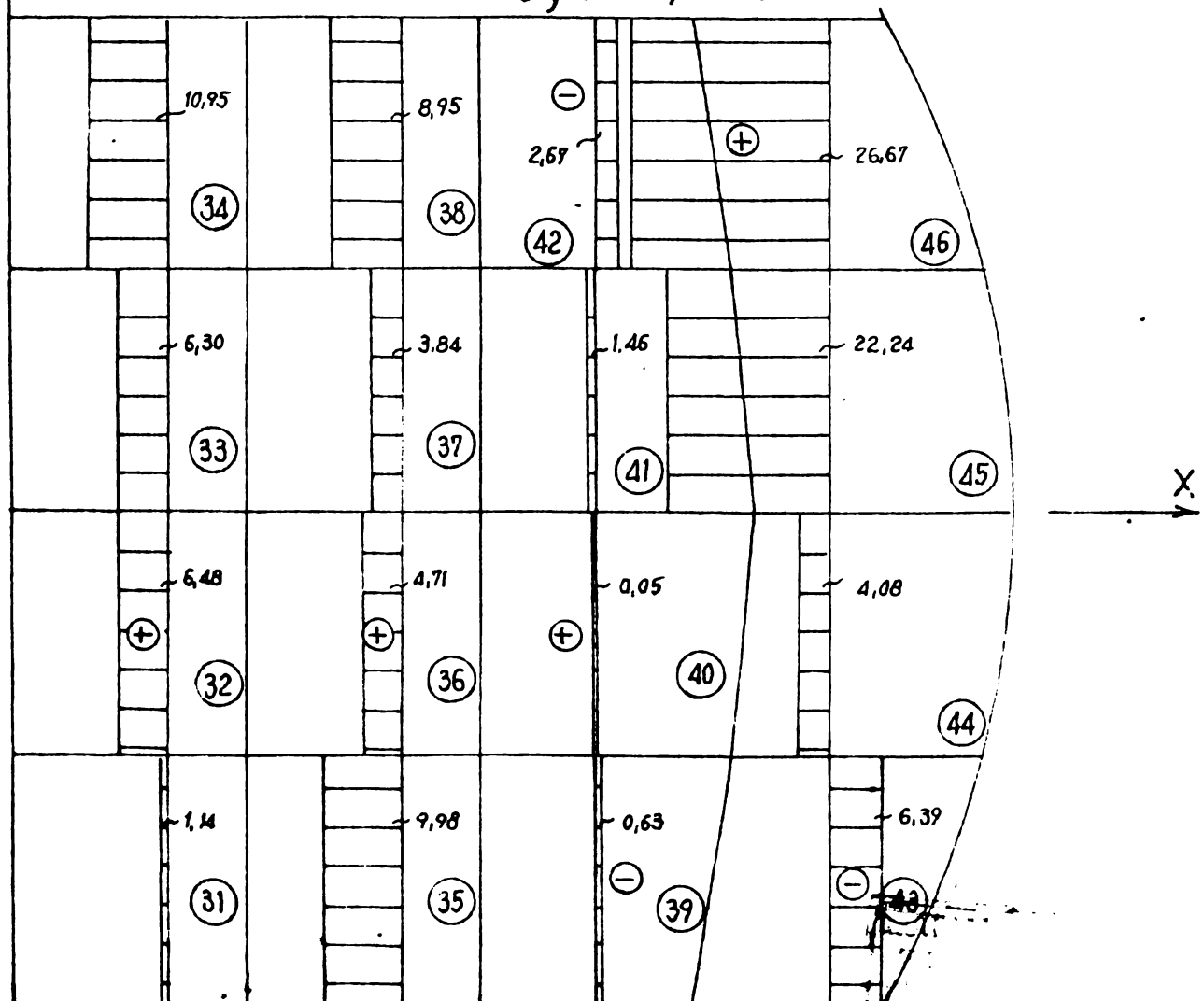


Fig. 2.34-35

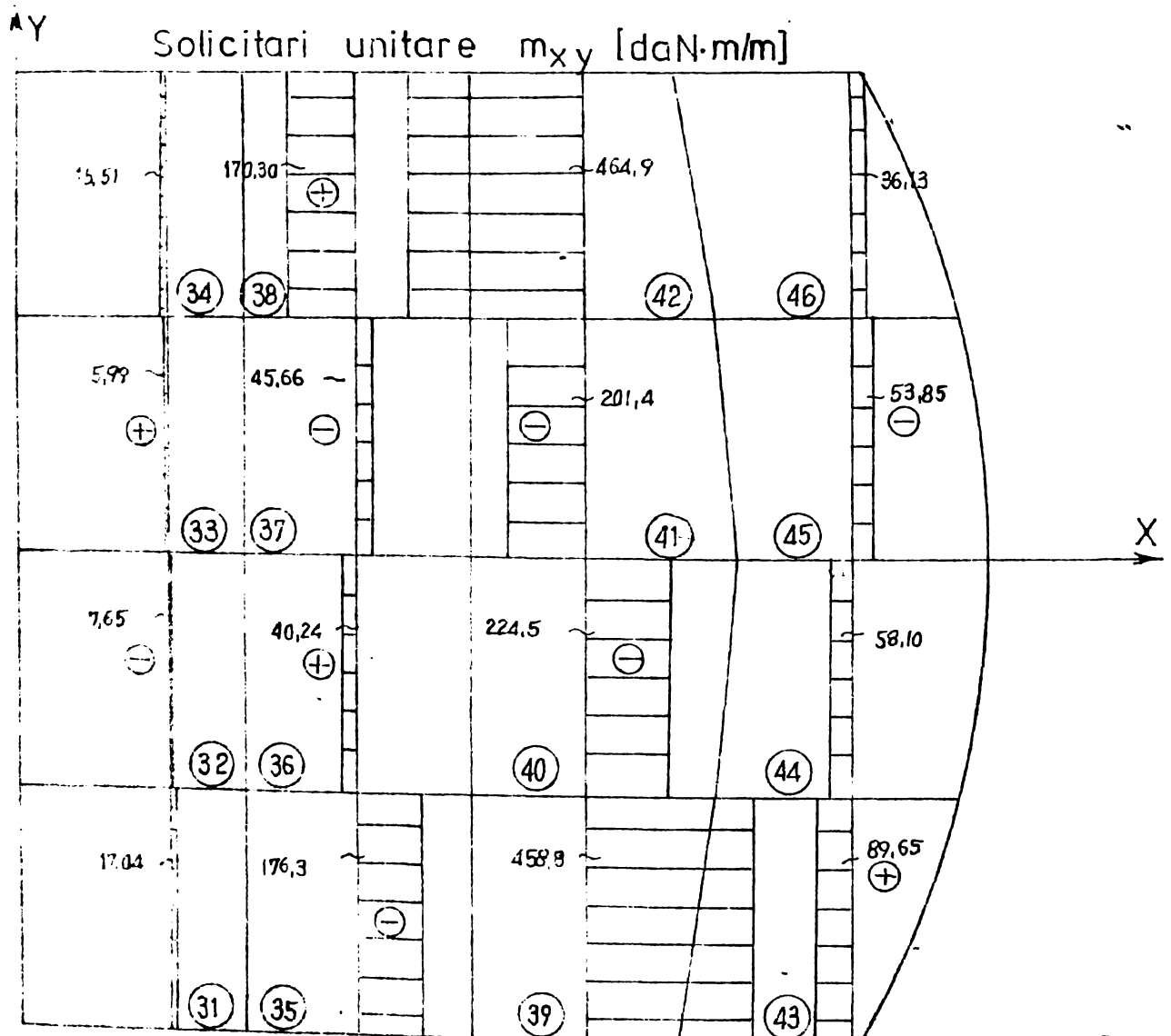
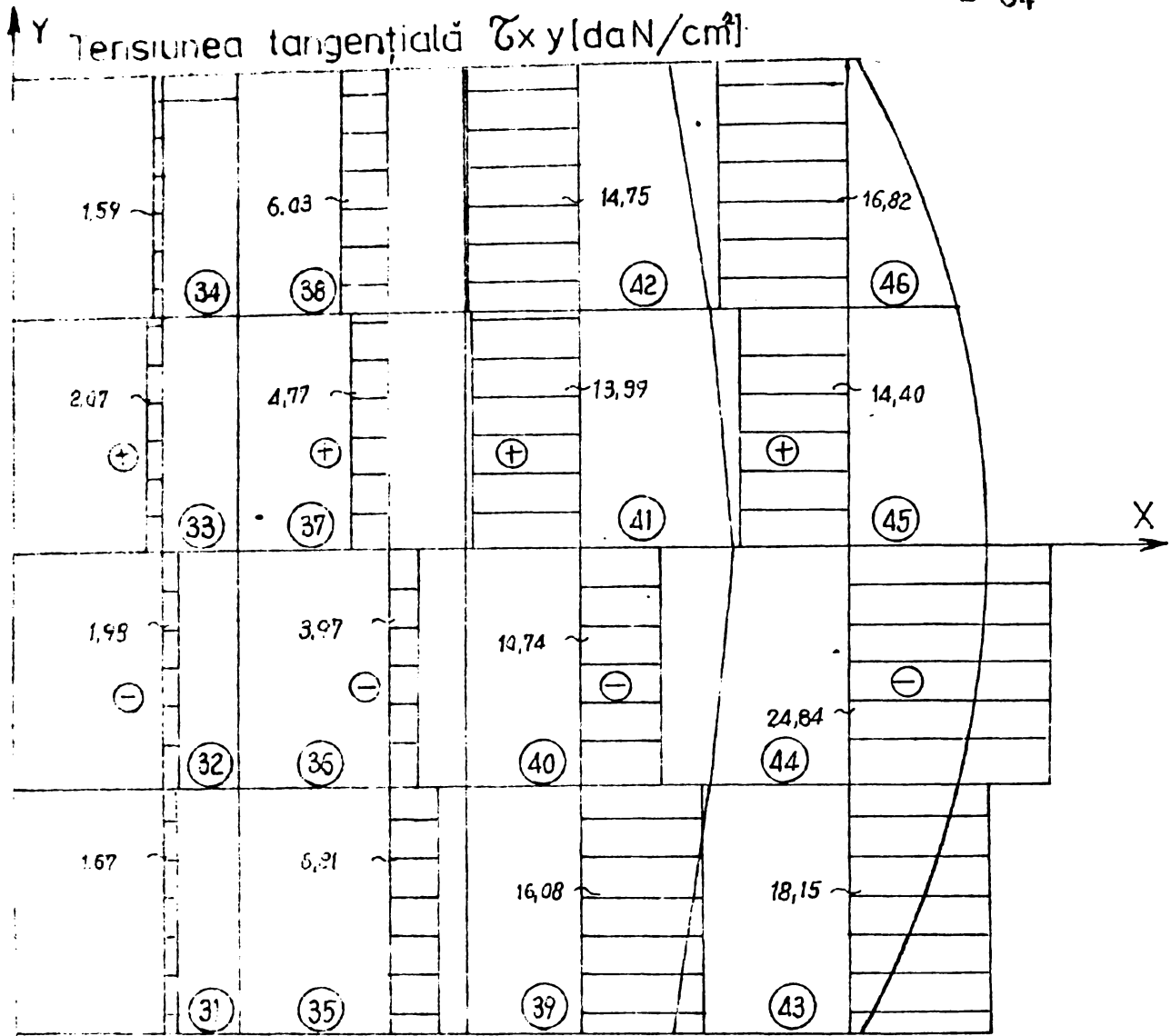


Fig. 2.36-37

Solicitari unitare m_x [daN m/m]

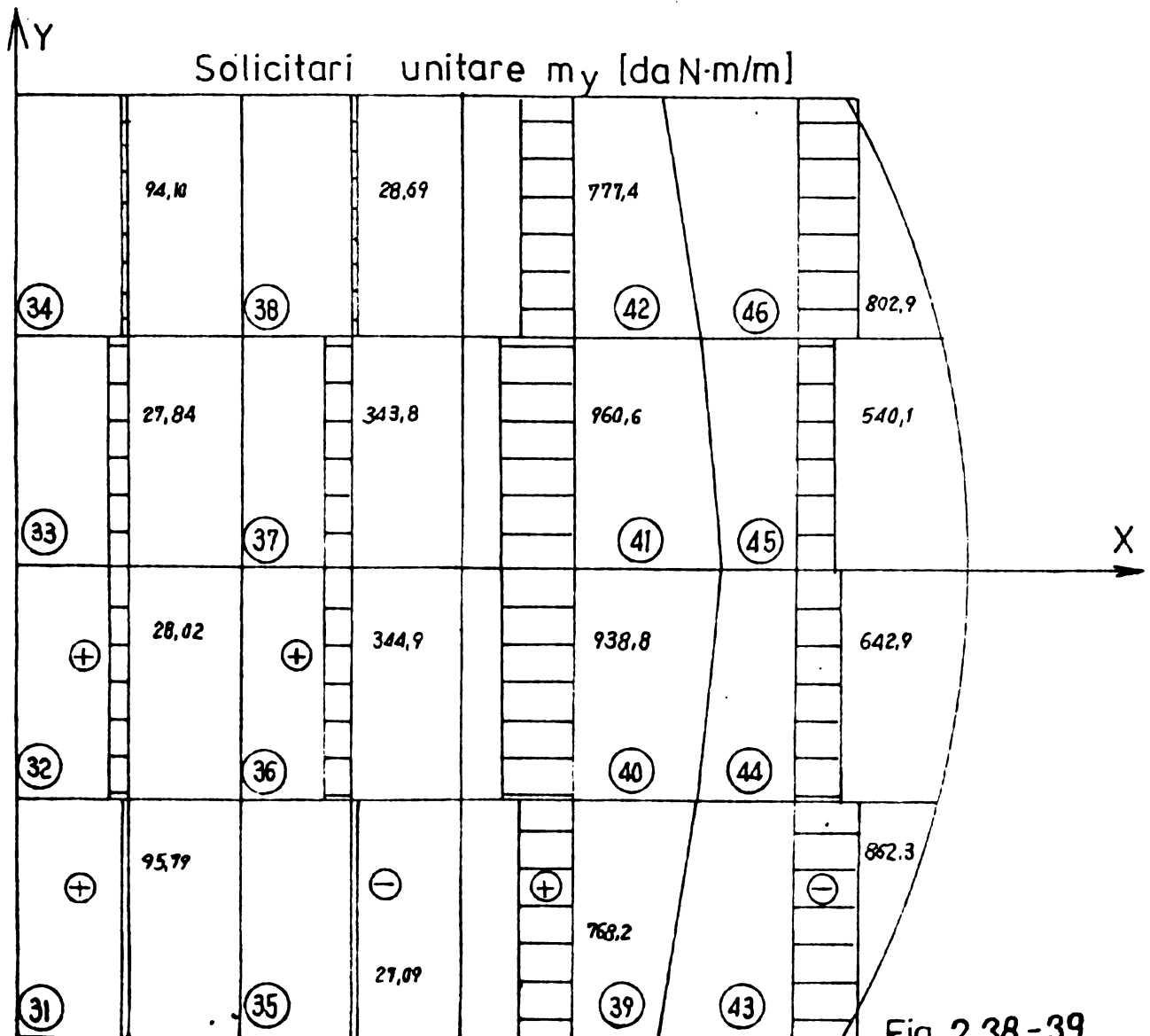
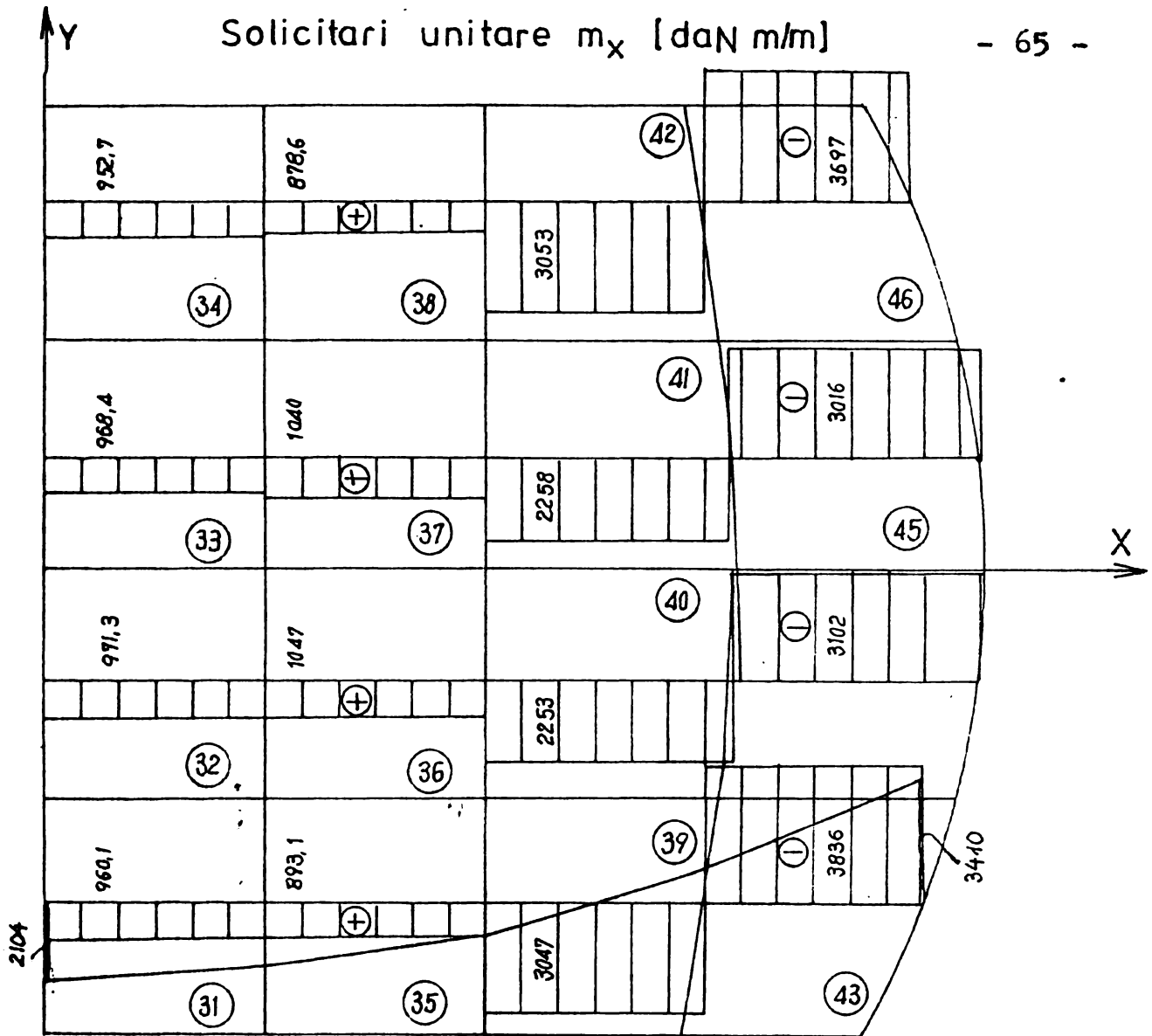


Fig. 2.38 - 39

iar tensiunea tangențială în fibra din amonte pe baza relației:

$$\tau_{xy} = \frac{n_{ij}}{d} \pm \frac{6m_{ij}}{d^2} \quad i=x; \quad j=y; \quad (2.58)$$

are valoarea: $\tau_{xy} \cong 166 \text{ daN/cm}^2$.

9. Avînd în vedere că tensiunile σ_x și σ_y sînt în toate punctele discului de același semn și tensiunile tangențiale sînt relativ mici în valoare, tensiunea echivalentă σ_{ech} rezultă aproximativ egală cu tensiunea σ_x ; în acest fel tensiunea σ_x poate fi adoptată ca mărime de control în verificările de rezistență.

Tabelul 2.5.

Element Nr.	n_x/d [daN/cm ²]	m_x daN.m/m	σ_x [daN/cm ²]		
			σ_{m_x}	σ_x^*	σ_x^{**}
5	-84,21	3701	$\bar{+}$ 888,24	-971,45	+804,03
6	-90,86	1548	$\bar{+}$ 371,52	-462,38	+280,66
20	-65,77	1993	$\bar{+}$ 478,32	-544,09	+412,55
21	-79,10	-3563	\pm 855,12	776,02	-934,22
7	-90,33	3696	\pm 887,04	-977,37	+796,71
8	-101,20	1410	\pm 338,40	-439,60	+237,20
22	- 69,66	1731	\pm 415,44	-485,10	+345,78
23	- 71,28	-3431	\pm 823,44	+752,16	-894,72
9	- 97,17	3698	\pm 837,52	-984,69	+790,35
10	-100,90	1415	$\bar{+}$ 339,60	-440,50	+238,70
24	- 69,34	1747	$\bar{+}$ 419,28	-488,62	+349,94
25	- 65,83	3408	$\bar{+}$ 817,92	+752,09	-883,75
11	- 83,78	3707	$\bar{+}$ 889,68	-973,46	+805,90
12	- 90,41	1559	$\bar{+}$ 374,16	-464,57	+284,75
26	- 64,48	2017	$\bar{+}$ 484,08	-548,56	+419,60
27	- 80,30	-3511	\pm 842,64	+762,34	-922,94

I) Calculat în fibra din amonte

II) Calculat în fibra din aval

Tabelul 2,6.

Element Nr.	n_y/d [daN/cm ²]	m_y daNm/m	σ_y [daN/cm ²]		
			σ_{m_y}	σ_y^*	σ_y^{**}
5	34,73	1000	± 240,00	-205,22	+274,78
6	35,27	351	± 84,22	- 48,95	+119,49
20	28,38	232,8	± 55,87	- 27,49	+ 34,25
21	13,62	-1413	± 339,12	+352,74	-325,50
7	39,50	1017	± 244,08	-204,58	+283,58
8	34,53	369,4	± 88,66	- 54,13	+123,19
22	28,84	794,4	± 190,66	-161,82	+219,50
23	- 8,20	-406,3	± 97,51	+ 89,31	-105,71
9	39,42	1019	± 244,56	-205,14	+233,98
10	34,69	371,7	± 89,21	- 54,52	+123,90
24	25,72	788,8	± 189,31	-163,59	+215,03
25	- 9,43	- 406,2	± 97,49	+106,92	- 88,06
11	34,68	1006	± 211,44	-206,76	+276,12
12	34,94	356,0	± 85,44	- 50,50	+120,38
26	29,10	230,5	± 55,32	- 26,22	+34,42
27	7,15	-1461	± 350,64	+357,79	-343,49

In ceea ce privește elementul de rigidizare din aval, din analiza diagramelor eforturilor unitare (Fig.2.34-39) se pot desprinde următoarele:

10. Din punctul de vedere al comportării de șaibă, tensiunile σ_x sînt esențiale și au o variație relativ redusă; valorile σ_y sînt mici, iar variația lor pe lățimea elementului de rigidizare se poate explica prin excentricitatea față de mijlocul lățimii acestuia a axului rezemării vanei.

Tensiunile τ_{xy} , ca o consecință a variației solicitărilor axiale, sînt de asemenea reduse în mărime și semnificative

*) Calculat în fibra din aval

***) Calculat în fibra din aval

conform figurilor 2.34-36.

11. Din punctul de vedere al încovoierii acestui element component al vanei, valorile momentelor m_x sînt de 3+5 ori mai mari decît momentele m_y ; în acest fel direcția rezemărilor vanei rămîne și în acest caz direcția semnificativă de lucru al elementului; aproximativ constante pe lățimea acestuia, momentele m_x au în direcția rezemării vanei o variație conformă deformatiei din figura 2.25. Momentele de răsucire m_{xy} sînt mici în zona centrală și în cea aflată în vecinătatea recordului elementului la butucii vanei; în porțiunea situată între diafragme și în zona de racord cu butucii, valorile cresc.

12. Partea cea mai solicitată se găsește în zona elementului 43. Astfel, cu valorile din figura 2.34 și 2.38 se obțin tensiunile normale σ cuprinse între: -1303 daN/cm^2 și respectiv $+1574 \text{ daN/cm}^2$. Tinînd însă seama că valoarea momentului $m_x = 3836 \text{ daN.m/m}$ nu corespunde limitei elementului finit la nivelul suprafeței mediane a butucului, valoarea de calcul se poate aproxima prin admiterea unei variații liniare obținîndu-se în acest fel valoarea $m_x = 5900 \text{ daN.m/m}$; tensiunile normale σ în acest caz fiind cuprinse între valorile: -2077 daN/cm^2 și 2348 daN/cm^2 .

Diafragmele joacă un rol de rezistență important, așa cum s-a arătat mai sus și sînt solicitate cu precădere la încovoiere așa cum rezultă sugestiv din figura 2.25. Valorile mai mari ale solicitărilor se înregistrează în zona centrală avînd lățimea elementului de rigidizare și sînt înserate împreună cu tensiunile aferente în tabelele 2.7-8. (Valorile pozitive ale momentelor de încovoiere determină întinderi în fibrele diafragmei situate spre sensul pozitiv al axei X normale pe planul acesteia). Se constată că valorile maxime ale acestor tensiuni nu depășesc valorile maxime obținute în celelalte zone mai solicitate ale vanei.

Din observațiile făcute, nivelul scăzut al tensiunilor, arată o rezervă mult prea mare și în eventualitatea închiderii rapide a vanei (caz de avarie) cînd apar solicitări dinamice (cunoscute sub denumirea "lovitura de berbec").

Tabelul 2,7

Element Nr.	n_x/d [daN/cm ²]	m_x [daNm/m]	$\bar{\sigma}_x$ [daN/cm ²]		
			$\bar{\sigma}_{m_x}$	$\bar{\sigma}_x^*$	$\bar{\sigma}_x^{**}$
55	-51,14	2913	+ 1092	1040,85	-1143,14
56	-59,35	143	+ 53,63	- 5,72	- 112,98
57	-73,94	-2756	+ 1034	-1107,94	960,06
58	-50,81	2916	+ 1094	1043,19	-1144,81
59	-58,78	145	+ 54,38	- 4,4	- 113,16
60	-72,59	-2747	+ 1030	-1102,59	957,41
52	-31,90	3847	+ 1068	+1036,1	-1099,9
53	-63,77	239,9	+ 89,96	26,19	- 153,73
54	-91,38	-2683	+ 1006	-1097,38	914,62
61	-31,67	2853	+ 1070	1038,33	-1101,67
62	-62,62	246	+ 92,25	+ 29,63	- 154,87
63	-82,19	-2664	+ 999,0	-1081,19	916,81

Tabelul 2.8

Element Nr.	n_y/d [daN/cm ²]	m_y [daNm/m]	$\bar{\sigma}_y$ [daN/cm ²]		
			$\bar{\sigma}_{m_y}$	$\bar{\sigma}_y^*$	$\bar{\sigma}_y^{**}$
55	18,53	816,0	+ 306,0	324,53	- 287,47
56	-33,00	- 65,44	+ 24,54	- 57,54	- 8,46
57	-63,64	-923,7	+ 346,4	-410,04	282,76
58	18,71	817,0	+ 306,4	325,11	- 287,69
59	-33,23	- 62,45	+ 23,42	- 56,65	- 9,81
60	-63,94	-919,9	+ 344,9	-408,34	230,96
52	18,06	814,2	+ 305,3	323,36	- 287,24
53	-37,70	-132,1	+ 49,54	- 87,24	11,84
54	-80,27	-990,2	+ 371,3	-451,57	291,03
61	17,79	816,9	+ 306,3	324,09	-288,51
62	-38,18	-127,4	+ 47,78	- 85,96	+ 9,6
63	-79	-986,6	+ 370,0	-449	+291

2.3.5. Transfocarea discului vanei în zona de racord cu diafragmă.

Analiza stării de tensiuni în corpul vanei făcută în baza modelului de calcul cu elemente finite utilizînd discretizarea

- x) însumate în fibrele din X pozitiv
 xx) însumate în fibrele din X negativ

În figura 2.15 dă o imagine satisfăcătoare asupra răspunsului vanei la acțiunea exterioară considerată, putându-se repera și zonele vând în mod de solicitare mai pronunțat. Astfel, atât în discul vanei cât și în elementul de rigidizare se remarcă porțiunile limitrofe cu butucul vanei, ca de exemplu zonele elementelor finite nr.21 respectiv 43. Totuși avînd în vedere dimensiunile geometrice considerate (grosimi de 50 mm respectiv 40 mm), și în aceste zone tensiunile maxime, respectiv echivalente, rămîn mult sub cele admisibile.

Avînd în vedere că și zona de racord a discului vanei cu diafragma reprezintă interes din punctul de vedere al unor gradienti mai puternici în distribuția de tensiuni, s-a considerat oportun să se analizeze în deaproape acest aspect, cu atât mai mult cu cît racordul se realizează cu sudură prin topire. În acest scop s-a făcut uz de procedeul îndesirii locale a elementelor finite numit și transfocare. S-a izolat astfel porțiunea efinită de elementele 10-8-24-22 ale discului, respectiv 55-52 porțiunea diafragmei, care s-a discretizat în 96 elemente finite cu 116 noduri păstrînd în mod obligatoriu poziția nodurilor de ancoră corespunzătoare discretizării anterioare (fig.2.40).

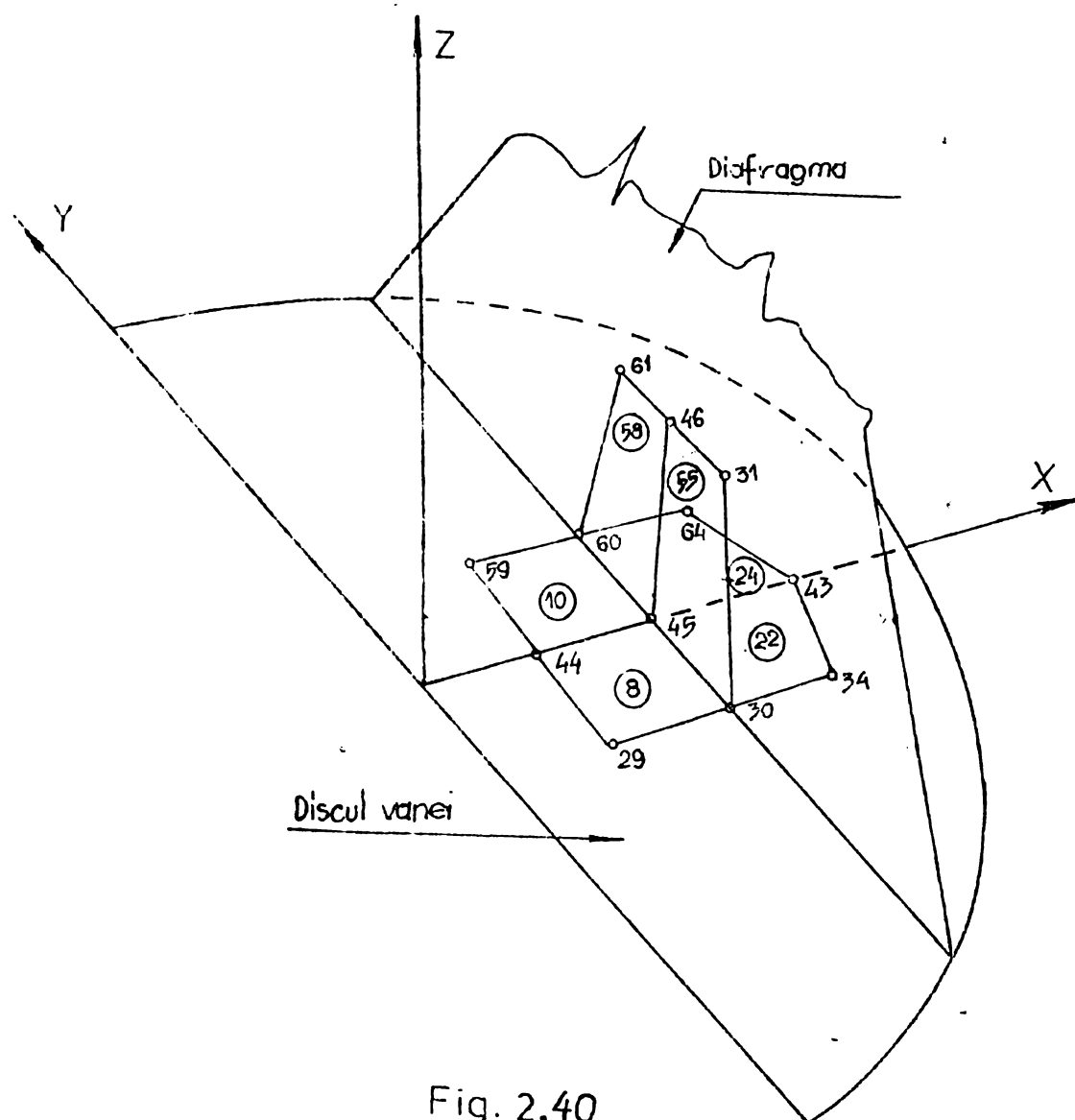


Fig. 2.40

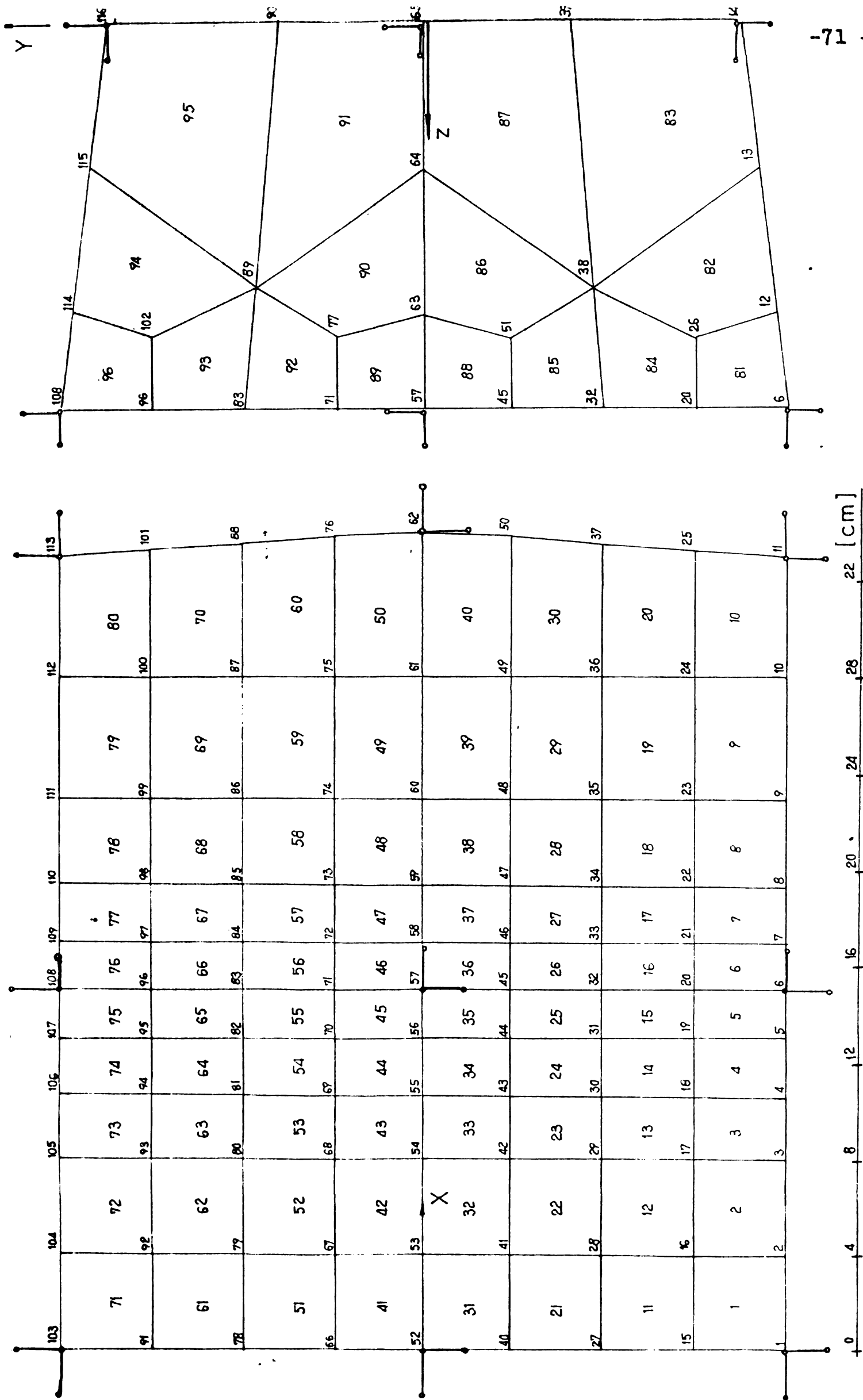


Fig. 2.24

În figura 2.41 în nodurile de contur care coincid cu nodurile discretizării anterioare sînt reprezentați pendulii (elemente finite Nr.7 conform instrucțiunilor de utilizare a programului SAP-4) de tip liliar și de rotație cu care s-au imprimat deplasările și rotirile din aceste noduri cunoscute din calculul anterior. Considerînd în același timp și acțiunea exterioară ($p=10 \text{ daN/cm}^2$), se introduce în zona transfocată aceeași stare de deformare ca și cea care corespunde acțiunii exterioare primare, cu deosebirea că prin îndesarea elementelor finite este facilitată trasarea cu mai multă finețe a variațiilor sclicităților unitare, putîndu-se obține totodată și vîrfurile de tensiune.

În figura 2.42 este reprezentată deformarea porțiunii transfocate în secțiunea mediană prin vană ($Y=0$), iar în figura 2.43 diagrama de momente încovoietoare corespunzătoare. Comparînd deformata din figura 2.42 cu cea reprezentată în figura 2.25

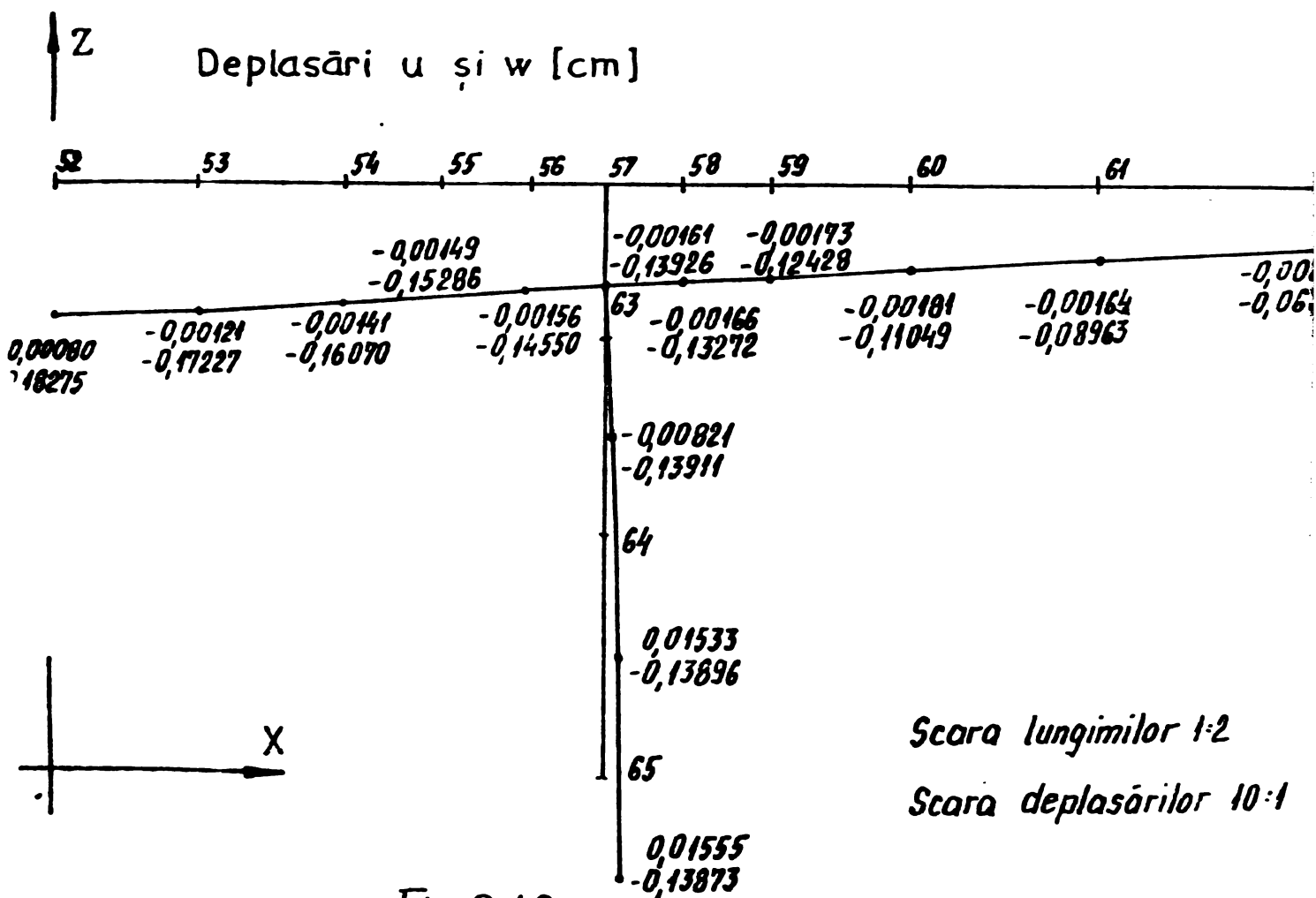


Fig. 2.42

se poate remarca aspectul calitativ superior al deformatei obținută prin transfocare; în stînga și dreapta diafragmei linia mediană de la nivelul discului prezintă cîte o convexitate spre diafragmă ca și cum aceasta din urmă ar reprezenta un sprijin pentru discul vanei. Acest aspect al deformatei se traduce în

mod corespunzător și în variația momentelor de încovoiere (figura 2.43). Comparînd această diagramă cu cea din figura 2.31 se constată că prin calculul inițial s-au obținut numai valorile medii ale solicitărilor, prin transfocare putîndu-se obține detalii privitoare la variația acestor mărimi de calcul. Pentru a avea o imagine mai cuprinzătoare despre variația momentelor de încovoiere m_x pe suprafața discului care s-a transfocat, s-au reprezentat variațiile acestora în 8 secțiuni, conduse paralel cu planul $Y=0$. Se constată că saltul cel mai mare în variația

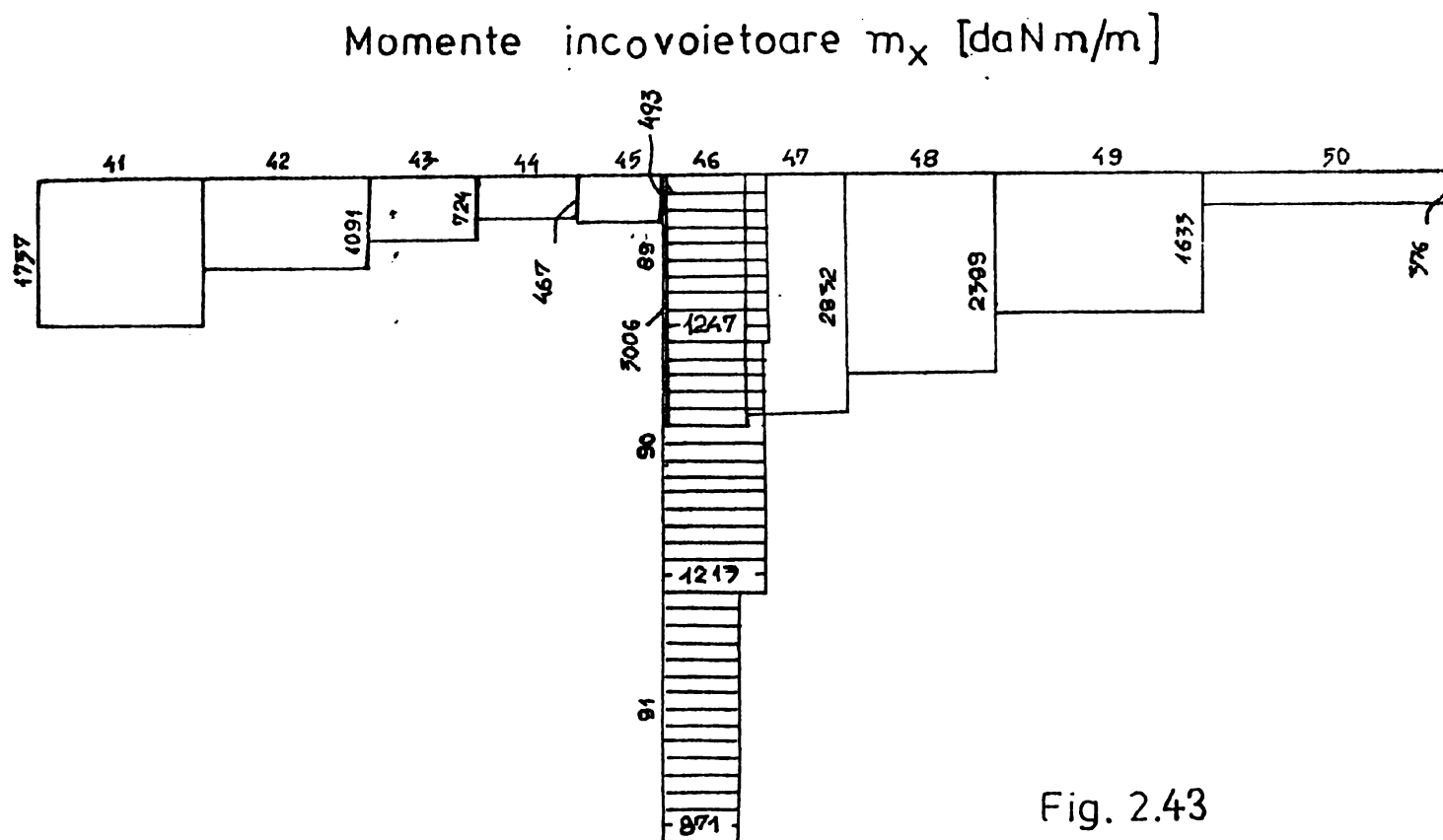


Fig. 2.43

momentului încovoiator se înregistrează în vecinătatea liniei diametrale a discului paralelă cu axa fusurilor (elementele finite Nr. 66, 56 respectiv 26, 16). Valorile tensiunilor, obținute cu mărimile cele mai mari ale acestor momente, nu depășesc tensiunile din zona centrală a discului (cca. 900 da/cm^2).

Rezultatele obținute în cadrul acestui paragraf, privitoare la natura variației momentelor de încovoiere m_x , au condus și la concluzia că trasarea curbei continue a solicitărilor unitare trebuie făcută în așa fel ca să nu se diminueze semnificativ valorile extreme ale acestora; este cazul variației momentelor de încovoiere m_x la care, în special în elementul de rigidizare, la zona de racord cu butucul vanei se obțin valori chiar mai mici decât cele medii. Astfel, de exemplu cu referire

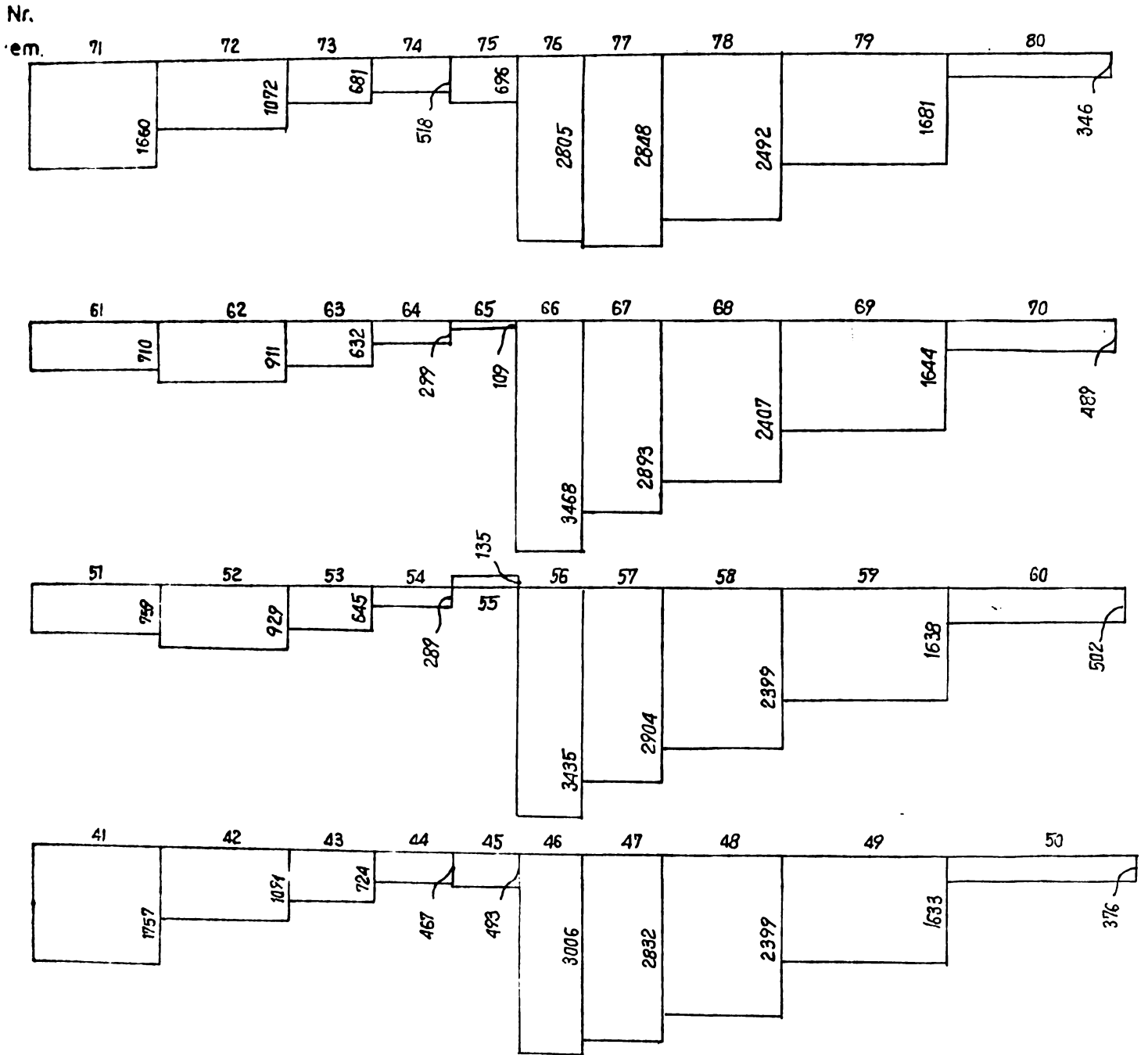


Fig. 2.43 bis

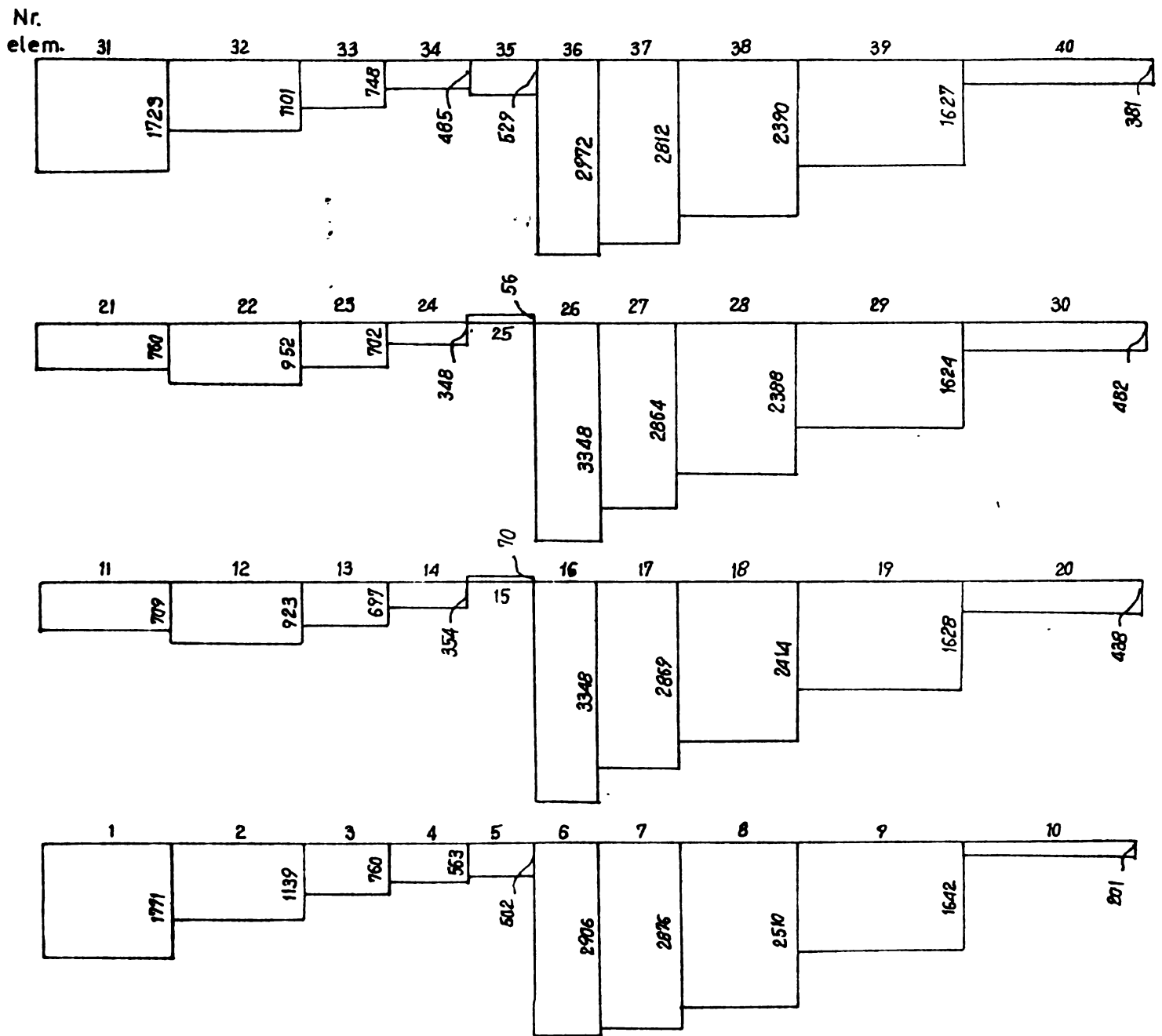


Fig. 2.43 bis
(continuare)

la figura 2.38, discontinuitățile în diagrama de momente, în zone de racord, între elementul de rigidizare și diafragmă, în special în zona elementelor finite Nr.35; 39; 43 sau Nr. 38; 42; 46, ilustrează necesitatea unei investigații similare cu procedeul prezentat în acest paragraf. Din acest motiv curba continuă trasată în fig.2.38 care conduce în zona de racord cu butucul la valori mai mici decât cele medii, a fost substituită cu o variație liniară, prin care s-a putut estima cu aproximație mulțumitoare efectul de concentrare a tensiunilor, fără a se face uz și de această dată de procedeul de transfocare a zonei.

2.3.6. Influența reducerii grosimii unor elemente ale vanei fluture asupra stării de tensiune și deformație.

Avînd în vedere că în vana din figura 2.14, presiunea $p=10 \text{ daN/cm}^2$ a condus la o stare de tensiune respectiv de deformație ce poate fi considerată mult sub limita capacității portante, s-a efectuat un studiu similar cu cel din 2.4 în cazul unor grosimi reduse ale pereților componentei. Astfel, grosimea discului vanei s-a redus de la 50 mm la 40 mm, grosimea diafragmelor și a elementului de rigidizare a fost de asemenea redusă de la 40 mm la 30 mm, toate celelalte dimensiuni geometrice păstrîndu-se identice.

În baza rezultatelor obținute cu metoda elementului finit (utilizînd programul SAP-4), starea de deformație respectiv de eforturi este materializată în fig.2.44-2.52. Deformația vanei este ilustrată în fig.2.44-46. Comparativ cu deformațiile reprezentate în fig.2.23-25 se poate constata că deformațiile au crescut oca. cu 100 %; de asemenea accentuarea inflexiunii în variația deplasărilor w scoate în evidență reducerea rigidității la încovoiere a discului vanei respectiv a elementului de rigidizare astfel încît rolul diafragmelor crește în importanță. Accentuarea acestei inflexiuni se datorește și rigidității butucului a căreui grosime s-a menținut aceeași (60 mm), ceea ce conduce la o creștere a raportului între rigiditatea discului vanei și cea a butucului, respectiv între rigi-

ditatea elementului de rigidizare și cea a butucului în favoarea celui din urmă.

Apreciind însă din punctul de vedere al exploatarei vanei valoarea maximă a deformațiilor obținute, se poate afirma că reducerile importante în grosimile elementelor componente nu împietează asupra condițiilor de funcționare ale vanei.

Din punctul de vedere al stării de eforturi se pot remarca următoarele:

- Distribuția tensiunilor provenite din comportarea de gaibă a discului vanei se menține calitativ neschimbată. Dacă la tensiunile σ_x se poate constata o creștere a valorilor maxime (cu cca 28%), tensiunile σ_y și mai ales tensiunile τ_{xy} înregistrează o creștere neînsemnată (Fig. 2.47-2.49). În ansamblu valorile acestor tensiuni rămân reduse (cea mai mare valoare este $\sigma_x = 128,3 \text{ daN/cm}^2$ în elementul Nr.10).

- În variația momentelor de încovoiere m_x se constată o creștere a valorilor în zona centrală respectiv de racord cu butucul vanei. Astfel în elementul finit Nr.21 momentul m_x a înregistrat o creștere de 28,5 %, rămânând zona cea mai sollicitată. De asemenea se poate constata că saltul în diagramă, pe liniile de racord cu diafragmele, a scăzut vizibil datorită scăderii rigidității la încovoiere a acestora ca urmare a reducerii grosimii lor de la 40 mm la 30 mm.

- Momentele încovoietoare m_y înregistrează o creștere mai importantă în zonele elementelor 21 și 27; trebuie însă remarcat că față de reducerile de dimensiuni ale grosimilor elementelor componente, momentele încovoietoare m_y au crescut în același raport cu care au crescut valorile momentelor m_x .

- În ceea ce privește valorile momentelor de răsucire m_{xy} , acestea au rămas practic aceleași, în zona centrală a discului vanei au scăzut iar în zona de racord cu butucul s-au uniformizat prin reducerea semnificativă a valorilor mai mari (în elementul finit Nr.21 de la 622,1 daN.m/m la 442,1 daN.m/m).

- În elementele de rigidizare din aval, zonele cele mai sollicitate rămân cele din vecinătatea butucului. Astfel în regiunea elementului finit 43 se obține valoarea medie:

$$\sigma_x = 2800 \text{ daN/cm}^2 < \sigma_c = 3650 \text{ daN/cm}^2$$

(Vana fluture 150-80 este confecționată din oțel OCS55 cu $\sigma_c = 3650 \text{ daN/cm}^2$ și $\sigma_r = 5400 \text{ daN/cm}^2$, coeficientul de siguranță fiind $C_c = \frac{\sigma_c}{\sigma_x} = 1,3$).

Deplasări w [cm] la
discul vanei

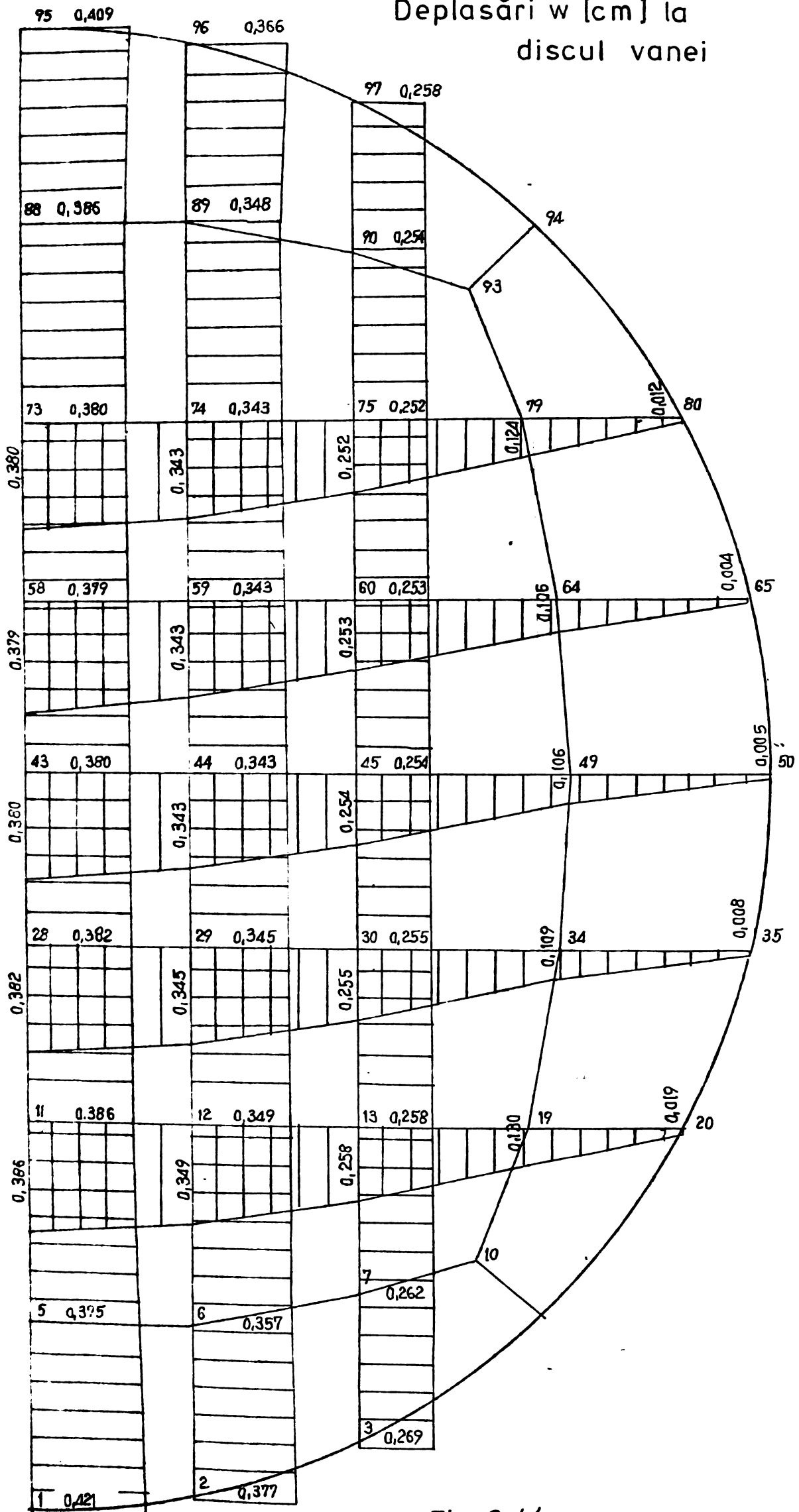


Fig. 2.44

Deplasări w [cm] la elementul
de rigidizare

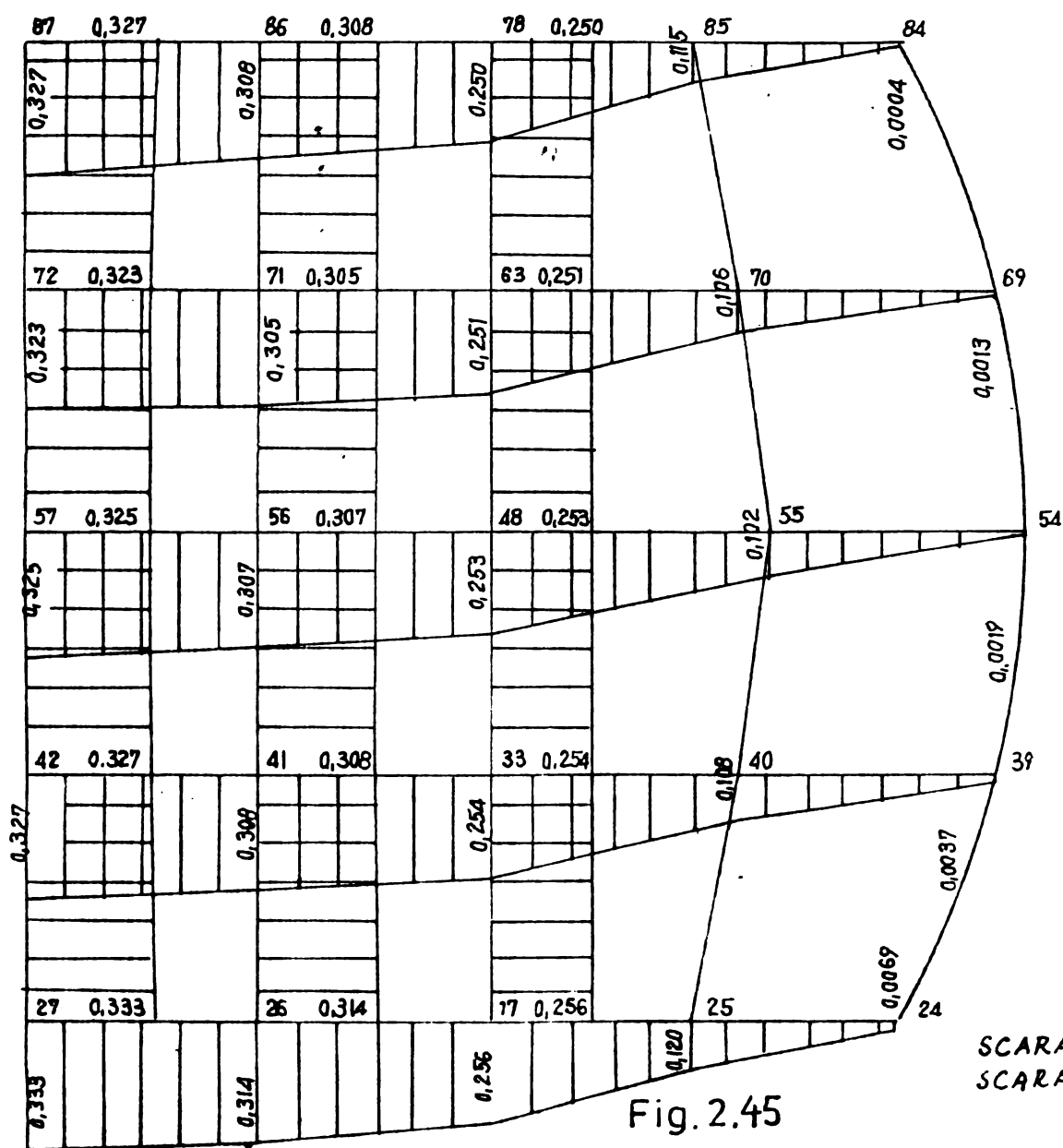


Fig. 2.45

SCARA LUNGIMILOR 1:5
SCARA DEPLAS. 20:1

Deplasări u și w [cm] în secțiunea condusă prin nodurile 43-50

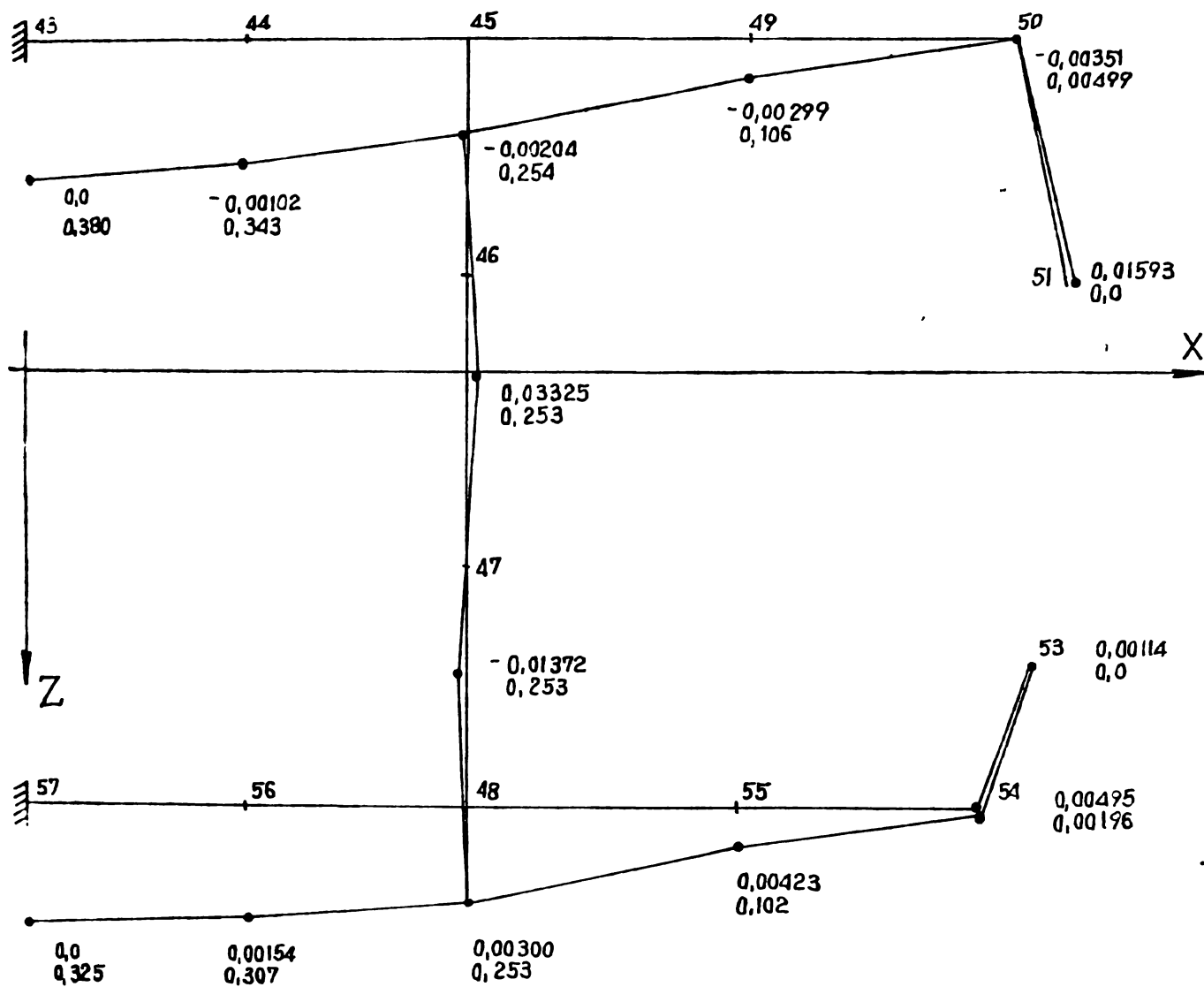


Fig. 2.46

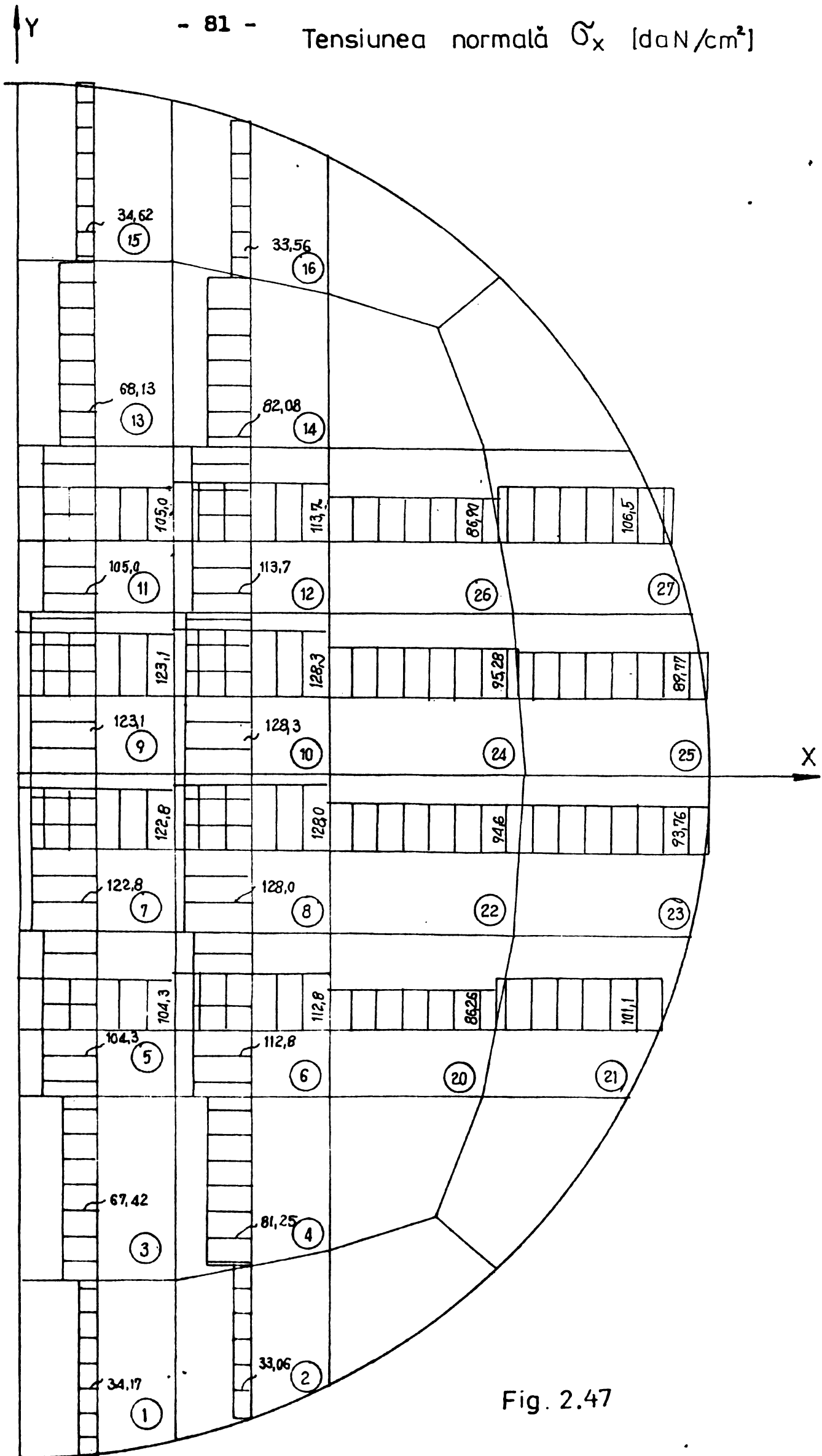


Fig. 2.47

Tensiunea normală σ_y [daN/cm²]

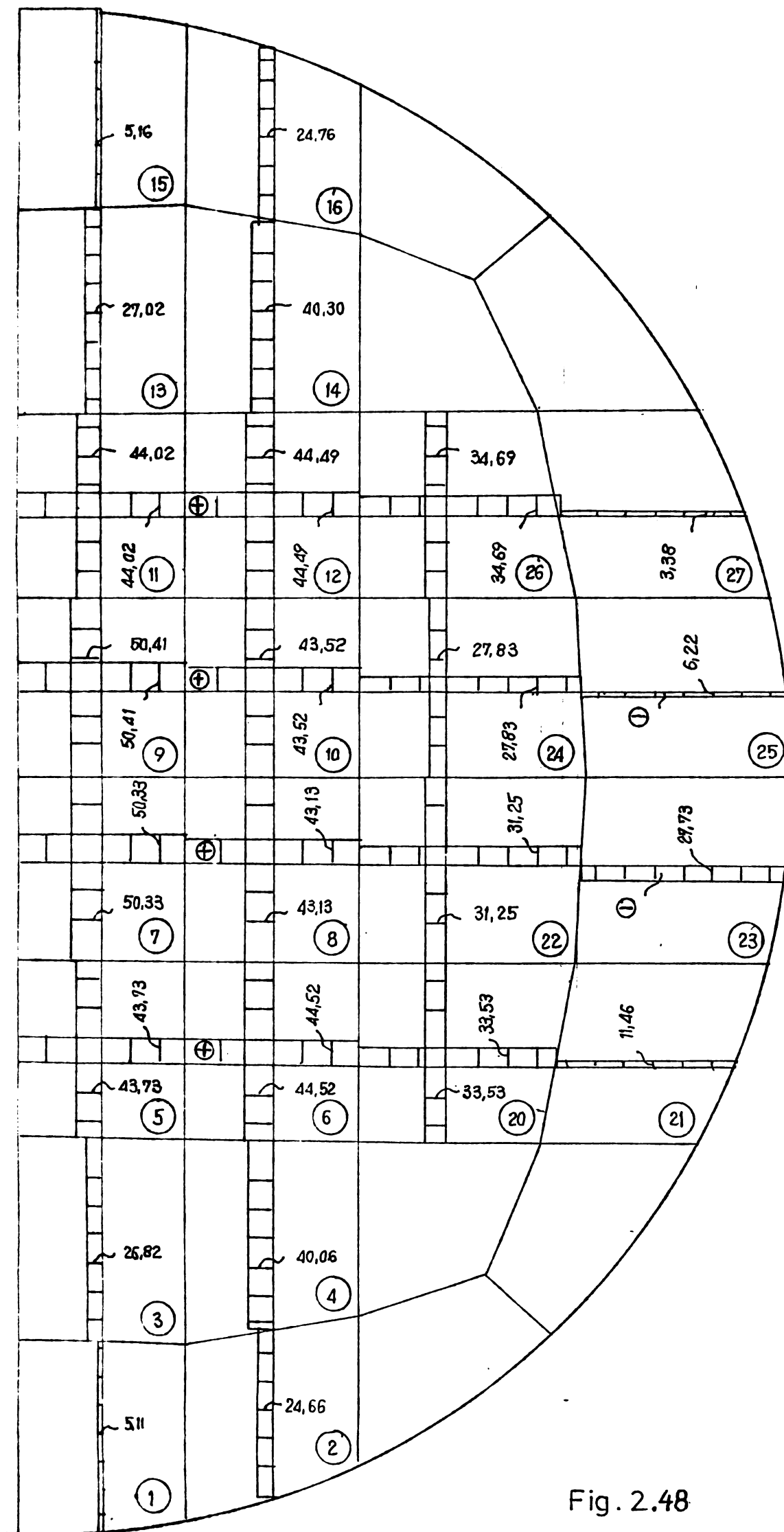


Fig. 2.48

- 83 -
Tensiunea tangențială τ_{xy} [daN/cm²]

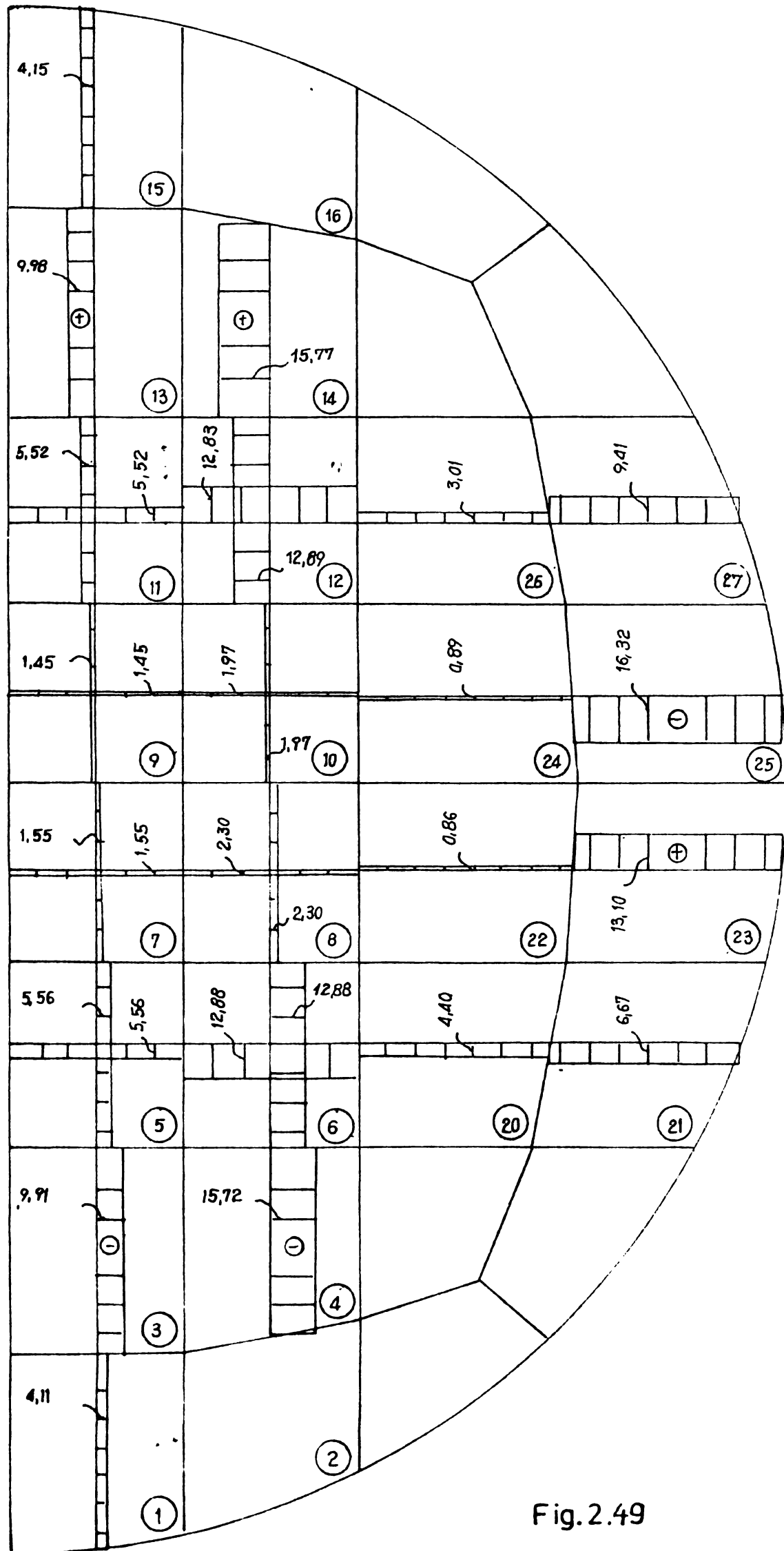


Fig. 2.49

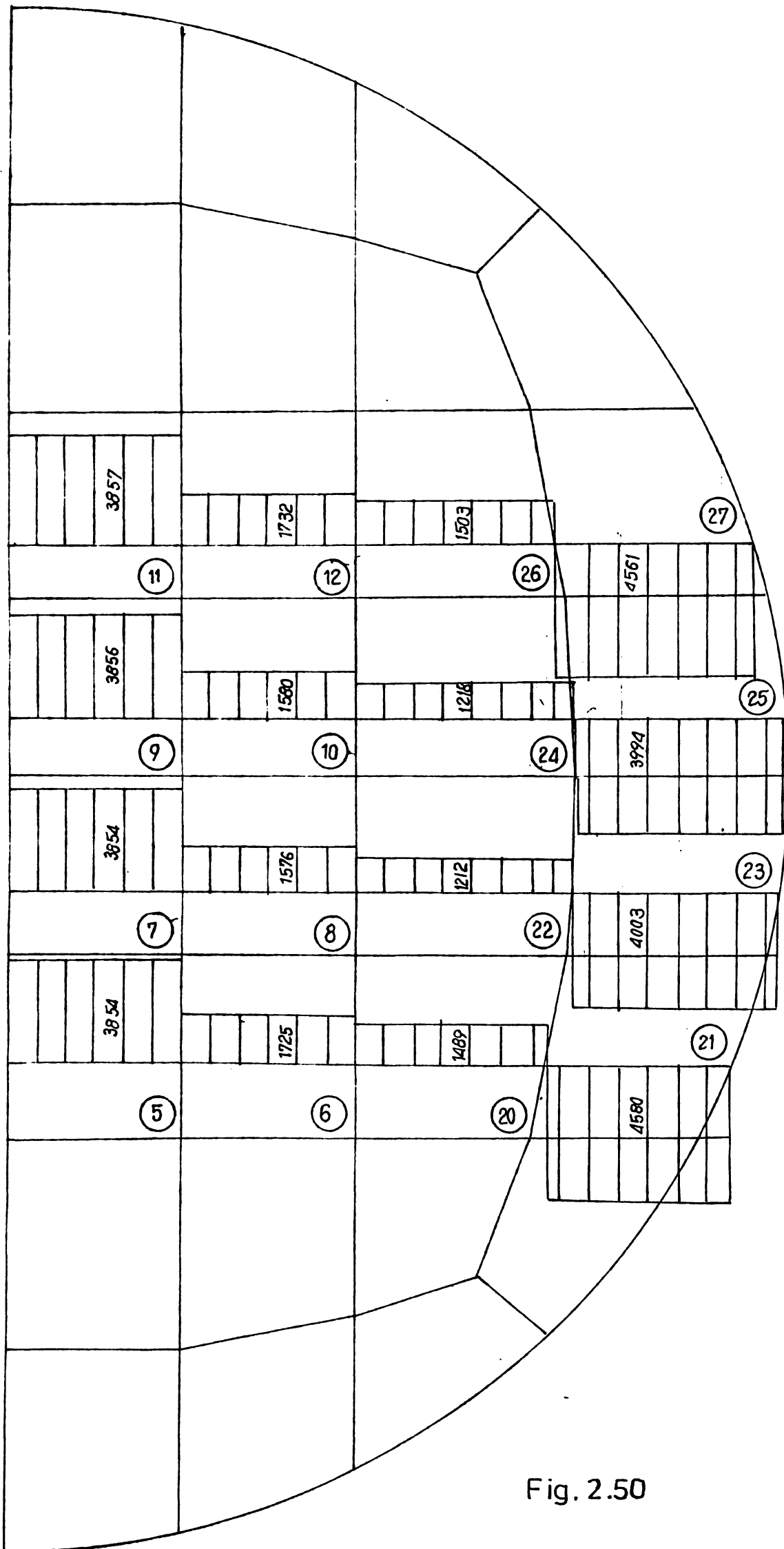


Fig. 2.50

- 85 -
Solicitari unitare m_y [daN·m/m]

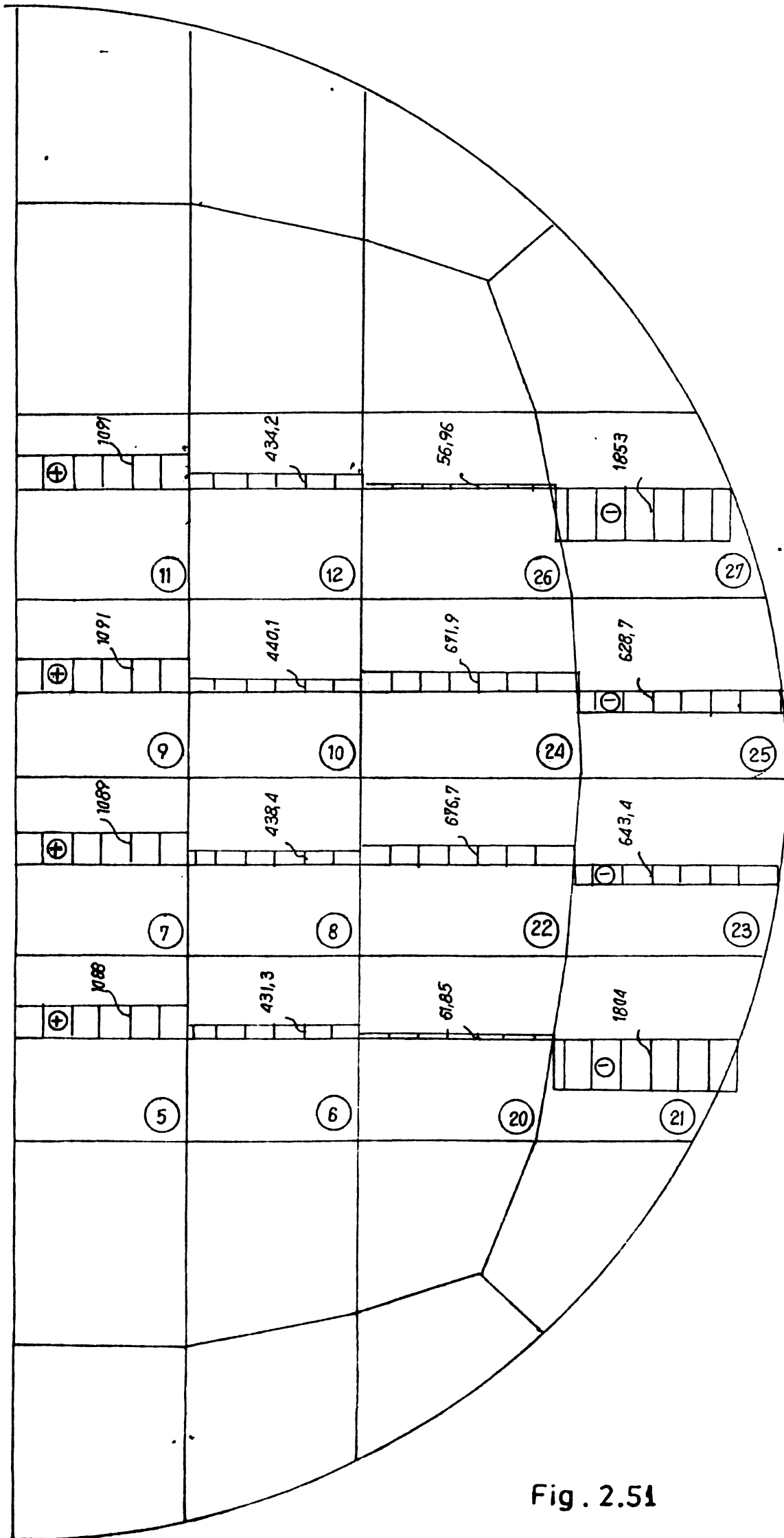


Fig . 2.51

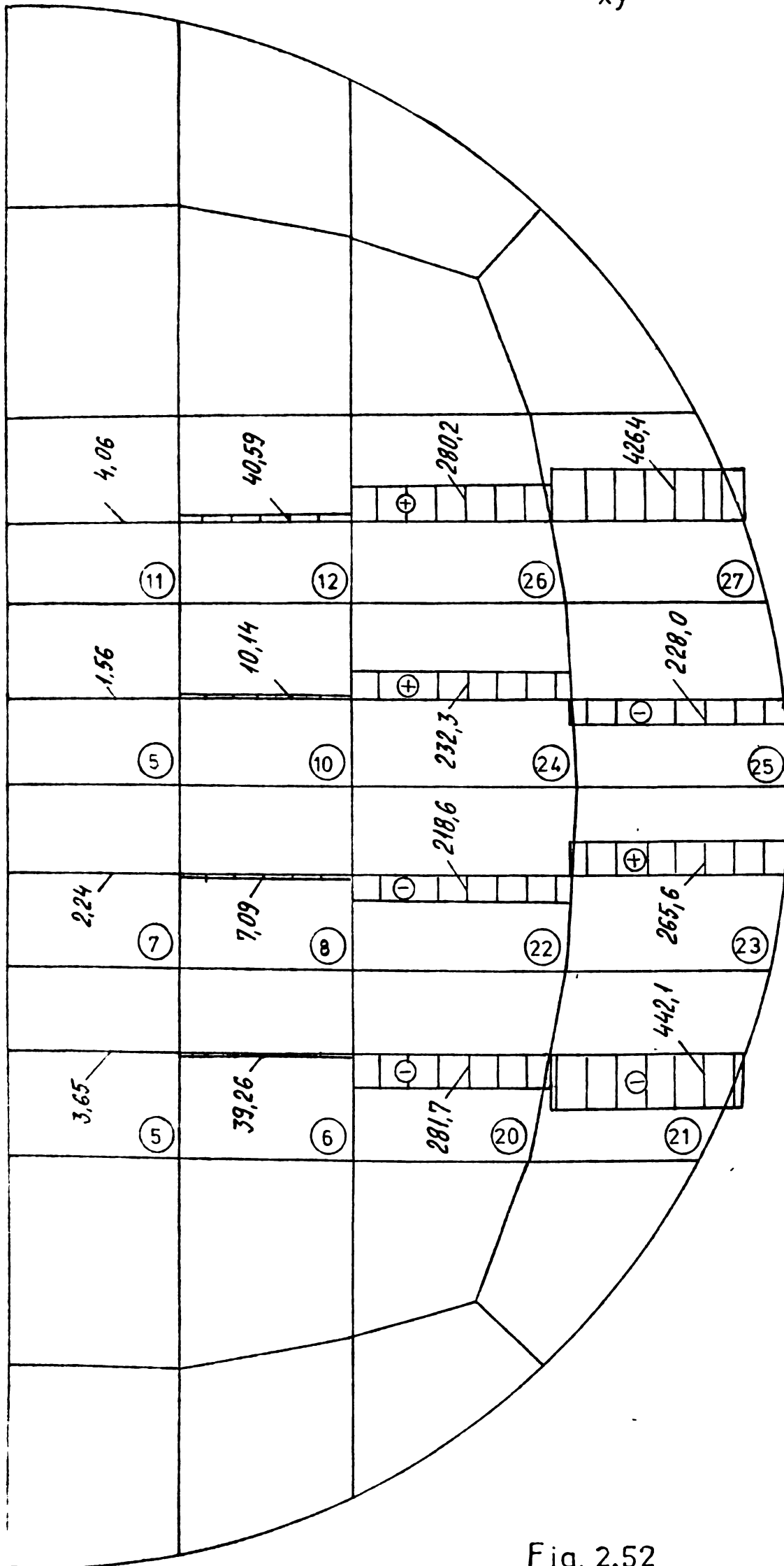


Fig. 2.52

Dacă se procedează însă ca în paragraful 2.3.5, valoarea apreciată a tensiunii normale σ_x depășește limita de curgere. Existența acestei zone reduse ca dimensiune dar puternic solicitată, impune o investigație aparte, de exemplu prin procedeul de transformare, în vederea determinării mai corecte a acestui vîrf de tensiune.

Observațiile formulate mai sus privitoare atât la valorile și distribuțiile tensiunilor în corpul vanei cît și la deformația acesteia conturează justificat ideea că reducerea dimensiunilor de grosime ale elementelor vanei fluture este totuși posibilă fără a prejudicia siguranța în exploatarea acesteia. Fără îndoială, definitivarea dimensiunilor finale va trebui să țină seamă și de criteriile privitoare la tehnologia execuției acestor elemente de închidere.

2.4. Calculul vanei fluture prin asimilarea acesteia cu un cadru plan

2.4.1. Metoda de calcul

Metoda de calcul preconizată este metoda deplasărilor care are la bază caracterizarea geometrică a situației de echilibru elastic din poziția deformată a structurii; în acest scop ca parametri definatorii se aleg deplasările nodurilor. [71].

Ca sistem de bază se alege sistemul avînd legături complete, adică sistemul în care toate deplasările nodurilor sînt împiedicate. În cazul mai general al structurilor cu noduri deplasabile, blocarea nodurilor structurii va avea în vedere atît tendința de rotire a nodurilor cît și gradele de libertate elastică a structurii. În condițiile unui calcul automatizat, unificarea calculului se realizează prin introducerea în calcul a deformabilității axiale a barelor, eliminîndu-se în acest fel deosebiri ce ar surveni în modul de tratare a structurilor cu noduri fixe și a celor cu noduri deplasabile. Pentru structurile plane numărul de necunoscute aduse de fiecare nod este trei, și anume translații după două direcții din planul structurii și o rotire în jurul unei axe normale pe plan (Fig.2.53).

În ceea ce privește încărcarea exterioară, în cazul unor acțiuni aplicate pe barele structurii, acestea se consideră reduse la noduri. Astfel, inversele eforturilor de încastrare perfectă (Fig.2.54) M_{jk} și T_{jk} în extremitatea j și M_{kj} și T_{ki} în extremitatea k vor reprezenta acțiunea barei încărcate

asupra nodurilor de la capetele sale. În acest mod, structura va fi încărcată numai în noduri; la sfârșitul calculului la eforturile E obținute din calcul se adaugă valorile eforturilor de încastrare perfectă \mathcal{E} obținându-se valorile finale E_{total}

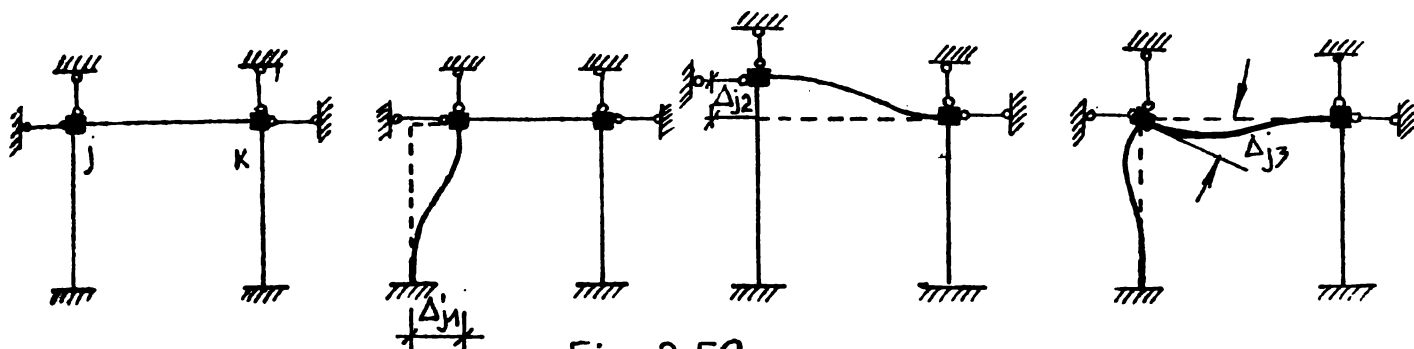


Fig. 2.53

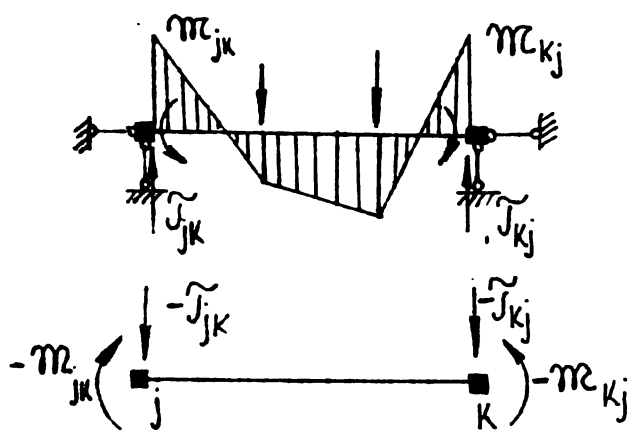


Fig. 2.54

Ecuațiile de condiție ale metodei deplasărilor vor rezulta din exprimarea echilibrului fiecărui nod aflat sub acțiunea încărcărilor și a eforturilor din barele ce concurează la nod.

Privind structura ca un ansamblu de bare prinse rigid între ele în noduri, este necesar să se cunoască pe de o parte interdependența între eforturile din bare și deplasările impuse de la extremitățile acestora și pe de altă parte să se precizeze regulile în baza

căroră să fie realizată ansamblarea barelor în structură pe baza condițiilor de echilibru ale nodurilor.

Pentru studiul barei se adoptă de obicei sistemul de axe propriu al acesteia, definind în raport cu acesta eforturile și deplasările de la cele două extremități. În figura 2.55 sînt ilustrate aceste mărimi, în cazul unei bare drepte ale unei structuri plane, în cazul raportării la sistemul de axe propriu (simboluri barate) și la sistemul general de axe al structurii (simboluri nebarate). Semnele convențional pozitive ale eforturilor și deplasărilor de la capetele barei corespund unor orientări ale acestor mărimi în sensul pozitiv al axelor respective. Cu notațiile de mai ^{sus} condiția de echilibru a barei poate fi scrisă sub forma

$$\bar{t}_{j k} \bar{E}_j + \bar{E}_k = 0 \quad \text{respectiv} \quad t_{j k} E_j + E_k = 0 \quad (2.59 - 60)$$

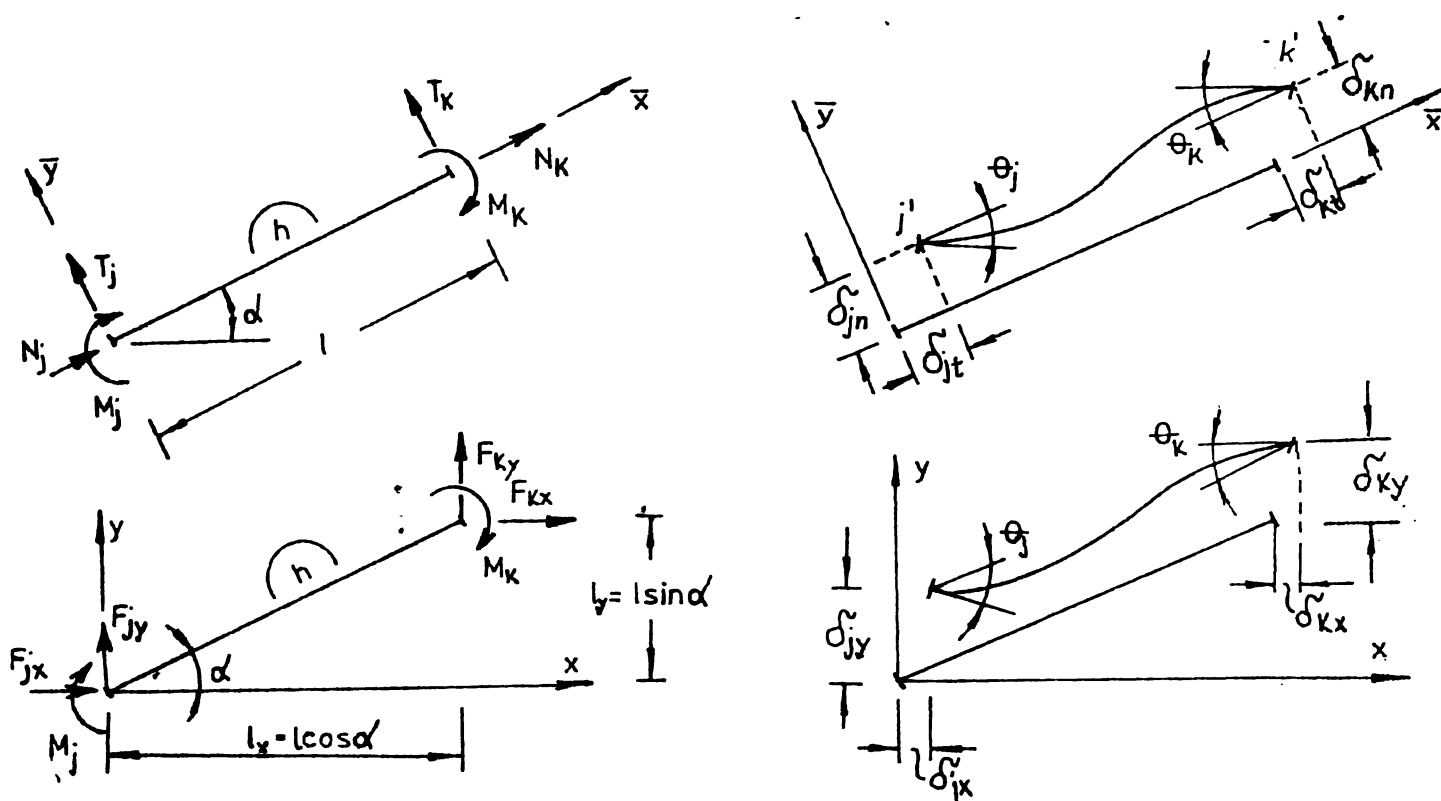


Fig. 2.55

în care

$$\bar{t}_{j k} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & l & 1 \end{bmatrix} \quad \text{și} \quad t_{j k} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -l_y & l_x & 1 \end{bmatrix} \quad (2.61 - 62)$$

reprezintă matricile de trecere de la extremitatea j la extremitatea k.

Trecerea de la sistemul de axe al structurii la sistemul de axe al barei se face pentru eforturile E_j , de la extremitatea j, cu relația

$$\bar{E}_j = A_o E_j \quad (2.63)$$

și pentru deplasările D_j , ale aceleiași extremități, cu relația

$$\bar{D}_j = A_o D_j \quad (2.64)$$

unde:

$$A_o = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.65)$$

este matricea de transformare corespunzătoare rotirii sistemului de axe.

Pentru o bară h, relațiile de mai sus devin

$$\bar{\mathbf{E}}_h = \mathbf{A} \mathbf{E}_h \quad ; \quad \bar{\mathbf{D}}_h = \mathbf{A} \mathbf{D}_h \quad (2.66)$$

unde s-a notat cu

$$\bar{\mathbf{E}}_h = \begin{Bmatrix} \bar{\mathbf{E}}_j \\ \bar{\mathbf{E}}_k \end{Bmatrix}; \quad \mathbf{E}_h = \begin{Bmatrix} \mathbf{E}_j \\ \mathbf{E}_k \end{Bmatrix}; \quad \bar{\mathbf{D}}_h = \begin{Bmatrix} \bar{\mathbf{D}}_j \\ \bar{\mathbf{D}}_k \end{Bmatrix}; \quad \mathbf{D}_h = \begin{Bmatrix} \mathbf{D}_j \\ \mathbf{D}_k \end{Bmatrix} \quad (2.67)$$

matricele cuprinzând ansamblul eforturilor de capăt respectiv a deplasărilor de capăt, iar cu

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_o & \mathbf{o} \\ \mathbf{o} & \mathbf{A}_o \end{bmatrix} \quad (2.68)$$

matricea globală de transformare a sistemului de referință.

Intre eforturile de capăt și deplasări se pot scrie relațiile:

$$\bar{\mathbf{E}}_j = \bar{r}_{jj} \bar{\mathbf{D}}_j + \bar{r}_{jk} \bar{\mathbf{D}}_k \quad ; \quad \bar{\mathbf{E}}_k = \bar{r}_{kj} \bar{\mathbf{D}}_j + \bar{r}_{kk} \bar{\mathbf{D}}_k \quad (2.69-70)$$

sau sub o formă globală, pentru bara h.

$$\bar{\mathbf{E}}_h = \bar{\mathbf{r}}_h \bar{\mathbf{D}}_h \quad (2.71)$$

unde cu:

$$\bar{\mathbf{r}}_h = \begin{bmatrix} \bar{r}_{jj} & \bar{r}_{jk} \\ \bar{r}_{kj} & \bar{r}_{kk} \end{bmatrix} \quad (2.72)$$

s-a notat matricea de rigiditate a barei, avînd dimensiunile 6 x 6, definită în sistemul local de axe; în sistemul general de axe se poate scrie o relație asemănătoare cu (2.71) și anume

$$\mathbf{E}_h = \mathbf{r}_h \mathbf{D}_h \quad (2.73)$$

Matricea \mathbf{r}_h se obține plecînd de la matricea $\bar{\mathbf{r}}_h$, fie prin stabilirea separată a celor patru submatrice, fie direct prin utilizarea matricei de transformare (2.68). Acest ultim procedeu, avînd la bază relațiile (2.66) poate fi urmărit în cele ce urmează:

$$\bar{\mathbf{E}}_h = \bar{\mathbf{r}}_h \bar{\mathbf{D}}_h = \mathbf{A} \mathbf{E}_h = \bar{\mathbf{r}}_h \mathbf{A} \mathbf{D}_h$$

sau preînmulțind cu $\mathbf{A}^{-1} = \mathbf{A}^T$ rezultă

$$A^{-1} AE_h = A^T \bar{r}_h AD_h$$

adică

$$E_h = r_h D_h$$

unde s-a notat cu

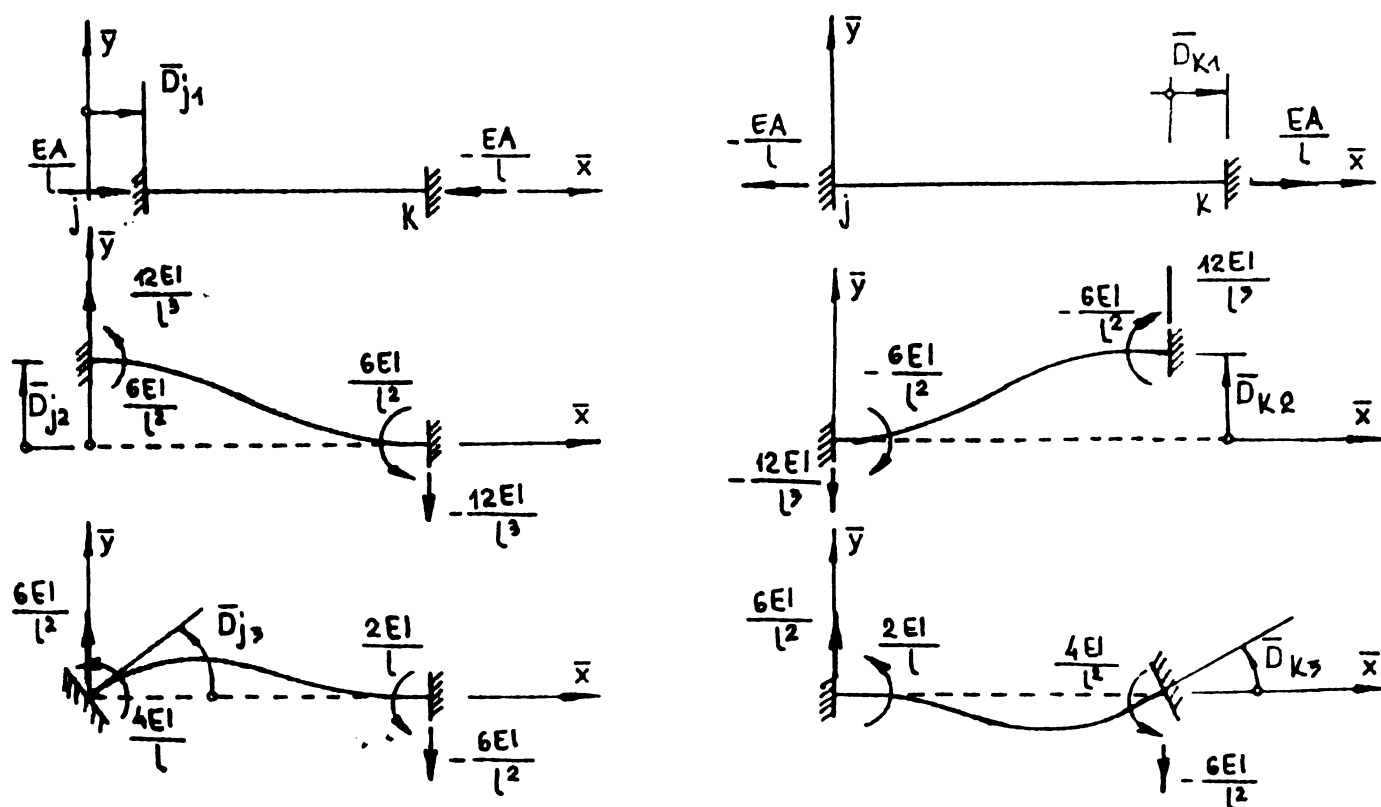
$$r_h = A^T \cdot \bar{r}_h A \quad (2.74)$$

matricea de rigiditate a barei raportată la sistemul general de axe.

În cazul unei bare drepte din cadrul unei structuri plane încărcate în planul său, elementele matricei de rigiditate

$$\bar{r}_h = \begin{bmatrix} \frac{EA}{l} & 0 & 0 & -\frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} & 0 & -\frac{12EI}{l^3} & \frac{6EI}{l^2} \\ 0 & \frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} & 0 & -\frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} \\ -\frac{EA}{l} & 0 & 0 & \frac{EA}{l} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} & 0 & \frac{12EI}{l^3} & -\frac{6EI}{l^2} \\ 0 & \frac{6EI}{l^2} & \frac{2EI}{l} & 0 & -\frac{6EI}{l^2} & \frac{4EI}{l} \end{bmatrix} \quad (2.75)$$

se pot regăsi în figura 2.56



Pentru exprimarea condiției de compatibilitate se egalează deplasările extremităților barelor i, h, \dots , care concură într-un nod j cu deplasarea Δ_j a nodului însuși

$$D_j^{(i)} = D_j^{(h)} = \dots = \Delta_j \quad (2.76)$$

În acest fel vectorii D_j pot fi înlocuiți cu Δ_j care, așa cum s-a arătat la începutul paragrafului, reprezintă chiar necunoscutele geometrice nedeterminate.

Îngălind în continuare rezultanta eforturilor de la extremitățile barelor concurente în nod cu rezultanta acțiunilor aplicate în acel nod se obțin ecuațiile de condiție de forma

$$\sum E_j^{(h)} = P_j \quad (2.77)$$

în care

$$E_j^{(h)} = r_{jj}^{(h)} \Delta_j + r_{jk}^{(h)} \Delta_k \quad (2.78)$$

Scriind pentru toate nodurile structurii, o ecuație de tipul (2.77) se obține un sistem de ecuații liniare

$$R \cdot \Delta = P \quad (2.79)$$

în care R reprezintă matricea de rigiditate a întregii structurii Δ vectorul tuturor necunoscutelor și P vectorul acțiunilor aplicate în noduri. Prin rezolvarea sistemului (2.80) se obțin deplasările nodurilor structurii.

În ceea ce privește alcătuirea matricei de rigiditate R aceasta se realizează prin **asamblarea pentru fiecare bară** care leagă două noduri, cele patru submatrice corespunzătoare. Întrucât în această operație nu este făcută nici o deosebire între nodurile propriu-zise și cele de reazem, matricea R conține și elemente care corespund unor deplasări împiedicate, prin care această matrice rezultă singulară. Eliminarea acestei situații se face în maniera descrisă la paragraful 2.3.1. Odată cunoscute deplasările nodurilor, eforturile de la extremitățile barei h se obțin după cum urmează:

$$\begin{Bmatrix} \bar{E}_j \\ \bar{E}_k \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \bar{e}_j \\ \bar{e}_k \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} r_{jj} & r_{jk} \\ r_{kj} & r_{kk} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_o & o \\ o & A_o \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta_j \\ \Delta_k \end{Bmatrix} \quad (2.80)$$

2.4.2. Schematizarea structurii vanei.

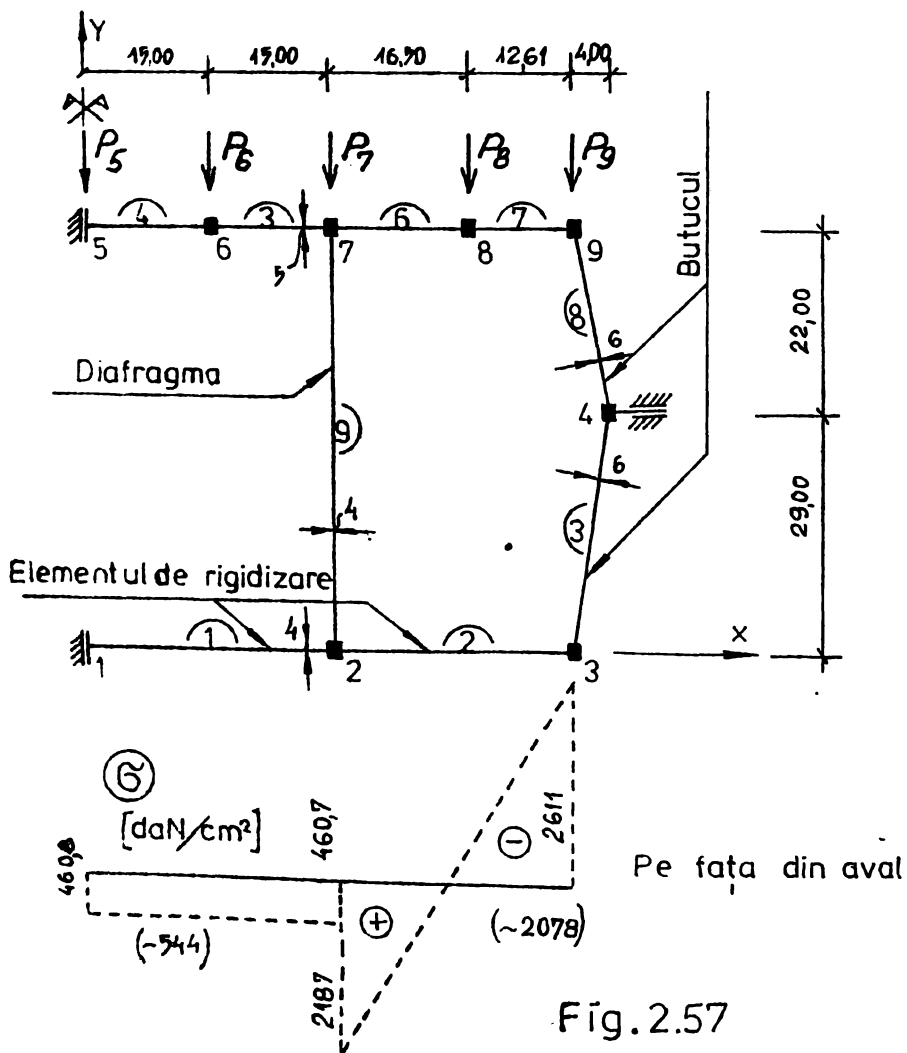
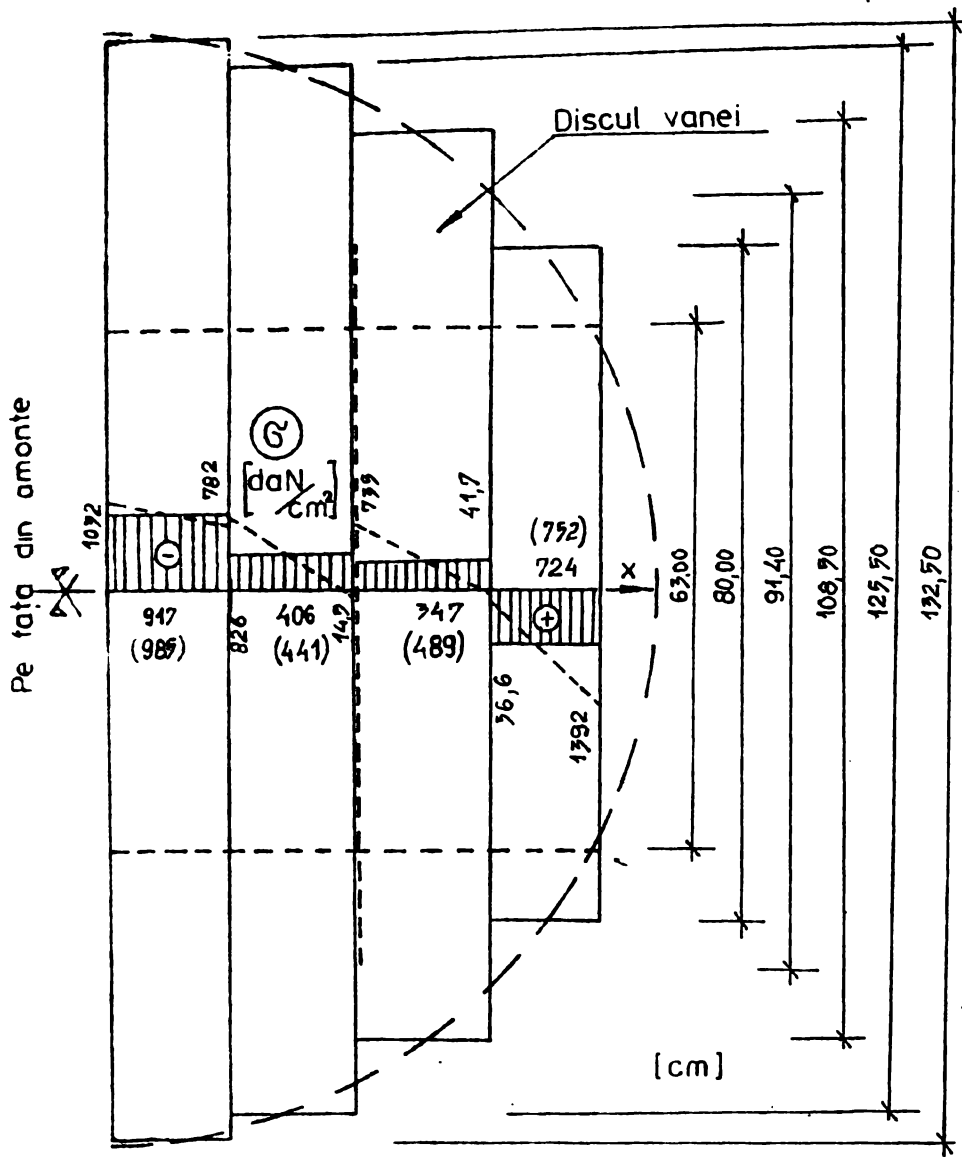
În baza concluziilor formulate în paragrafele 2.3.3 și 2.3.4. privitoare la deformația vanei fluture din figura 2.2 și starea de eforturi a acesteia, vana se schematizează cu un cadru avînd noduri deplasabile (Fig.2.57-59). Lungimea barelor rezultă din menținerea constantă, pe lungimea respectivă, a momentului de inerție. Acțiunea exterioară, provenită din presiunea hidrostatică uniform distribuită pe discul vanei, este concentrată în noduri prin forțele concentrate aferente acestora. Admițînd că în planul acestor forțe sînt plasate și reazemele din dreptul fusurilor, rezultă calculul plan al cadrului.

Pentru calcul discretizarea s-a făcut numai pentru o jumătate a vanei, avînd în vedere simetria geometrică și mecanică a structurii. Astfel în figura 2.57 este ilustrat cadrul echivalent, la care discul a fost modelat prin patru bare, butucul și elementul de rigidizare prin cîte două bare iar diafragma printr-o singură bară. Lungimea barelor 4, 5, 6 și 7 este dictată pe de o parte de poziția diafragmei și pe de altă parte de extensia spre disc a butucului. Pentru butuc s-au preconizat două bare (8 și 3) înclinația lor fiind dată de poziția nodului derezemare (4), deoarece suprafața sferică a butucului a fost echivalată cu o suprafață prismatică. Lățimea diafragmei fiind variabilă, pentru calcul s-a admis o lățime medie de 91,4 cm. În ceea ce privește natura rezemărilor, nodurile 1 și 5 sînt încastrări mobile pe direcția axei Y (din motivele de simetrie amintite) iar nodului 4 îi este permisă numai translația pe direcția axei X.

În figura 2.58 numărul elementelor finite a fost majorat, atît la elementul de rigidizare cît și la diafragmă pentru a se înlesni trasarea deformației cadrului la aceste elemente.

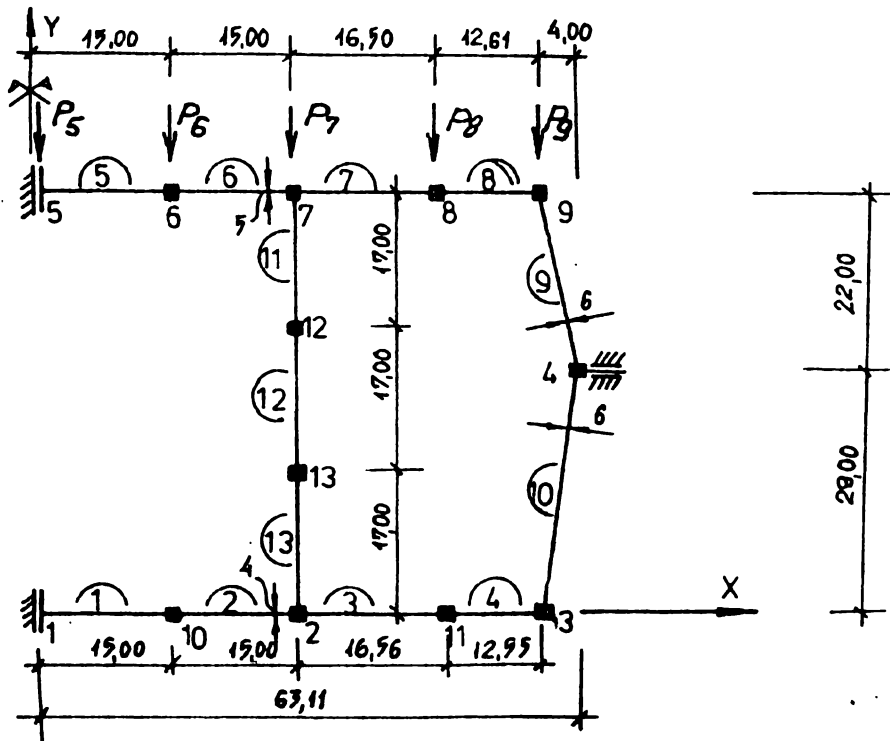
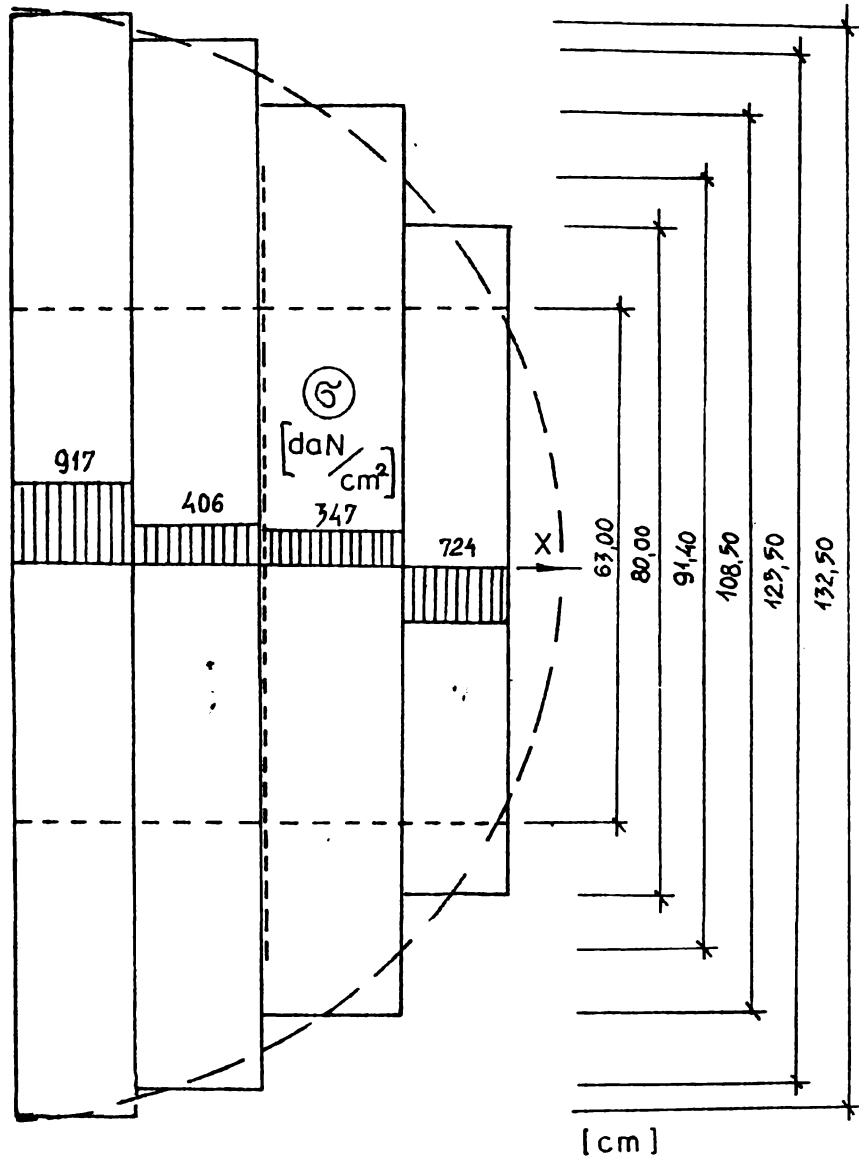
Discretizarea din figura 2.59 se deosebește de precedentele prin prezența barei frînte 9, 10, 11, 12 rezemarea nodului 4 fiind împinsă la abscisa corespunzătoare marginii discului ($x_4 = 67$ cm).

Figura 2.60 reprezintă cadrul echivalent al vanei studiate în lucrare în ipoteza diafragmelor înclinate. În acest calcul



Scara: 1:10

Fig.2.57



Score: 1:10

Fig. 2.58

momentele de inerție ale barelor 7,8 și 9 care modelează diafragma, sînt diferite dar constante între două noduri vecine.

Referitor la modelul de calcul din figura 2.57 în tabelul 2.9 sînt înserate caracteristicile geometrice ale secțiunilor transversale ale barelor iar în tabelul 2.10 forțele concentrate din noduri.

Tabel 2.9 .

Bara	A [cm ²]	I [cm ⁴]
1	63 x 4 = 252	$\frac{1}{12} 63 \times 4^3 = 336,0$
2	63 x 4 = 252	$\frac{1}{12} 63 \times 4^3 = 336,0$
3	63 x 6 = 378	$\frac{1}{12} 63 \times 6^3 = 1134,0$
4	132,5 x 5 = 662,5	$\frac{1}{12} 132,5 \times 5^3 = 1380,2$
5	125,5 x 5 = 627,5	$\frac{1}{12} 125,5 \times 5^3 = 1307,3$
6	108,5 x 5 = 542,5	$\frac{1}{12} 108,5 \times 5^3 = 1130,2$
7	80 x 5 = 400	$\frac{1}{12} 80 \times 5^3 = 833,3$
8	63 x 6 = 378	$\frac{1}{12} 63 \times 6^3 = 1134,0$
9	91,4 x 4 = 365,6	$\frac{1}{12} 91,4 \times 4^3 = 487,5$

Tabelul 2.10

Modul	P [daN]
5	132,5 x 7,5 x 10 \cong 9940
6	(132,5 x 7,5 + 125,5 x 7,5) 10 \cong 19350
7	(125,5 x 7,5 + 108,5 x 8,25) 10 \cong 18360
8	(108,5 x 8,25 + 80 x 6,30) 10 \cong 13990
9	80 x 6,30 x 10 + ($\pi \cdot 67^2 \cdot 10 - 66680$) \cong 8873

2.4.3. Algoritm, program de calcul automat al cadrului

Algoritmul programului de calcul poate fi urmărit în principiu pe schema logică bloc a programului care coincide chiar cu programul principal al acestuia. Astfel, fiind concepute patru segmente importante, calculul începe prin introducerea tuturor datelor necesare, aceste date referindu-se atît la definirea

geometrică a structurii cât și la elementele legate de acțiunea exterioară. Partea esențială o constituie alcătuirea sistemului de ecuații în necunoscutele deplasări ale nodurilor. Algoritmul acestui segment de program este clădit pe aspectele prezentate în paragraful 2.4.2 și anume:

- sînt generate matricele de rigiditate \bar{r} și matricea de transformare A pentru fiecare bară a structurii.
- se precizează poziția fiecărui element al matricei \bar{r} în cadrul matricei R efectuînduse operația de asamblare.
- în funcție de rezemarea structurii se procedează la eliminarea gradelor de libertate de corp rigid, utilizînd procedeul descris succint în paragraful 2.3.1.

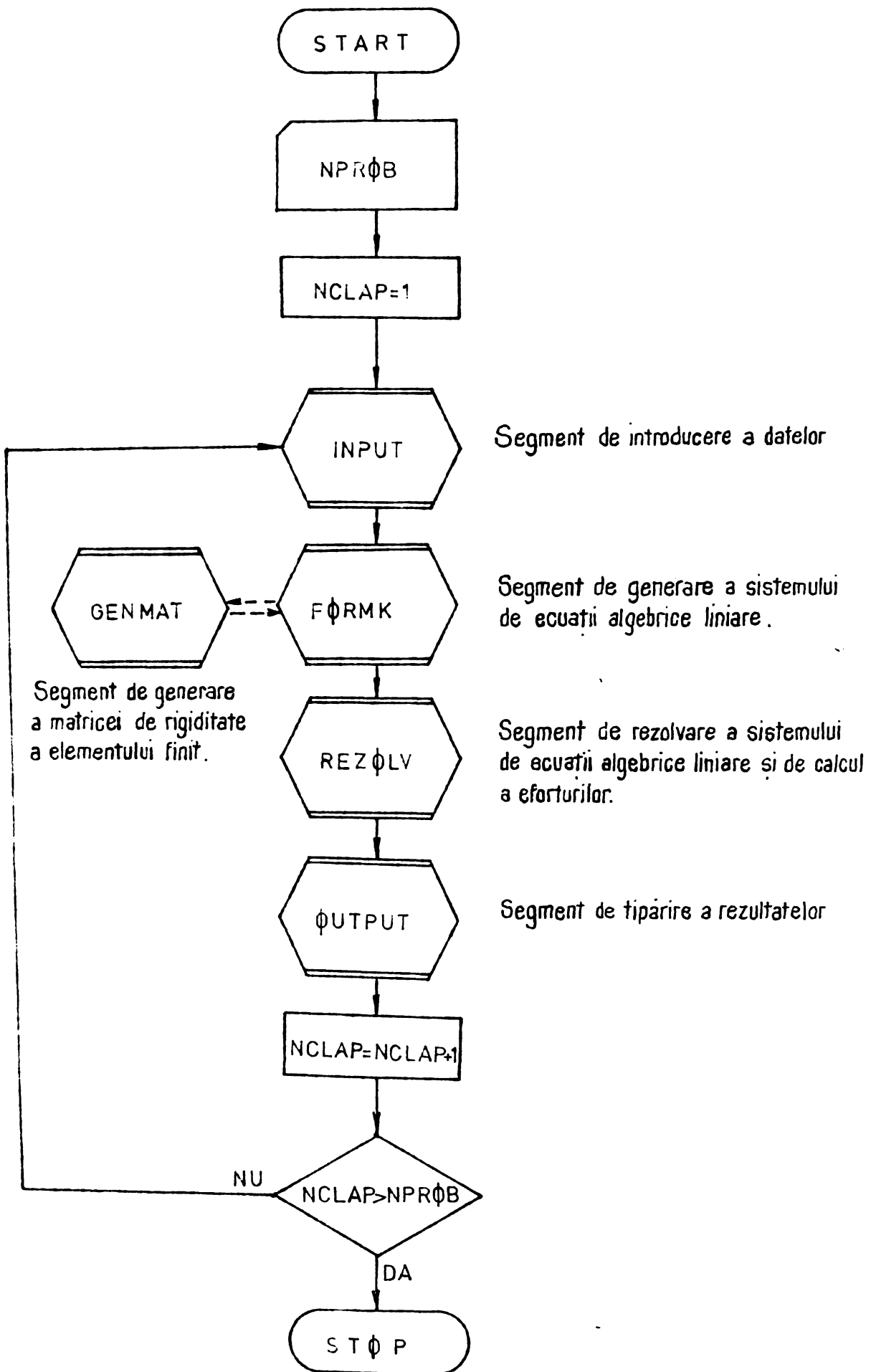
Cel de al treilea segment îl reprezintă rezolvarea sistemului de ecuații algebrice și apoi calculul eforturilor de la extremitățile tuturor barelor.

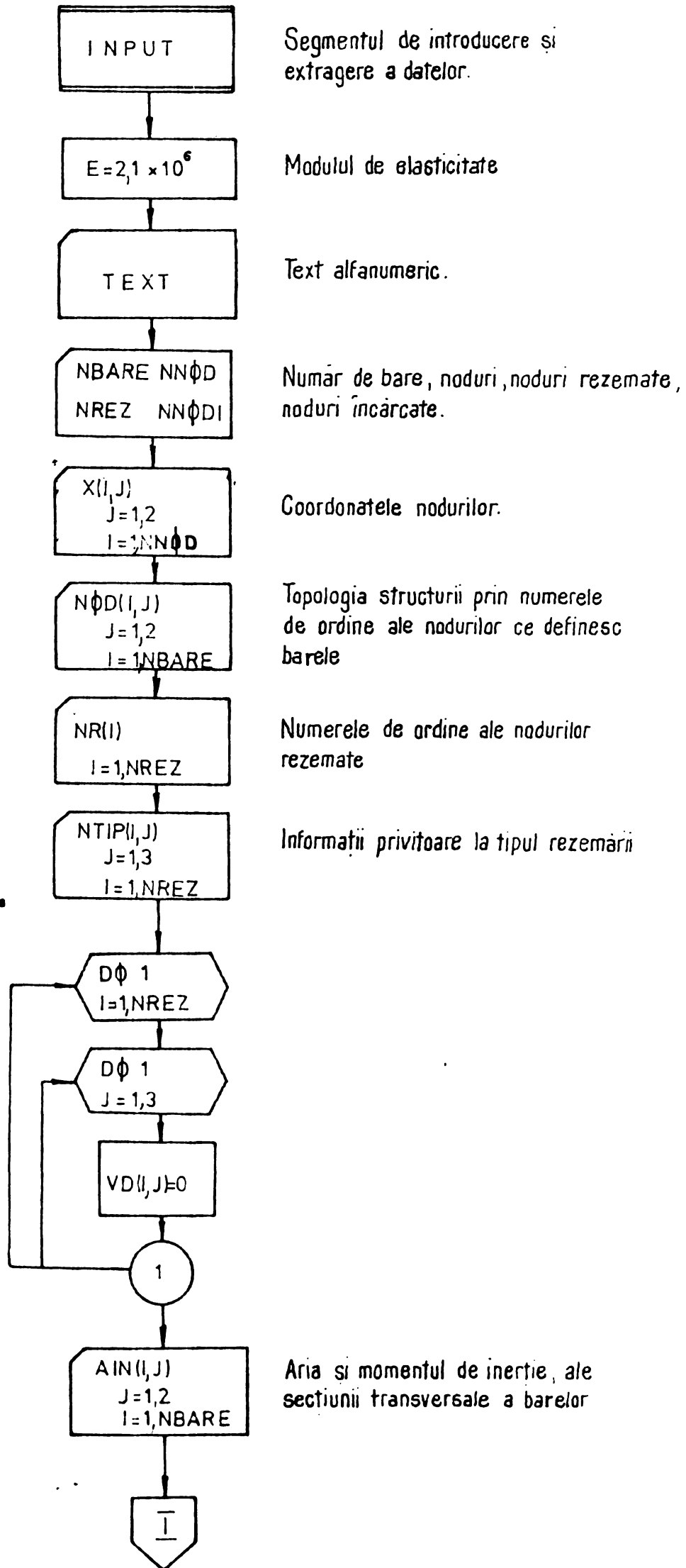
Prin tipărirea rezultatelor calculelor în cadrul celui de al patrulea segment, (deplasările nodurilor și eforturilor de la extremitățile barelor) calculul este încheiat.

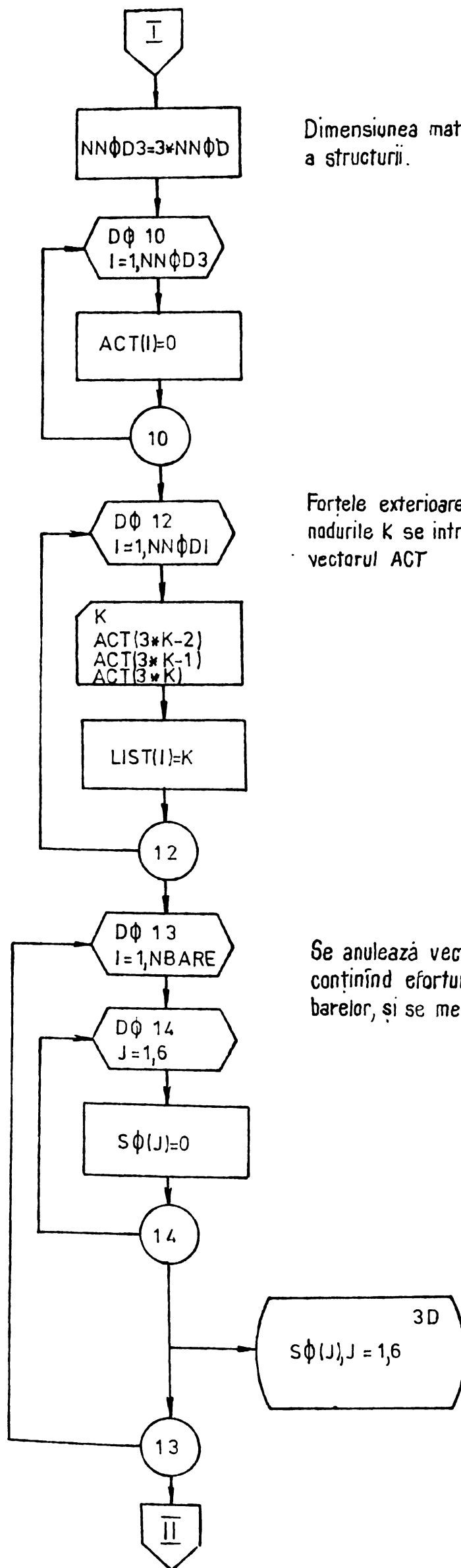
În organigrama detaliată a programului, prezentată în continuare, se pot urmări toate etapele calculului descrise mai sus. Semnificația variabilelor utilizate în segmentul de introducere a datelor este următoarea:

NPRØB	Numărul de structuri ce se rezolvă
NCLAP	Contor pentru numărarea structurilor calculate
E	Modulul de elasticitate
TEXT	Tablou ce cuprinde un text extins pe cele 80 coloane ale cartei
NEARE	Numărul de bare ale structurii
NNØD	Numărul de noduri ale structurii
NREZ	Numărul de noduri rezemate
NNØDI	Numărul de noduri încărcate
X	Tablou conținînd coordonatele x și y ale celor NNØD noduri, în ordinea numerotării nodurilor.
POD	Tablou conținînd numerele de ordine ale nodurilor ce definesc cele NEARE bare, în ordinea numerotării lor.
NR	Numerele de ordine ale nodurilor rezemate
RTIP	Tablou boolean pentru caracterizarea rezemării: valoarea 0 caracterizează o deplasare liberă, valoarea 1 o deplasare împiedicată. Fiecărui nod rezemat i se atribuie un triplet de asemenea valori avînd în vedere cele trei grade de libertate ale nodurilor.

PROGRAMUL PRINCIPAL



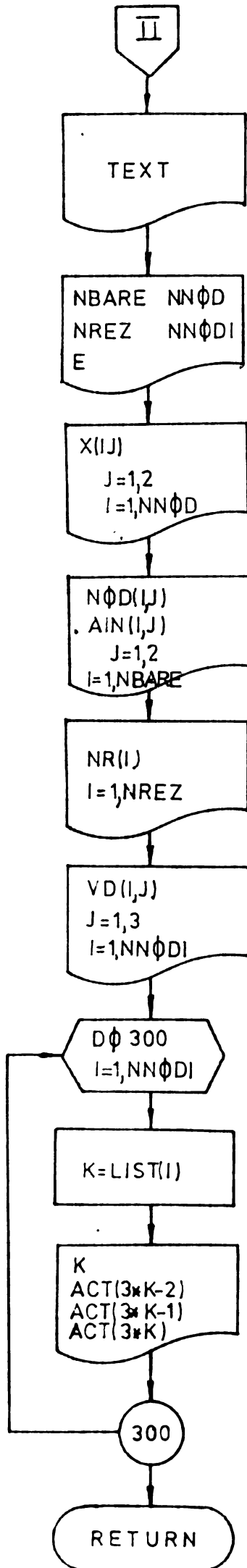




Dimensiunea matricei de rigiditate a structurii.

Forțele exterioare aplicate în nodurile K se introduc în vectorul ACT

Se anulează vectorul SΦ conținând eforturile de la extremitățile barelor, și se memorează în fișierul 3.



Segmentul de generare a sistemului de ecuatii algebrice liniare.

Se anulează matricea de rigiditate a structurii.

J1 nodul din stînga barei II
K1 nodul din dreapta barei II

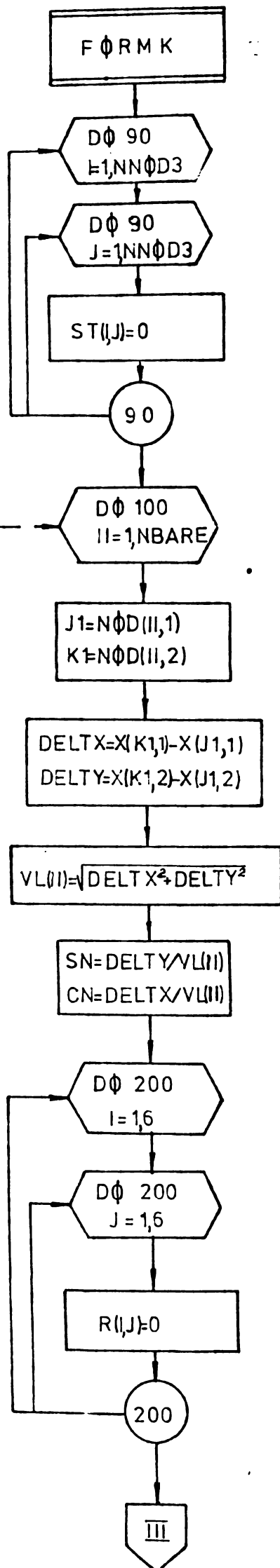
Diferențele de coordonate ale nodurilor ce definesc bara.

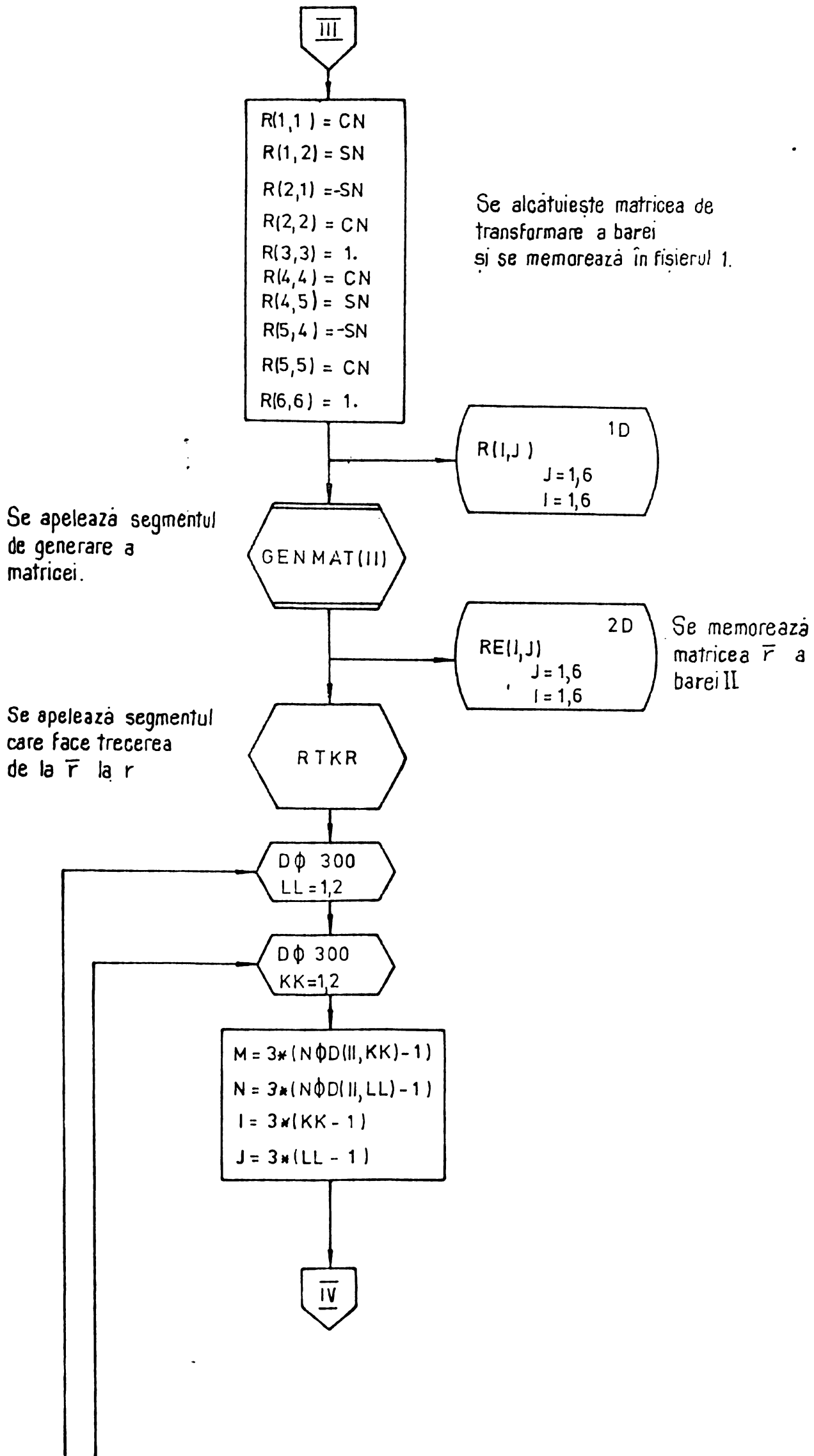
Lungimea barei II

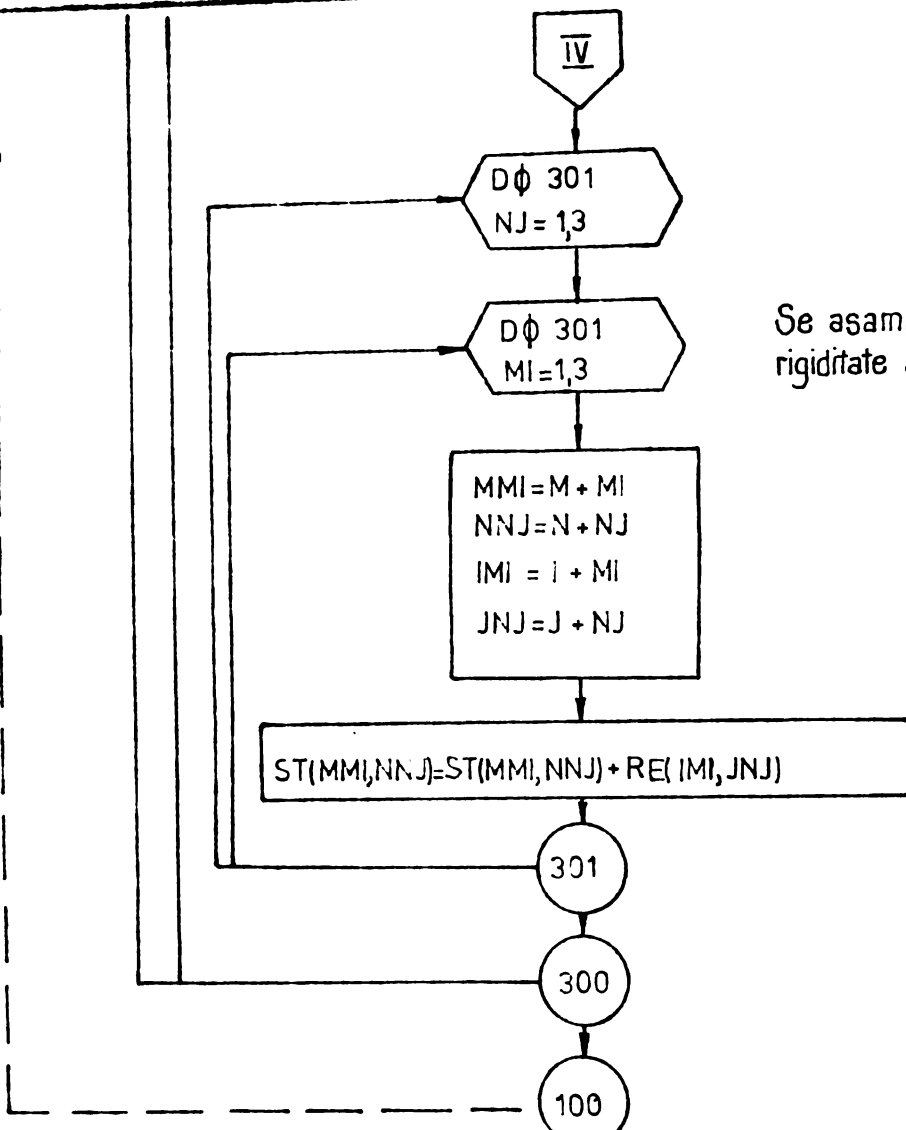
Sin α
Cos α

Se anulează matricea de transformare pentru bara II

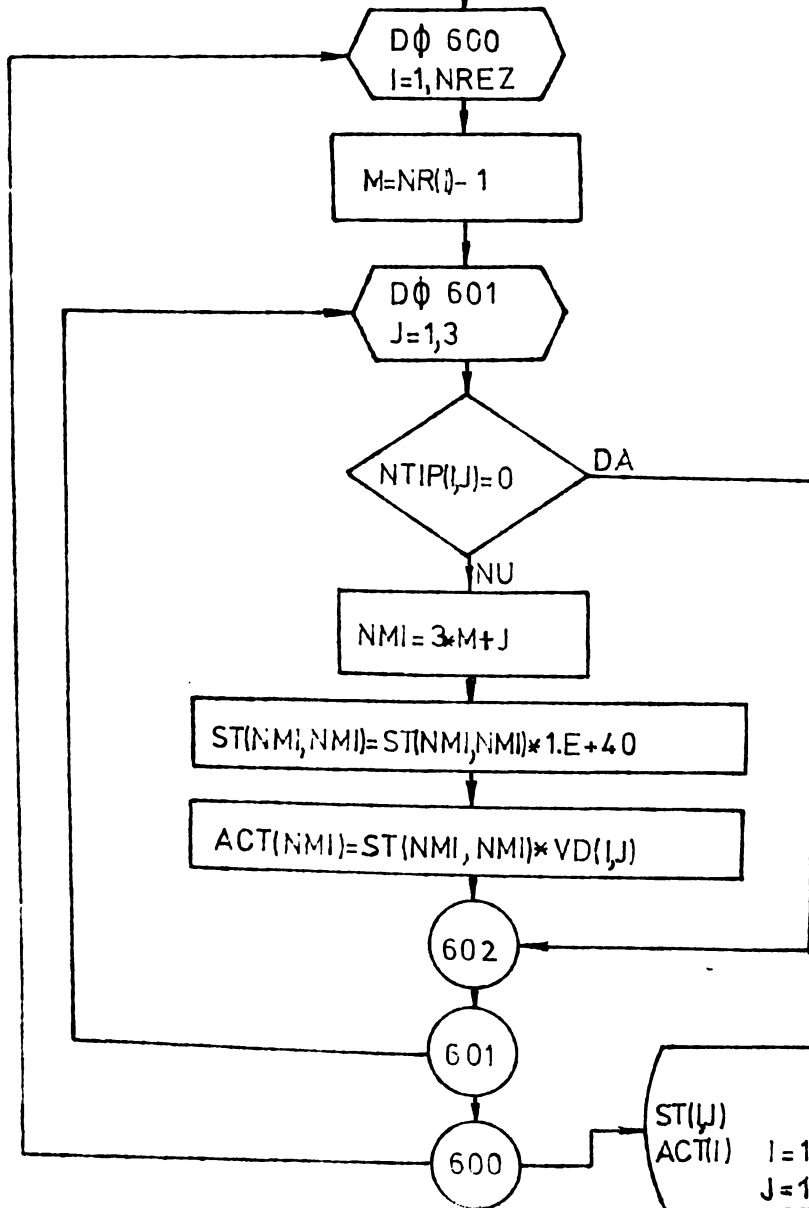
Ciclu pe numărul de bare al structurii



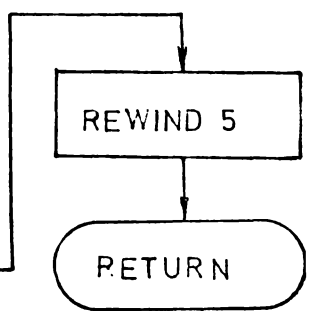
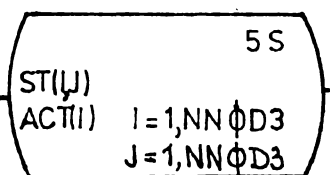




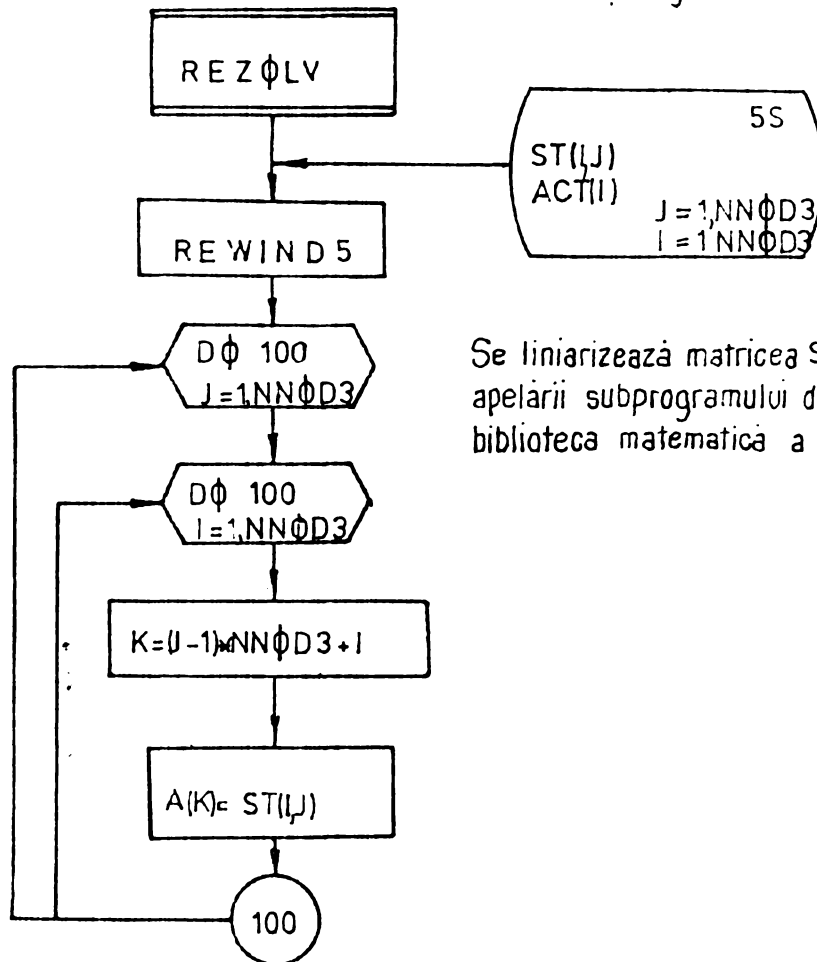
Se assemblează matricea de rigiditate a structurii.



Se anulează gradele de libertate de corp rigid, memorînd matricea coeficienților necunoscutelor și termenii liberi ai sistemului în fișierul 5



Segmentul de rezolvare a sistemului de ecuatii algebrice liniare.



5S
ST(I,J)
ACT(I)
J=1,NNØD3
I=1,NNØD3

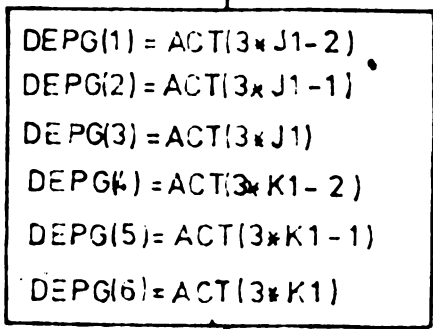
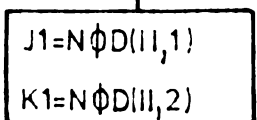
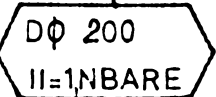
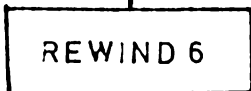
Se liniarizează matricea ST în vederea apelării subprogramului de rezolvare din biblioteca matematică a sistemului.



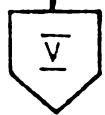
Se apelează subprogramul RESOL

6S
ACT(I)
I=1,NNØD3

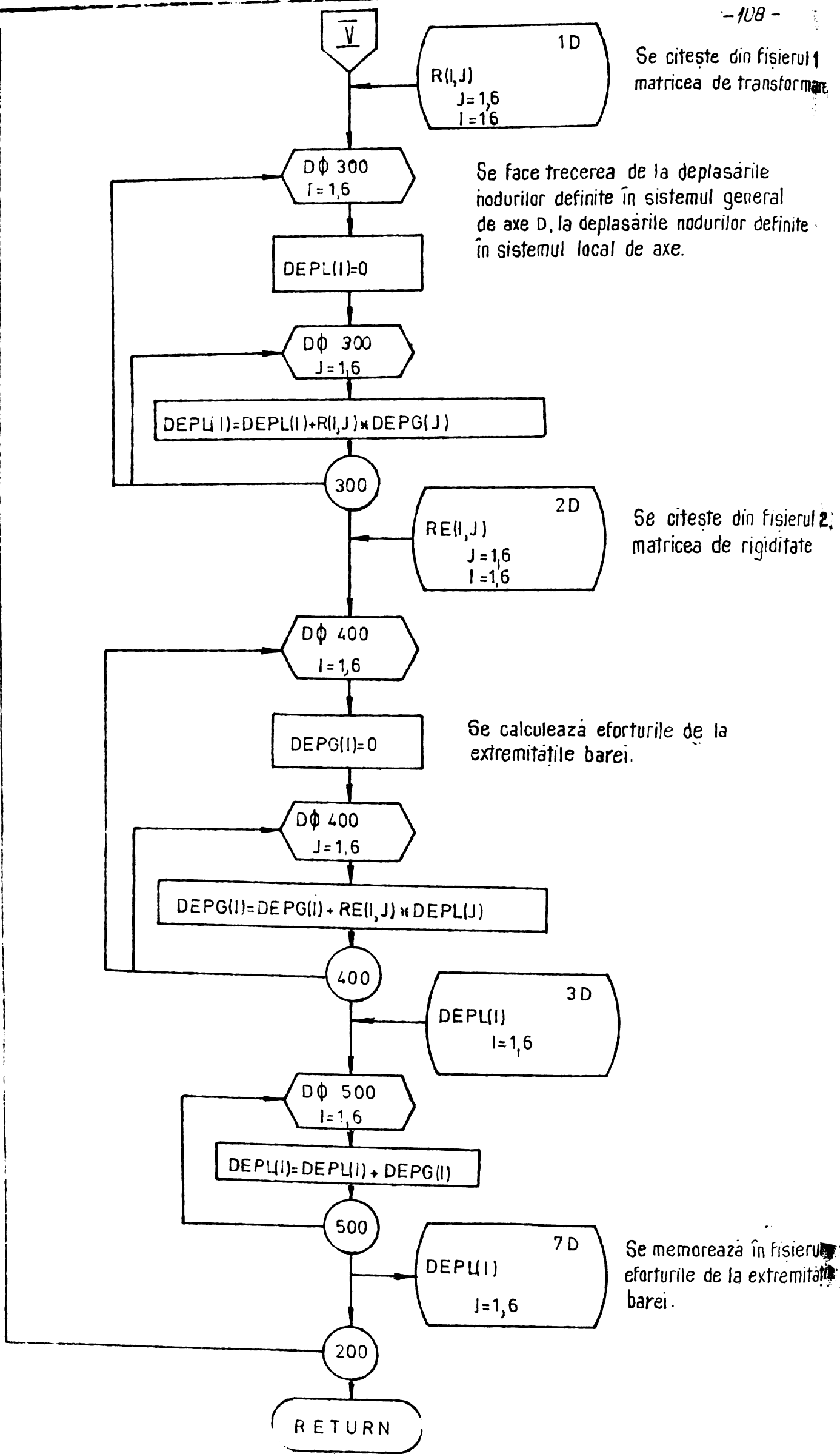
Se memorează soluțiile sistemului (deplasările nodurilor) în fișierul 6.



Transfer al deplasărilor nodurilor din ACT în DEPG



Ciclu pe barele structurii



Se citește din fișierul 1 matricea de transformare

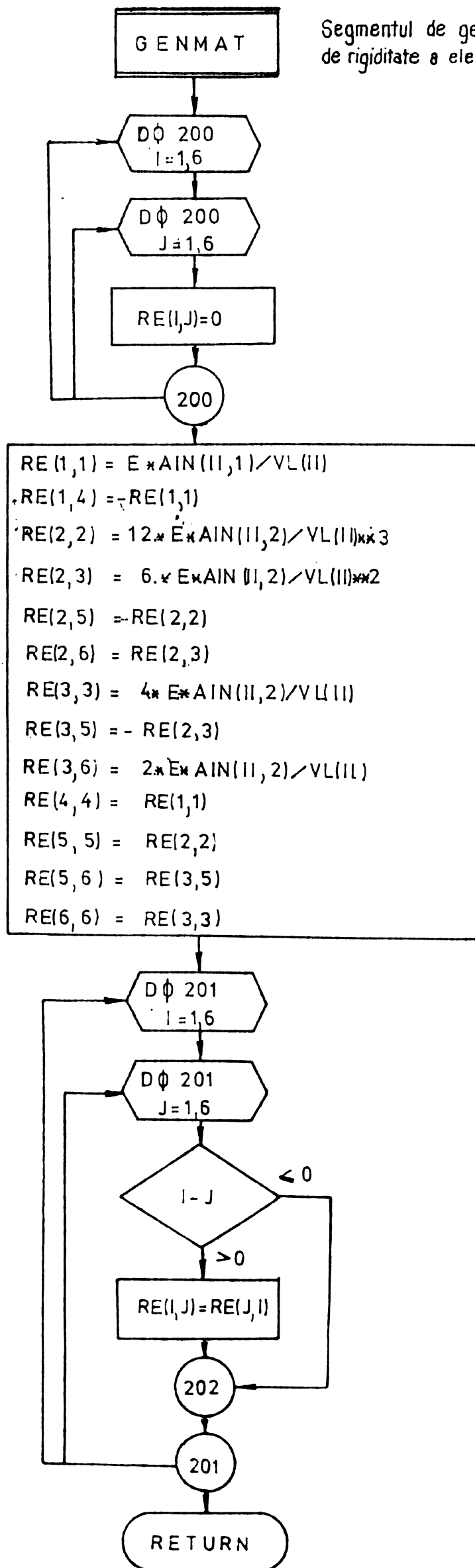
Se face trecerea de la deplasările nodurilor definite în sistemul general de axe D, la deplasările nodurilor definite în sistemul local de axe.

Se citește din fișierul 2 matricea de rigiditate

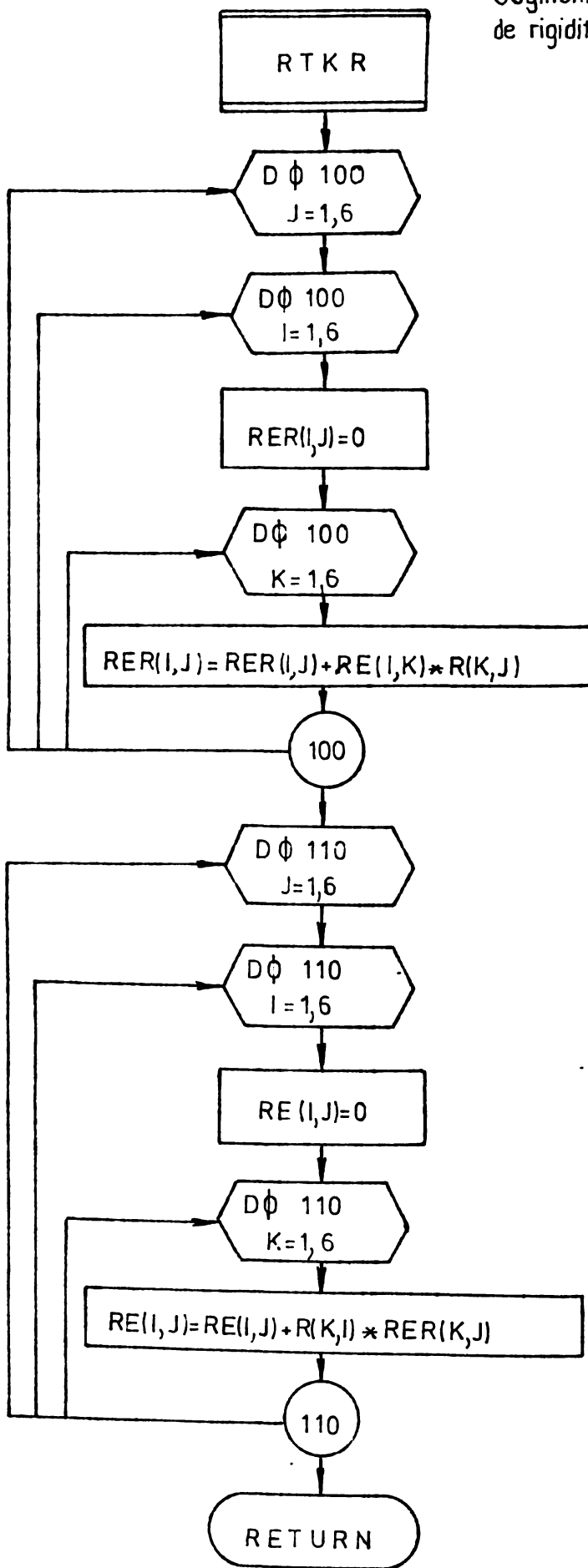
Se calculează eforturile de la extremitățile barei.

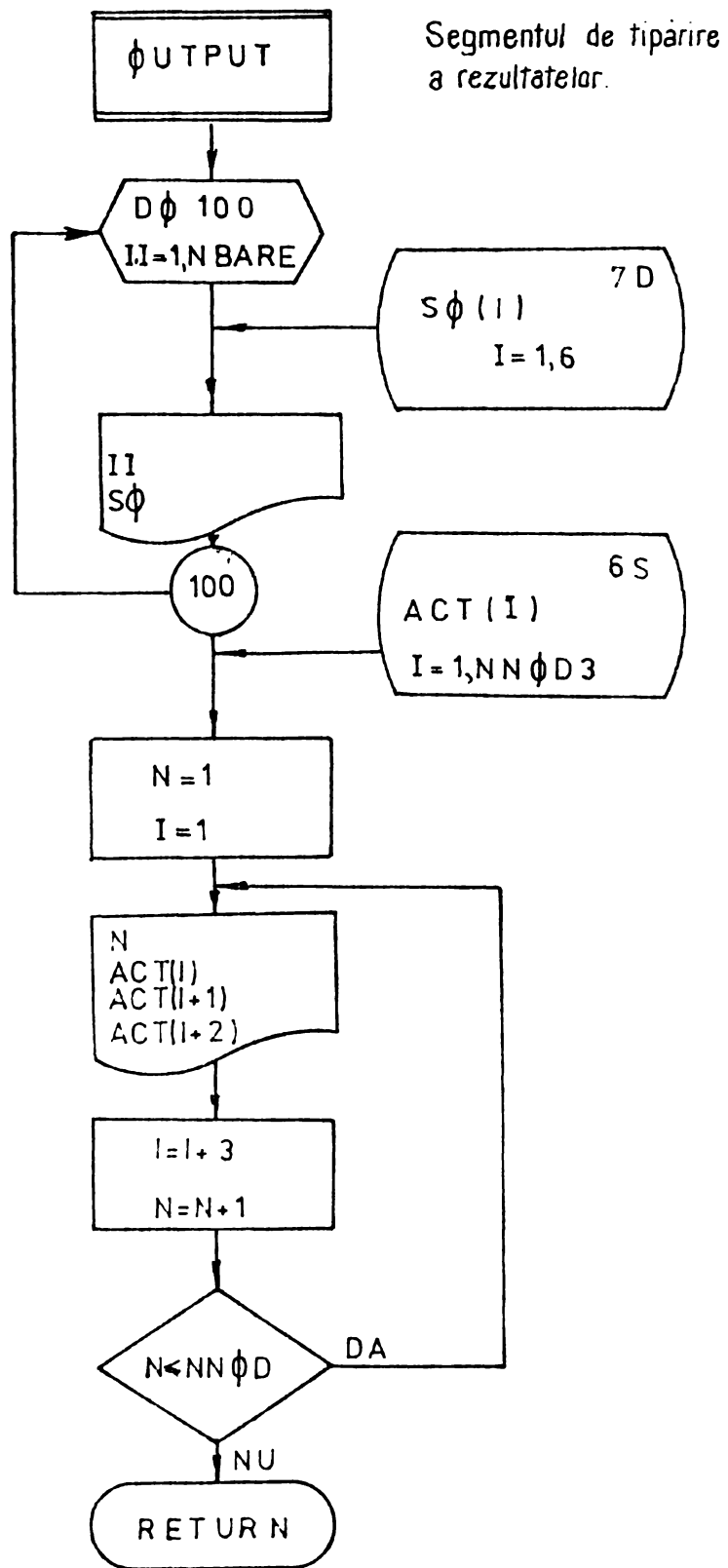
Se memorează în fișierul eforturile de la extremitățile barei.

Segmentul de generare a matricei de rigiditate a elementului finit



Segmentul de rotire a matricei de rigiditate a elementului finit





- AIN Tablou conținând, pentru fiecare bară, valoarea ariei și a momentului de inerție, în ordinea numerotării barelor.
- INODES Dimensiunea matricii de rigiditate a structurii.
- ACT Tablou conținând valorile forțelor aplicate în noduri

Semnificația celorlalte variabile rezultă din organigrama însăși, căreia îi sînt atașate definițiile necesare.

2.4.4. Analiza rezultatelor numerice

În figurile 2.57-60 au fost reprezentate variațiile tensiunilor normale corespunzătoare fibrelor din amonte pentru barele care echivalează discul și din aval pentru barele care echivalează elementul de rigidizare. Valorile tensiunilor s-au obținut prin cumularea efectului încovoierii cu acela al forței axiale; variațiile lor în lungul barelor s-au reprezentat prin linii întrerupte iar valorile de la extremitățile barelor s-au înscris pe verticală. De asemenea au fost consemnate și valorile medii, care în cazul discretizării din figura 2.57, se compară cu valorile terțiurilor obținute în zonele corespunzătoare ale discului, vanei respectiv ale elementului de rigidizare cu cele furnizate de calculul cu metoda elementelor finite (valorile înscrise în paranteze).

Analizînd alura acestor diagrame se pot formula următoarele concluzii:

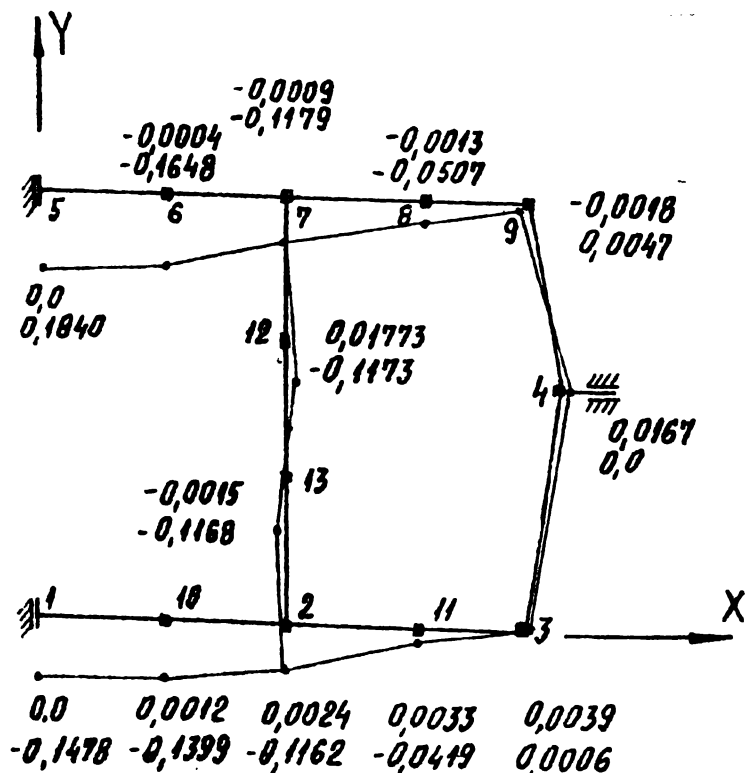


Fig. 2.61

a) Calculul vanei fluturate prin asimilarea acestuia cu un cadru, conduce la valori ale tensiunilor și deformațiilor (fig. 2.61) care sînt foarte apropiate de cele obținute cu metoda elementelor finite. Întrădevăr, comparînd valorile medii cu valorile înscrise în paranteze, ale tensiunilor din fig. 2.57 se poate constata că în zonele

discului care sînt mai solicitate (zona centrală și cea din vecinătatea racordului ou butucul) diferențele se cifrează la cca 8%. Trebuie remarcat de asemenea că și valorile extreme au rezultat în vecinătatea celor obținute în paragraful 2.3.

b) Din punct de vedere calitativ, distribuția tensiunilor este foarte apropiată cu cea obținută cu metoda elementelor finite. Astfel, variația reprezentată cu linie întreruptă scoate în evidență atât schimbarea de semn a tensiunilor, saltul în dreptul racordului vanei cu diafragma (aspect sesizat în paragraful 2.3.5 prin transfecarea zonei de racord) cât și prezența unei tensiuni normale foarte mari în zona de racord a discului vanei respectiv a elementului de rigidizare cu butucul vanei.

c) Pentru a apropia și mai mult rezultatele calculului de cadru de cele obținute cu metoda elementelor finite, în figura 2.59 discretizarea butucului s-a făcut prin frîngerea celor două bare ce concură în nodul 4 rezemat, abscisa acestuia atîngînd marginea discului circular. Prin aceasta au crescut puțin deformațiile care devin practic identice cu cele obținute cu metoda elementelor finite; de asemenea variația tensiunilor și valorile acestora se apropie și mai mult de cele obținute în paragraful 2.3.

d) Fără a modifica caracteristicile geometrice ale barelor și valoarea globală a încărcării folosite în cazul discretizării din figura 2.57 (sau 2.58) s-a dispus diafragma într-o poziție înclinată (fig. 2.60). Din analiza rezultatelor obținute se poate constata că efectul este deosebit de favorabil atât din punctul de vedere al valorii deformațiilor cât și acela al tensiunilor, care se micșorează.

CAPITOLUL III

ANALIZA EXPERIMENTALA A TENSIUNILOR CLAPETEI VANEI
FLUTURE BIPLANE, IN REGIM STATIC DE ACTIONARE.

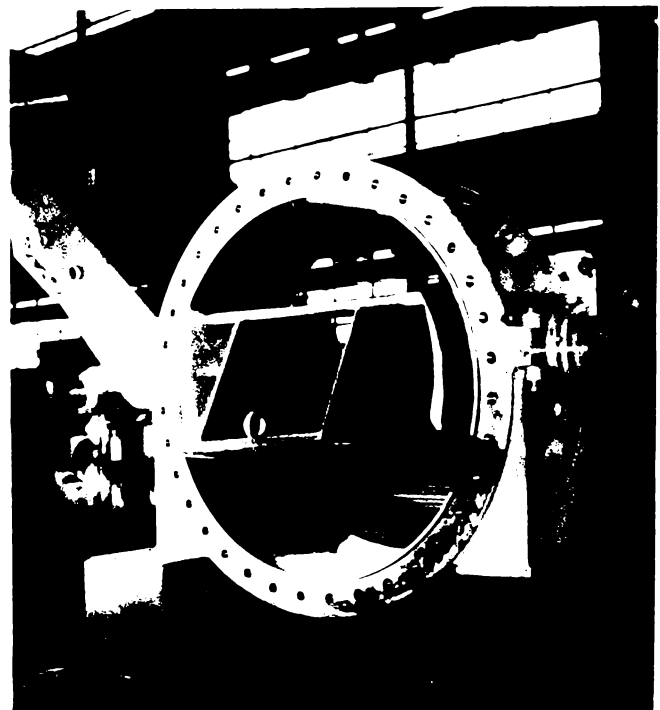
3.1. Modul în care s-au efectuat experimentările tensometrice,
traductoare și instalații de măsură.

Complexitatea structurilor de rezistență a elementelor ce alcătuiesc vana fluture biplană, impun necesitatea determinării pe cale experimentală a tensiunilor prin măsurarea mărimilor asociate, adică deformațiile, pentru a putea completa calculul teoretic și adoptarea unor soluții optime constructive și funcționale.

Măsurările tensometrice ale V.F.150-80, (fig.3.1.a. și b.) s-au efectuat în colaborare cu Intreprinderea Constructoare de Mașini Reșița, secția Mecanică Greă [38].



a.

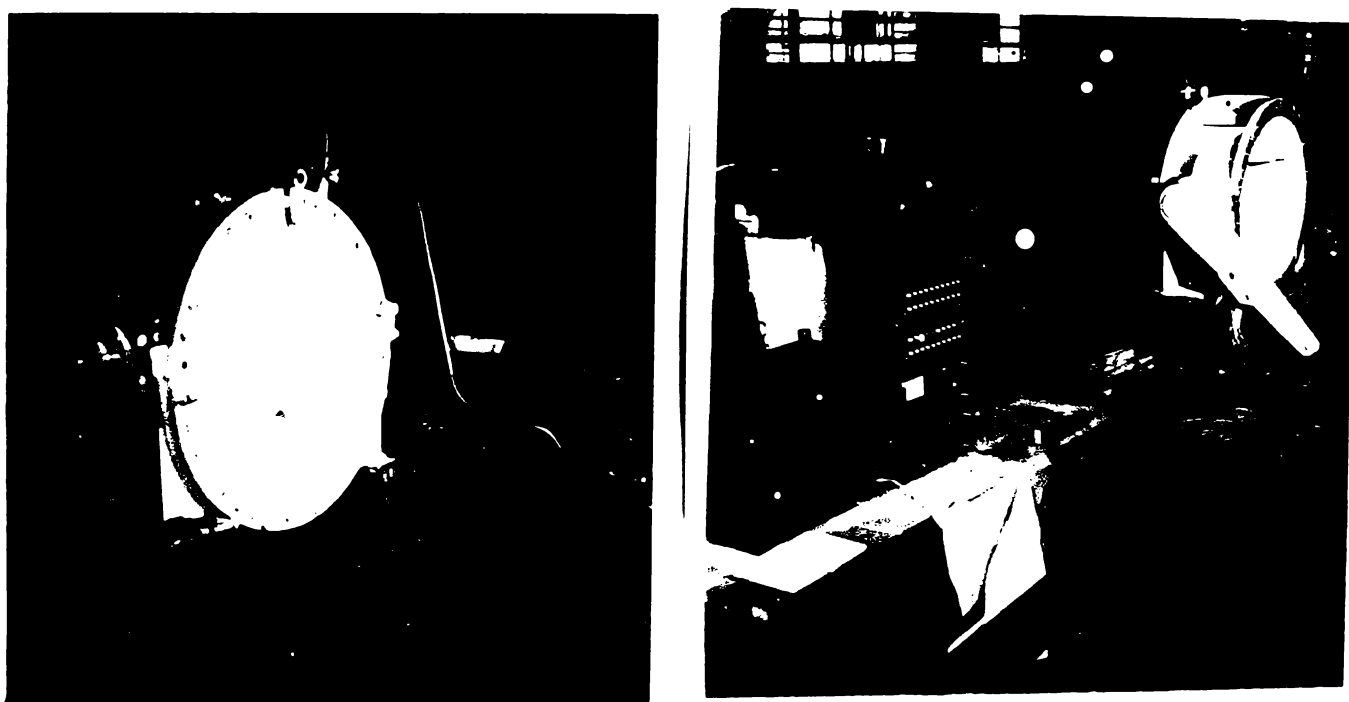


b.

Fig.3.1. Vană fluture biplană VF 150-80

a.) Poziție intermediară; b.) Poziție complet deschisă

Pentru probe, s-a utilizat o instalație adecvată, cuprinzând o pompă pentru realizarea presiunii cu apă între capacul de etanșare și vana propriu-zisă, conducte de legătură și un manometru având clasa de precizie 1,6 destinat citirilor pentru diferitele trepte de încărcare (fig.3.2.a și 3.2.b.).



a

b

FIG. 3.2. Instalație pentru probe hidraulice

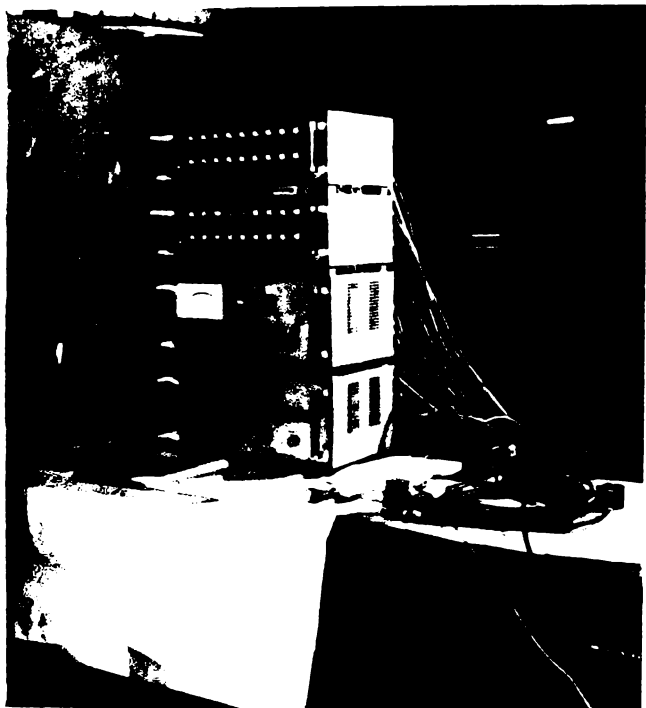
- a) VF150-80 obturată cu capacul de etanșare
- b) pompă de acționare, manometru, conducte de legătură și instalație tensometrică

Testările tensometrice cu cuprins majoritatea elementelor componente ale vanei, adică discul obturator, nervurile de rigidizare și placa de consolidare.

Înainte de aplicarea traductoarelor tensometrice, s-au efectuat pregătirile necesare mecanice, chimice și de protecție [49], [69]. Ținând seama de încercările cu apă, s-au protejat traductoarele cu chit cauciucat AK-22, de fabricație Hottinger și s-a asigurat de asemenea pentru fiecare punct testat, o rezistență de izolație mai mare de $1350 \text{ M}\Omega$.

Pentru încercările electrotensometrice, s-au utilizat traductoare electrice rezistive pe trei direcții (rozete $0/45^\circ/90^\circ$) de fabricație PHILIPS tip PR 9846 K/12FE, cu rezistența electrică de 120Ω , având toleranța admisă $\pm 0,5\%$, iar constanta de sensibilitate $K=2,01$, cu toleranța $\pm 1\%$. De asemenea, s-au utilizat traductoare rezistive de fabricație Hottinger, tip RY41, pe o singură direcție, cu rezistența electrică de 120Ω și toleranța admisă $\pm 0,2\%$, având constanta de sensibilitate $K=1,99 \pm 1\%$, cât și traductoare rezistive de tip L111 (Hottinger), pe două direcții (rozete $0/90^\circ$) cu rezistența electrică $120\Omega \pm 0,5\%$ și constanta de sensibilitate $K = 2,07 \pm 1\%$.

Captarea semnalelor electrice date de traductoarele amintite, funcție de deformație s-a făcut cu ajutorul unei instalații electrotensometrice de tip Hottinger, cu trusa tensometrică aferentă (fig. 3.2 b și fig. 3.3). Această instalație are posibilitatea măsurării a 60 traductoare tensometrice rezistive. Tensometrul electronic cu un canal din instalație, cuprinde un oscilator ce alimentează puntea de traductoare cu tensiunea la o frecvență de 5000 Hz. Comanda de selectare a punctelor de măsură s-a realizat cu unitatea de comandă de tip US100St, iar defazajul ca-



capacitiv și rezistențele suplimentare introduse în schema de măsură s-au înlăturat prin intermediul unităților de echilibrare rezistivă și capacitivă de tipul UH 3325/UM 3301.

Schema bloc a instalației electrotensometrice este prezentată în figura 3.4. Înainte de fiecare ciclu de experimentare, s-a realizat echilibrarea tuturor punctelor de măsură.

FIG. 3.3. Instalație tensometrică

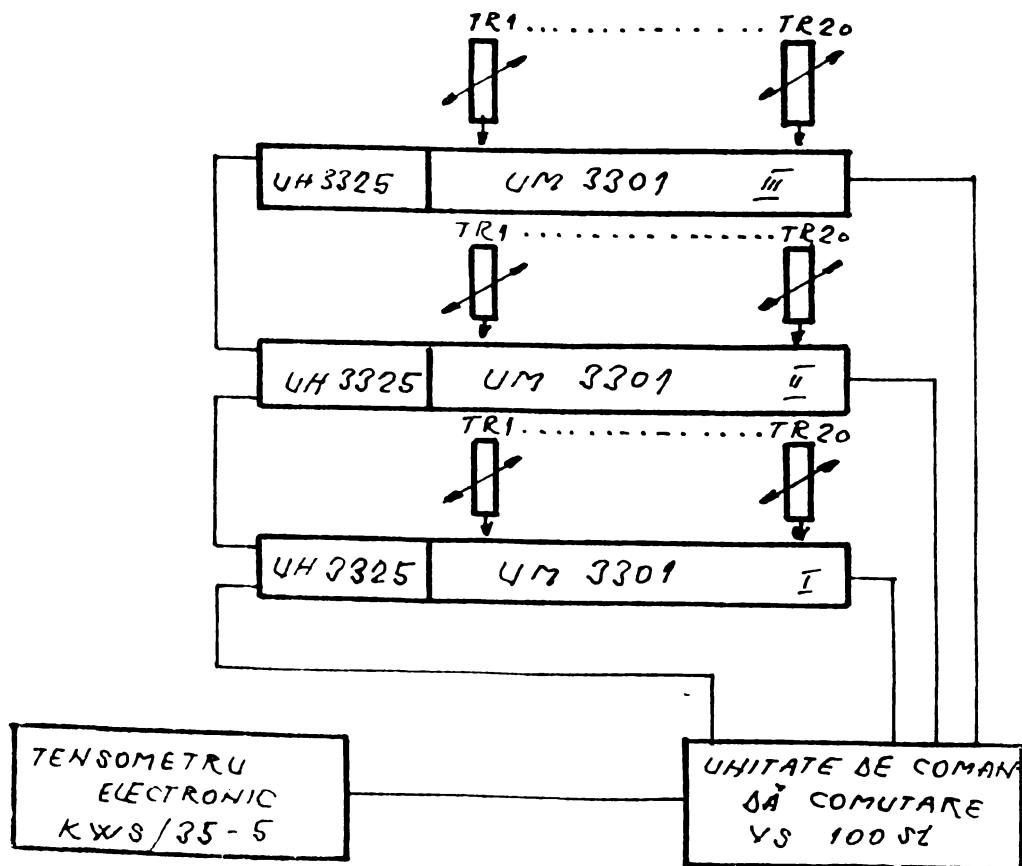


FIG. 3.4. Schema bloc a instalației electrotensometrice.

Circuitul de intrare al amplificatorului de măsură a fost construit dintr-un traductor activ și unul compensator, metoda de măsurare în care s-a încadrat tensometrul electronic fiind "metoda punții cu indicație directă".

Înainte de măsurările propriu-zise s-au realizat cicluri preliminare de liniarizare. S-a generat de asemenea un semnal de etalonare de $1000 \mu m/m$, care pentru oțel, cu modulul de elasticitate longitudinal $E=2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$ și un singur traductor activ al punții Wheatstone este echivalent cu $\tilde{\sigma} = 2100 \text{ daN/cm}^2$.

O privire de ansamblu, asupra modului cum s-au efectuat încercările tensometrice este redată în figura 3.5.

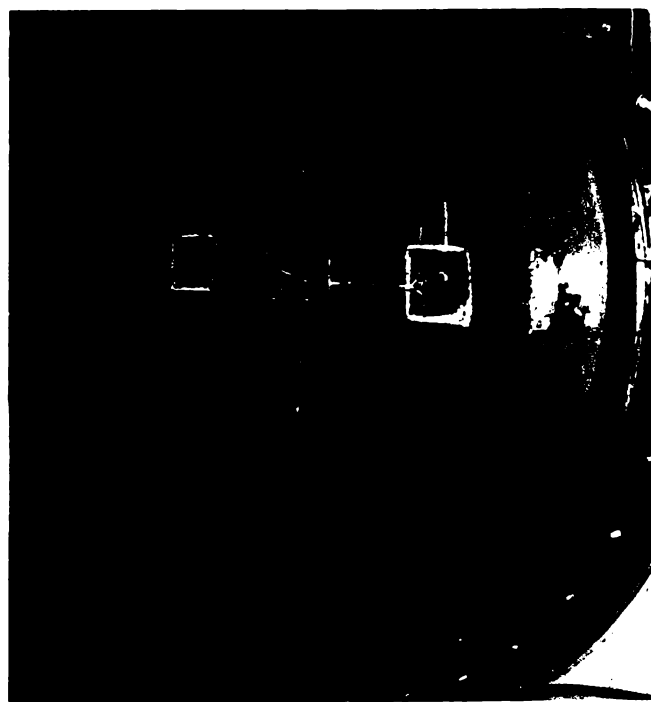


FIG. 3.5. Încercări tensometrice la VF 150-80

Ca și celelalte metode tensometrice și metoda tensometriei electrice rezistive, în funcție de situația concretă pentru care a fost utilizată este afectată de erori. Este cunoscut faptul [1] că în cazul deformațiilor mici $\varepsilon = 0,1 \cdot 10^{-3}$ se introduc erori de 5-10 ori mai mari față de cazul când deformațiile sînt de ordinul $\varepsilon = 1 \cdot 10^{-3}$.

Deformațiile înregistrate în timpul încercărilor experimentale fiind din a doua categorie și ținînd seama de condițiile de la I.C.M. Reșița, Secția Mecanică Greă [38], cu privire la modul de execuție, etanșare și accesul la lipirea traductoarelor, putem aprecia că metoda utilizată se încadrează la tipul de "măsurare statică îngrijită", pentru care erorile probabile se încadrează în limita de 6% - 12%. [72]

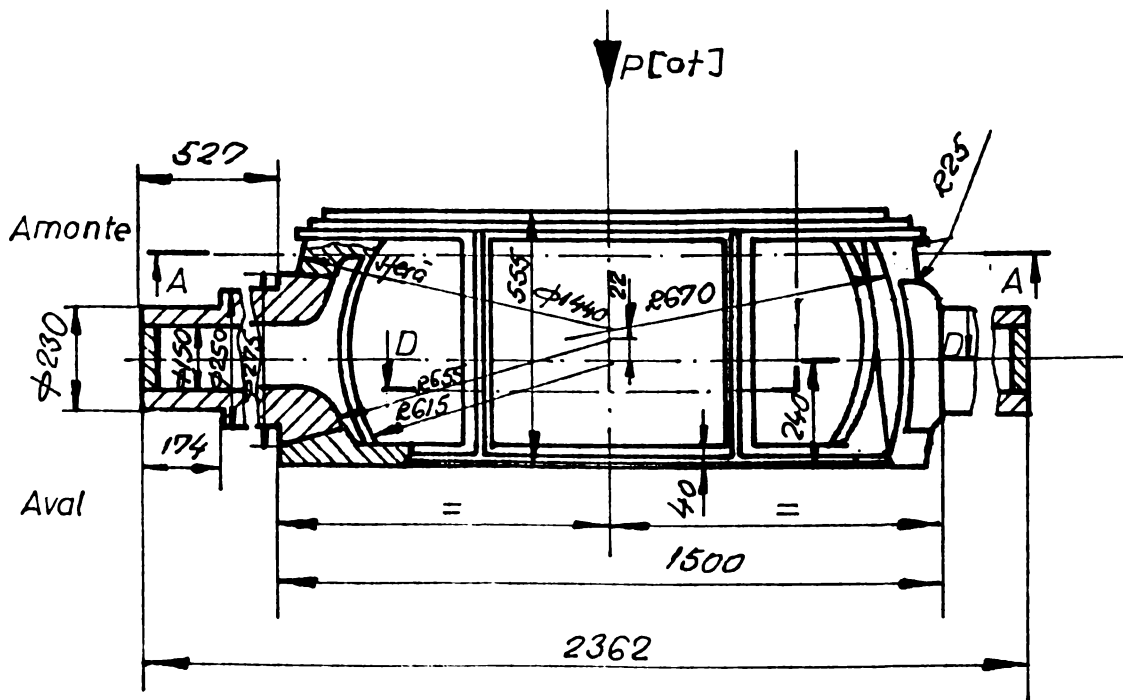
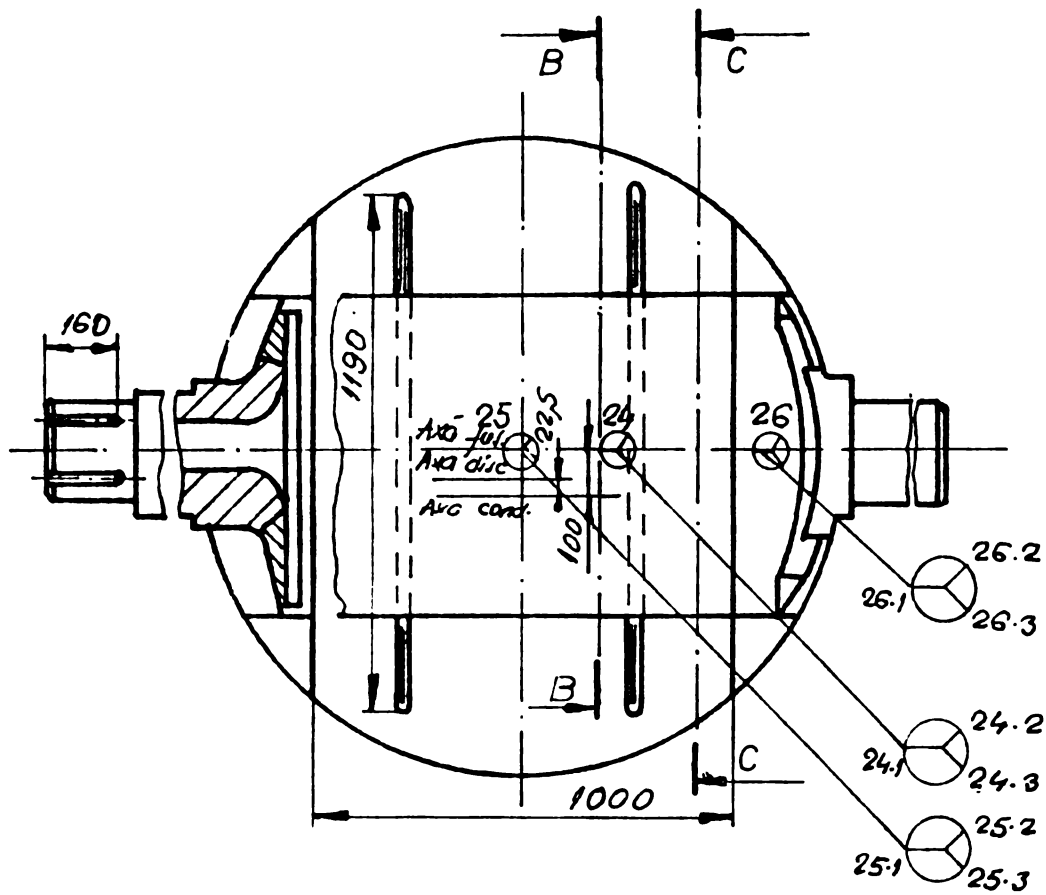
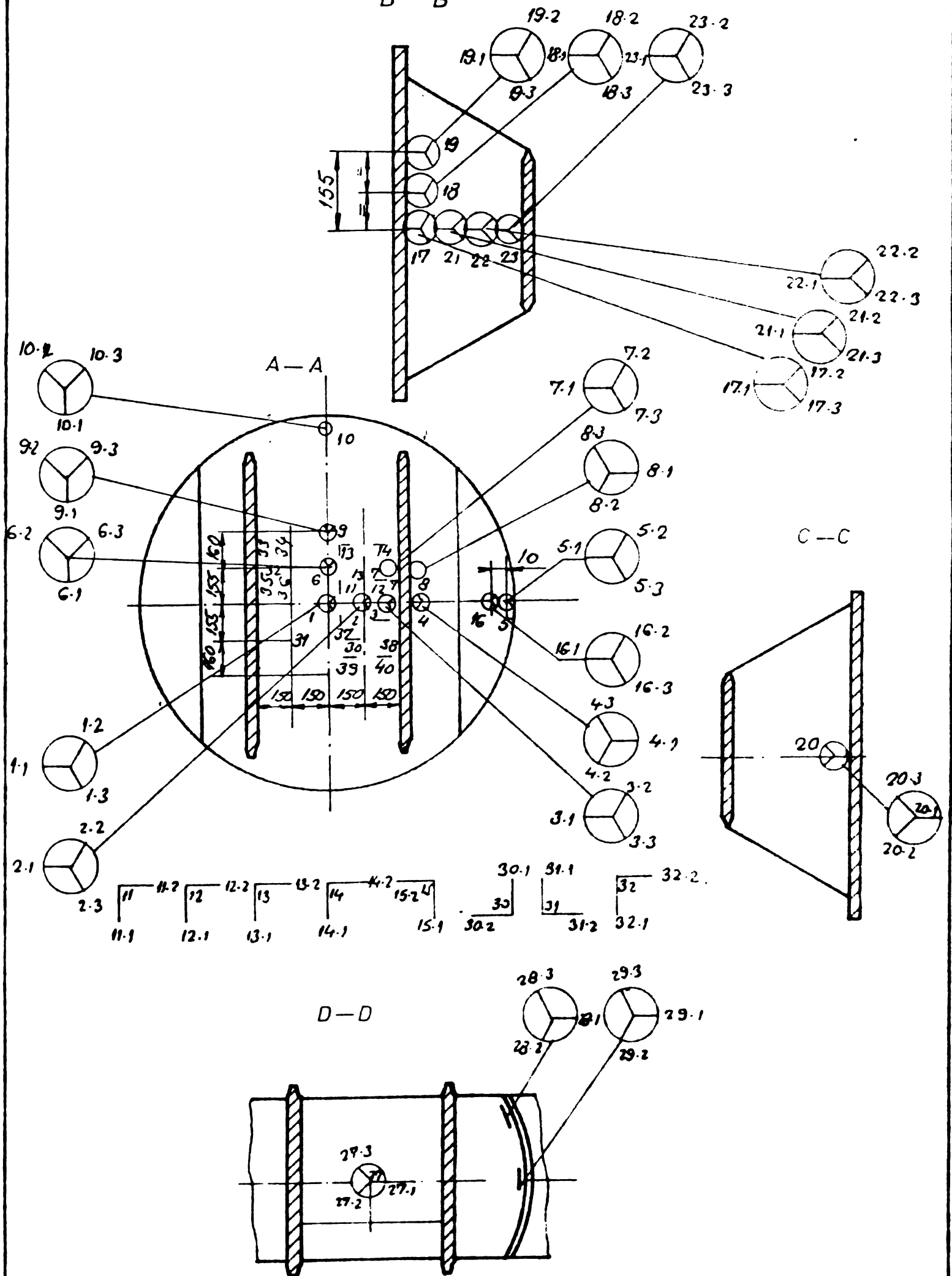


Fig 3.6-0

Scara 1:20

Planul de amplasare TER.

B—B



Scara 1:20

Fig 3-6-6

Planul de amplificare TEC.

3.2. Prelucrarea datelor experimentale

3.2.1. Calculul tensiunilor și direcțiilor principale

Pentru determinarea stării de tensiune din vana flutur- re biplană (VF 150-80), s-au utilizat 24 rozete (0/120/240), 8 rozete (0/90) și 8 traductoare liniare, ale căror caracteris- tici au fost descrise în paragraful 3.1, în total fiind 96 de posturi de măsurare.

Planul de amplasare a timbrelor tensometrice (TER) este arătat în figura 3.6 iar detalii referitoare la modul de lipire al acestora în figura 3.7 a și b.

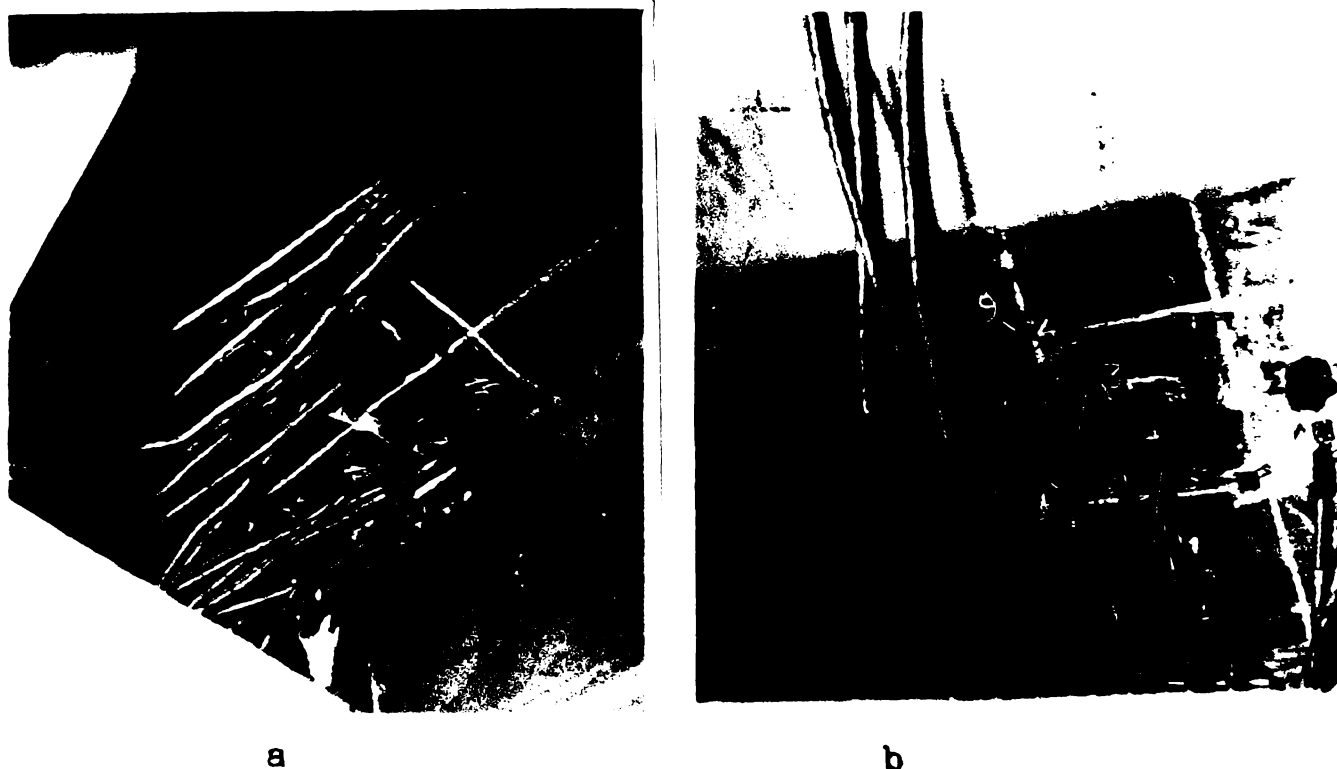


FIG. 3.7. Modul de lipire a TER.

Rezultatele măsurărilor tensometrice pentru diferite- le trepte de încărcare ($p=2,5; 5; 10$ at) sînt trecute în tabelul 3.1., prelucrarea lor [1],[49],[50],[69] făcîndu-se pe baza defor- mațiilor specifice, măsurate direct în $\mu\text{m}/\text{m}$.

Pentru calculul tensiunilor de pe discul vansi, unde s-au utilizat traductoare aplicate pe două direcții (fig. 3.6), rela- țiile matematice sînt:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \frac{E}{1-\mu^2}(\varepsilon_1 + \mu\varepsilon_2) \\ \sigma_2 &= \frac{E}{1-\mu^2}(\varepsilon_2 + \mu\varepsilon_1)\end{aligned}\tag{3.1}$$

În acest sens, traductoarele liniare aplicate pe disc (fig. 3.6) în punctele de măsurare au avut drept scop verifica- rea deformațiilor obținute cu ajutorul traductoarelor rezistive pe două direcții, ținînd seama de simetria clapetei.

TABEL 3.1.

REZULTATE TENSOMETRICE									
Nr. Crt.	POST MASURARE		TER		Forța K	Treaptă de încărcare p [at]			
	UNIT COMUT.	Hr. POST	Hr. TER	Directie		2,5	5	7,5	10
						deform. specif. ϵ [$\mu\text{m}/\text{m}$]			
						6	7	8	9
1	UN3301 I	1	1	1.1	2,01	82	191	297	401
2		2		1.2		16	33	50	70
3		3		1.3		17	36	52	75
4		4	2	2.1		65	133	200	270
5		5		2.2		16	34	48	68
6		6		2.3		17	35	50	69
7		7	3	3.1		44	90	133	182
8		8		3.2		17	33	52	70
9		9		3.3		19	39	57	80
10		10	4	4.1		22	80	115	162
11		11		4.2		12	40	55	80
12		12		4.3		18	45	55	90
13		13	5	5.1		-46	-245	-360	-490
14		14		5.2		20	45	68	90
15		15		5.3		-5	-15	-22	-31
16		16	6	6.1		-3	-8	-11	-16
17		17		6.2		73	146	219	295
18		18		6.3		71	145	216	290
19	UN3301 F	1	7	7.1		23	80	168	240
20		2		7.2		20	42	61	84
21		3		7.3		10	15	22	30

Table 3.1 (continue)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22		4	8	8.1		22	80	126	158
23		5		8.2		15	37	68	74
24		6		8.3		25	50	85	200
25		7	9	9.1		-6	-13	-19	-28
26		8		9.2		68	140	206	281
27		9		9.3		65	135	202	270
28		10	10	10.1		-5	-45	-90	-100
29		11		10.2		30	105	185	215
30		12		10.3		25	90	145	180
31		13	11	11.1	209	-1	-1	-2	-3
32		14		11.2		89	185	277	373
33		15	12	12.1		3	8	10	17
34		16		12.2		25	51	75	104
35		17	13	13.1		-1	-2	-7	-11
36		18		13.2		89	180	283	383
37		19	14	14.1		1	2	3	5
38		20		14.2		30	62	93	126
39	urssoj iii	1	15	15.1		-1	-2	-3	-4
40		2		15.2		63	130	193	256
41		3	16	16.1	201	-50	-260	-380	-510
42		4		16.2		22	50	70	95
43		5		16.3		-6	-20	-31	-35
44		6	17	17.1		-135	-225	-425	-540
45		7		17.2		-40	-150	-150	-200
46		8		17.3		-20	-40	-59	-79

Tabel 3.1 (continue)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
47		9	18	18.1		- 130	- 275	- 425	- 554
48		10		18.2		- 20	- 35	- 60	- 71
49		11		18.3		- 50	- 110	- 170	- 220
50		12	19	19.1		- 150	- 265	- 425	- 530
51		13		19.2		- 30	- 50	- 80	- 104
52		14		19.3		- 45	- 80	- 125	- 165
53		15	20	20.1		130	250	385	497
54		16		20.2		52	95	145	190
55		17		20.3		30	50	81	102
56		18	21	21.1		- 30	- 45	- 65	- 90
57		19		21.2		- 5	- 11	- 15	- 21
58		20		21.3		- 3	- 10	- 12	- 20
59	11330f I	1	22	22.1		142	286	428	575
60		2		22.2		- 21	- 45	- 65	- 90
61		3		22.3		- 24	- 57	- 70	- 110
62		4	23	23.1		170	350	531	712
63		5		23.2		- 25	- 54	- 80	- 109
64		6		23.3		- 46	- 98	- 132	- 201
65		7	24	24.1		92	185	280	373
66		8		24.2		36	73	112	148
67		9		24.3		33	65	100	130
68		10	25	25.1		42	90	129	179
69		11		25.2		10	21	32	40
70		12		25.3		9	19	28	36
71		13	26	26.1		- 200	- 325	- 420	- 655

Tabel 3.1 (continue)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
72		14		26.2		-30	-60	-96	-124
73		15		26.3		-65	-120	-153	-139
74		16	27	27.1		-28	-32	-35	-64
75		17		27.2		-5	-11	-20	-22
76		18		27.3		-7	-15	-22	-30
77	17301 6	1	28	28.1		-5	-30	-35	-60
78		2		28.2		-7	-10	-18	-20
79		3		28.3		-5	10	13	18
80		4	29	29.1		17	61	90	120
81		5		29.2		-5	-5	-6	-10
82		6		29.3		-6	-12	-20	-23
83		7	30	30.1	2,07	-2	-3	-4	-5
84		8		30.2		64	131	200	262
85		9	31	31.1		-2	-2	-3	-4
86		10		31.2		63	131	198	260
87		11	32	32.1		-1	-2	-3	-4
88		12		32.2		62	130	191	255
89		13	33	-	1,99	3	6	10	13
90		14	34	-		-1	-3	-8	-12
91		15	35	-		4	10	13	18
92		16	36	-		-1	-2	-3	-4
93		17	37	-		91	190	281	380
94		18	38	-		26	52	77	109
95		19	39	-		90	182	290	391
96		20	40	-		27	60	91	123

În zonele clapetei, unde s-a presupus existența unei solicitări complexe, s-au utilizat traductoare pe trei direcții (rozete, 0/120/240), calculul tensiunilor maxime σ_1 , σ_2 , σ_{\max} și a direcțiilor principale (φ_{\max}) făcându-se cu relațiile:

$$\sigma_{1,2} = \frac{E}{1-\mu} A \pm \frac{E}{1+\mu} \sqrt{B^2 + C^2} \quad (3.2)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{E}{1+\mu} \sqrt{B^2 + C^2} \quad (3.3)$$

$$\varphi_{\max} = \frac{1}{2} \text{arc tg } \frac{C}{B} \quad (3.4)$$

unde expresiile pentru coeficienții A, B și C sînt:

$$A = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3}; \quad B = \varepsilon_1 - A; \quad C = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{\sqrt{3}} \quad (3.5)$$

Direcțiile tensiunilor principale, sînt date de unghiul φ_{\max} (rel. 3.4), măsurat pozitiv de la timbrul numărul unu spre timbrul tensometric numărul doi, avînd ca și referință timbrul tensometric numerotat cu cifra unu, din rozeta respectivă (fig. 3.6).

Pentru a se putea aprecia nivelul de solicitare corespunzător stării plane de tensiune, și aici calculul tensiunii echivalente s-a făcut după criteriul de deformație HUBER-HENCKY-MISES:

$$\sigma_{\text{ech}} = \sqrt{6\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} \quad (3.6)$$

Vana fluture biplană (VF.150-80), fiind confecționată din OCS55.3a (STAS 9021-80), s-a adoptat pentru calcul modulul de elasticitate $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$ iar constanta lui Poisson, are valoarea $\mu = 0,3$.

Prelucrarea datelor experimentale este trecută sintetic în tabelul 3.2.

3.2.2. Determinarea experimentală a deformațiilor clapetei VF 150-80

Pentru determinarea deformațiilor clapetei au fost utilizate un număr de 15 comparatoare (1:100) montate pe suporturi reglabili (fig. 3.8), conform planului de amplasare al acestora (fig. 3.9 a și b).

S-au determinat deformațiile pentru discul superior, placa de rigidizare și nervura de legătură în patru trepte de încărcare ($p=2,5; 5; 7,5; 10 \text{ at}$).

Măsurătorile s-au făcut simultan cu cele tensometrice iar valorile obținute s-au trecut în tabelul 3.3.

TABEL 3.2

PERLUKUTAN DATALON EXPERIMENTALE

Hr. crt.	Hr. crt.	Tipe de incarsore P [at]																			
		2,5					5					7,5					10				
		v ₁ dm/km	v ₂ dm/km	v _{ech} dm/km	ε _{max} grad	γ _{max} grad	v ₁ dm/km	v ₂ dm/km	v _{ech} dm/km	ε _{max} grad	γ _{max} grad	v ₁ dm/km	v ₂ dm/km	v _{ech} dm/km	ε _{max} grad	γ _{max} grad	v ₁ dm/km	v ₂ dm/km	v _{ech} dm/km	ε _{max} grad	γ _{max} grad
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1	185,1	44,6	167,3	70,2	-0°22'	4297	91,8	389,9	166,9	-0°28'	663	134,9	606,9	264,0	-0°12'	8980	193,3	819,2	352,6	-0°22'
2	2	149,8	47,5	132,5	51,1	-0°30'	307,5	96,2	272,4	105,6	-0°14'	4598	135,9	409,1	161,9	-0°17'	623,0	190,5	555,1	216,2	-0°07'
3	3	107,7	51,8	93,2	27,9	-0°39'	220,2	103,7	190,8	58,2	-2°41'	326,1	157,4	282,4	84,3	-1°31'	447,0	216,8	387,1	115,1	-2°17'
4	4	61,3	42,6	54,4	9,3	-18°17'	205,6	124,3	179,3	40,6	-3°17'	290	161,9	251,7	64	0°	411,3	248,6	358,7	81,3	-3°12'
5	5	31,1	-93,1	112,0	62,1	78°54'	70,5	-505,5	539,2	285,5	842,1	106,4	-610,4	670,0	358,4	84°15'	141,0	-1001,0	1078,5	571,0	84°18'
6	6	221,5	60,4	198,3	80,5	89°40'	447,6	118,1	401,7	164,7	89°50'	669,1	198,6	600,0	245,2	89°40'	899,8	237,7	807,6	331,0	89°36'
7	7	65,6	49,3	57,3	12,6	23°38'	197,9	76,0	172,9	69,9	12°12'	366,7	93,2	330,1	136,7	7°28'	557,4	150,5	499,4	203,4	7°10'
8	8	71,5	52,4	64,1	9,5	-38°29'	208,1	126,8	181,5	41,1	-8°34'	282,8	223,1	258,2	29,8	-8°16'	416,2	251,7	363,1	82,2	-8°47'
9	9	204,7	49,0	185,1	77,8	89°24'	423,4	100,3	383,2	161,5	89°11'	628,0	149,5	568,1	239,2	89°33'	848,7	192,0	769,3	325,8	89°06'
10	10	85,3	14,6	98,9	35,3	86°13'	303,5	-3,5	301,7	153,5	87°25'	560,9	-20,9	571,6	290,9	85°49'	608,9	-28,9	623,8	318,9	87°06'
11	11	59,1	204,0	181,8	-	-	125,3	424,8	328,0	-	-	186,5	635,7	565,9	-	-	250,4	855,8	762,1	-	-
12	12	22,0	59,5	52,1	-	-	53,5	122,8	-	-	-	74,7	179,4	147,1	-	-	110,8	250,9	217,7	-	-
13	13	59,1	204,0	181,8	-	-	119,6	412,6	367,6	-	-	179,1	646,0	577,6	-	-	238,9	873,3	781,7	-	-

Table 3.2 (continued)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
14	14	23	696	614	-	-	475	1419	1270	-	-	710	2159	1905	-	-	986	2962	2684	-	-
15	15	411	442	1286	-	-	851	2976	2854	-	-	1262	4418	1561	-	-	1674	5080	5228	-	-
16	16	356	404	1217	675	2840	474	6388	5729	303	8588	945	781	858	443	818	1419	1049	1122	6565	8400
17	17	-879	-308	2782	1146	9476	-1889	-5110	4756	1760	10800	-2887	-8896	8855	9546	9696	-948	-1888	1125	4544	8666
18	18	-919	-309	2715	1060	9786	-1909	-6490	5772	2220	9886	-3057	-10242	8916	1445	2886	-3887	-1290	1155	4584	9586
19	19	-1030	-346	3086	1219	9917	-1778	-6121	5554	2171	9942	-2891	-9788	874	1448	9526	-3551	-1224	1090	454	9186
20	20	510	1159	2716	980	602	522	1992	5225	195	611	9026	3103	8008	2226	545	1181	1985	1040	1914	607
21	21	-9	659	619	879	916	-862	-1050	926	468	9086	-165	-1470	1885	552	9126	-564	-858	184	874	906
22	22	273	-723	5225	1864	020	5755	-1777	6520	9616	035	824	-2485	9656	5315	294	1890	-3475	1300	6100	020
23	23	3204	-1224	3260	2214	2931	6570	-2610	8182	4594	217	10242	-8664	1222	6803	2901	1336	-5225	1626	9344	202
24	24	2225	990	1230	916	1917	4474	1981	3885	1246	174	6790	3049	5629	1870	1942	9027	3662	7884	2517	1084
25	25	956	961	855	547	0940	2050	547	1858	751	042	2252	828	2618	1063	1901	4043	1056	3656	1513	0912
26	26	-1225	-4204	4196	1674	8428	-2452	-7641	6716	252	8586	-2246	-988	879	3440	8596	-4916	-1528	1351	5183	8898
27	27	-462	-657	573	657	8745	-972	-787	682	207	8458	-618	-921	815	151	8629	-744	-1575	1365	445	1548
28	28	49	-189	219	119	12428	73	-623	712	373	10500	94	-854	905	474	10596	146	-146	1424	746	10504
29	29	302	-182	424	242	1926	119	-311	1321	951	292	1756	-476	2017	1116	3921	282	-622	877	1502	292

TABEL 3.3

DEFORMATIILE DISCULUI VANEI Δ [mm]						
Nr. post de măsură	Trepte de încărcare				Δ TEORETIC p=10 at	Abatere procentuală [%]
	$\Delta_{p=2,5}$ [at]	$\Delta_{p=5}$ [at]	$\Delta_{p=7,5}$ [at]	$\Delta_{p=10}$ [at]		
1	0,45	1,00	1,78	2,10	2,01	4,47
2	0,36	0,73	1,03	1,46	1,39	5,03
3	0,34	0,72	1,07	1,44	1,39	3,59
4	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0
5	0,60	1,02	1,33	2,10	2,00	5,25
6	0,52	1,08	1,60	2,11	2,00	5,50
7	0,35	0,70	1,00	1,42	1,37	4,37
8	0,51	1,05	1,56	2,13	2,16	-1,38
9	0	0	0,01	0,01	0,01	0
10	0,35	0,71	0,10	0,14	0,15	-6,6
11	0	0,01	0,01	0,02	0,02	0
12	0,48	0,91	1,40	1,80	1,73	4,04
13	0,48	0,91	1,40	1,80	1,73	4,04
14	0,34	0,71	1,07	1,45	1,38	5,07
15	0	0,01	0,02	0,03	0,03	0

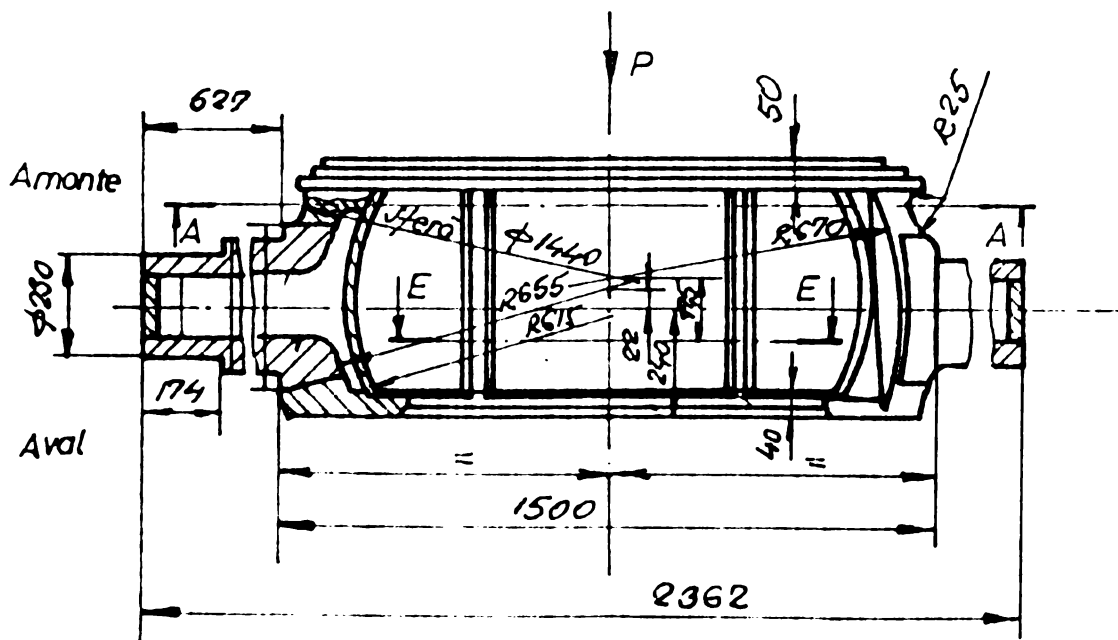
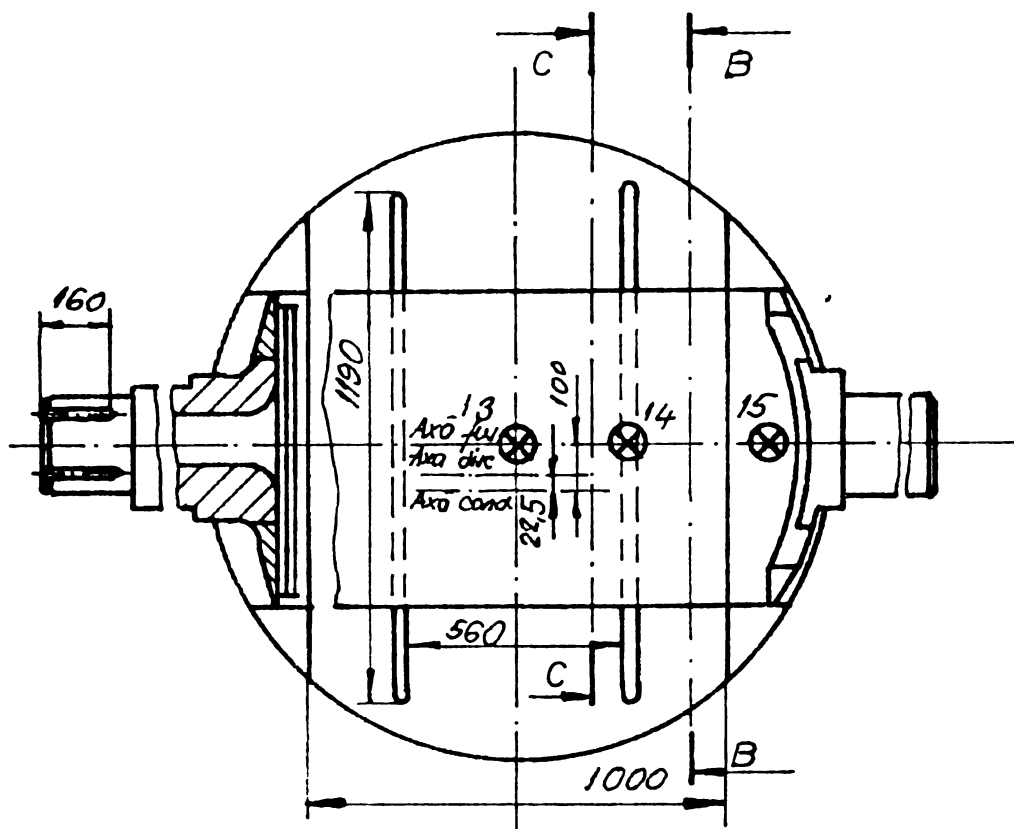
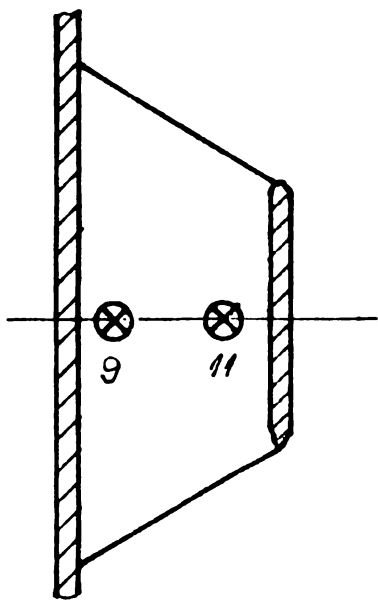
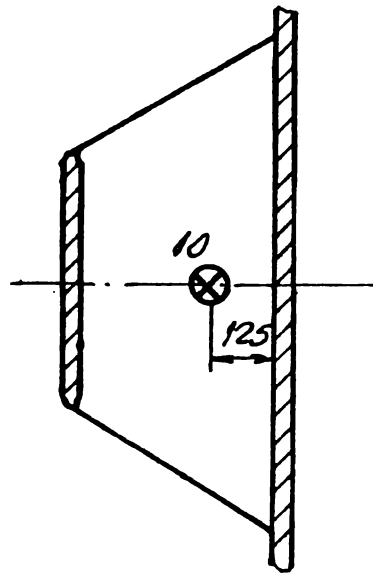


Fig. 3.9-a Comporator
kara 1:20

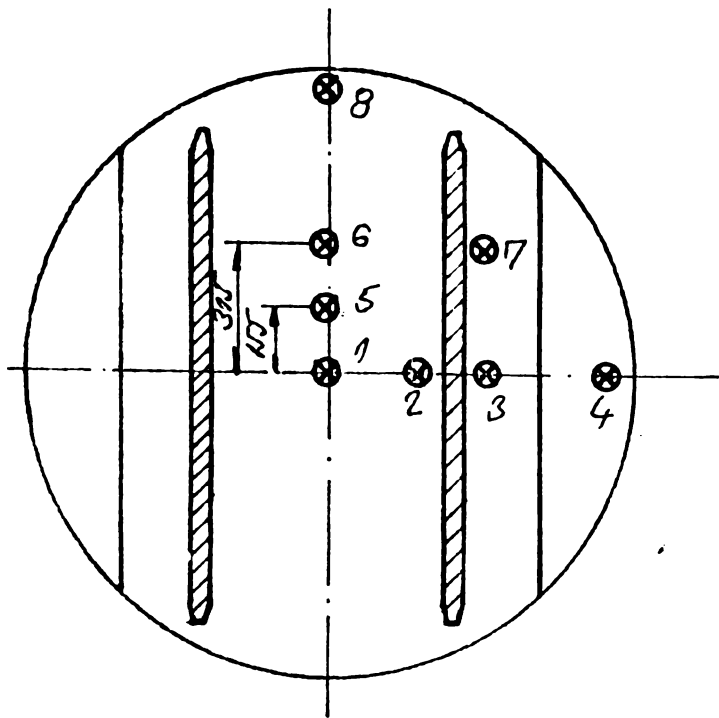
B — B



C — C



A — A



E — E

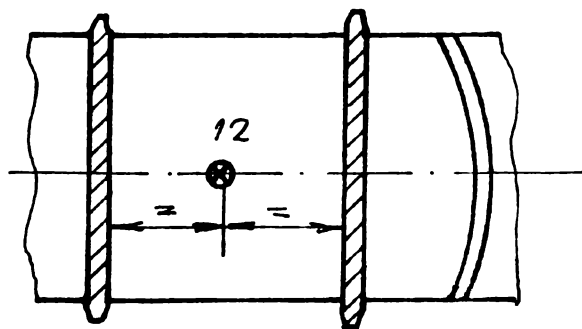


Fig 3.9 - 6
Planul de amplasare al comparatoarelor
(scara 1:20)

Legenda ⊗ comparator 1:100

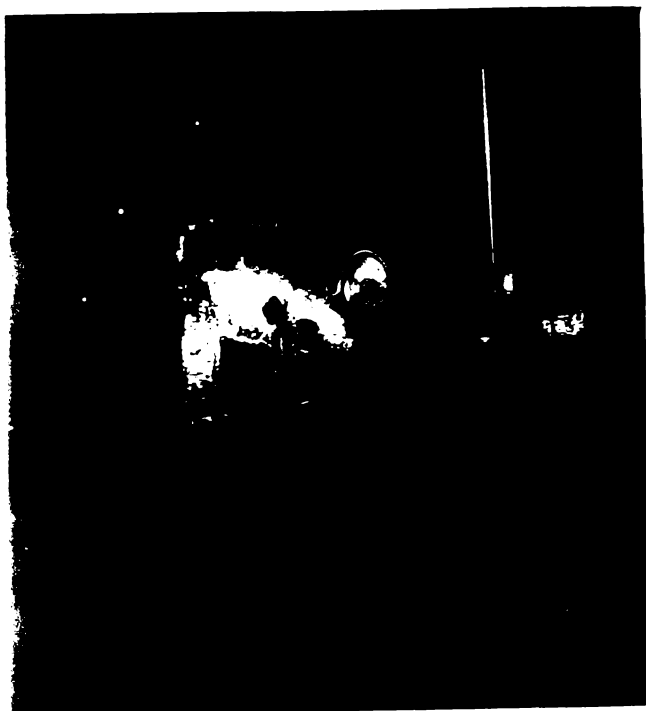


FIG. 3.8

Comparator (1:100) pentru determinarea deformațiilor -post de măsurare nr.13

Valorile obținute pentru trapta de încărcare $p = 10$ at au fost comparate cu cele teoretice și se observă că abaterea procentuală maximă este de 6,6%.

Referitor la abaterea procentuală, se apreciază că aceasta este foarte bună, deoarece deplasările clapetei VF 150-80 în timpul solicitărilor, se încadrează ca ordin de mărime în cadrul "deformațiilor mici".

Alura deformației este identică cu cea determinată prin calcul în paragraful 2.3.3, fig. 2.23 - 2.25 și

din acest considerent nu s-au mai reprezentat grafic.

3.3. Reprezentarea grafică a mărimilor determinate experimental și interpretarea rezultatelor

Pentru a se putea interpreta mai bine rezultatele experimentale obținute în urma testării clapetei vanei fluture biplane, în regim static de acționare (tab. 3.2) și a le compara cu cele determinate pe cale analitică, în tabelul 3.4 s-a făcut

TABEL 3.4

POST TER	Element finit	Nod	POST TER	Element finit	Nod	POST TER	Element finit	Nod
1	7;9	43	10	15	95	19	61;64	75
2	7;8;9;10	44	11	9	-	20	55;58	45
3	8;10	45	12	10	-	21	55;56;58;59	46
4	22;24	45	13	11	-	22	56;59	-
5	23;25	50	14	12	-	23	57;60	42
6	9;11	58	15	9;10;11;12	59	24	36;37;40;41	48
7	10;12	60	16	23;25	-	25	32;33	57
8	24;26	60	17	55;58	45	26	44;45	54
9	11;13	73	18	58;61	60	27	32;33	57

o corespondență între postul de măsurare tensometric (TER) dat în planul de amplasare - fig. 3.6 a și b și elementul finit (respectiv nodurile acestora) rezultat în urma discretizării discului superior, nervură și placa de rigidizare inferioară (paragraful 2.3.2).

3.3.1. Disc superior

La acest subansamblu, din cele 30 de elemente finite, au prezentat un interes deosebit elementele 9,10,11,12,13,14, 24,25 și 26 pentru care s-a utilizat posturile de măsurare tensometrice 1 ÷ 16 și 30 ÷ 40 (în total 11 rozete pe trei direcții, 8 rozete pe două direcții și 8 timbre pe o singură direcție, fiind echivalente cu 57 posturi de măsură).

Pentru posturile 1-16, datele experimentale (tabel 3.1) au fost prelucrate conform metodologiei amintite în paragraful 3.2 și centralizate în tabelul 3.2, iar verificarea deformațiilor specifice pentru posturile de măsură amintite s-a făcut cu ajutorul TER 30 ÷ 40, conform tabelului 3.5.

TABEL 3.5

Post de măsură activ	Post de măsură control		
	1	2	3
11.1	36	-	-
11.2	37	-	-
12.1	35	-	-
12.2	38	-	-
13.1	34	-	-
13.2	39	-	-
14.1	33	-	-
14.2	40	-	-
15.1	30.1	31.1	32.1
15.2	30.2	31.2	32.2

Se observă din tabelul 3.1 conform corespondenței TER - tabelul 3.5, că diferența între deformațiile specifice \mathcal{E} ($\mu\text{m}/\text{m}$) între postul de măsură activ și cel de control, este de ordinul a câtorva unități. De exemplu pentru TER 12.2:

$$\Delta \varepsilon_2 = \frac{104 - 109}{104} \cdot 100 \% = -4,7 \%$$

Abateri mari ce demonstrează un mod de lucru defectuos al timbrului respectiv, se poate remarca la postul 14.1.

$$\Delta \varepsilon_1 = \frac{5 - 13}{5} 100 = -160 \%$$

Acest singur caz izolat din timpul încercărilor experimentale va fi explicat ulterior, la interpretarea rezultatelor din tabelul 3.6.

Pentru tensiunile principale σ_1 și σ_2 , calculate cu rozete pe două direcții ($0^\circ/90^\circ$), apare situația $\sigma_1 < \sigma_2$, deoarece indicele tensiunii se referă la direcția timbrului component al rozetei (de exemplu 13.1 și respectiv 13.2).

Variația tensiunilor principale σ_1 ; σ_2 cât și σ_{ech} în funcție de încărcare (p), pentru un număr de 12 rozete este prezentată în figurile 3.10 + 3.21. Liniaritatea valorilor obținute, demonstrează acuratețea tehnicii de măsurare utilizată în timpul măsurărilor experimentale. Doar postul TER 10 (fig. 3.19) are o creștere pozitivă a tensiunii σ_2 și apoi descrește spre valori negative. Acest lucru se explică prin faptul că în timpul încercărilor, s-au luat măsuri suplimentare de etanșare a discului superior prin mijloace mecanice, în vederea menținerii presiunii constante pentru cele patru trepte de încărcare. Vana fluture VF 150-80, este prevăzută din proiectare, ca o anumită cantitate de lichid (0,3 l/s) să se piardă în poziția complet închis în unitatea de timp [41]. Aceiași explicație se poate da și pentru valorile negative relativ mari pentru tensiunea σ_2 obținute la posturile de măsurare periferice 16 și respectiv 5.

Distribuția tensiunilor principale pe direcția nodurilor elementelor finite este prezentată în fig. 3.22. Descărcarea acestora, din centrul discului spre periferie, pe direcțiile Ox și Oy , vine să confirme concluziile din paragraful 2.3.4 și deci asimilarea vanei fluture cu un cadru având nodurile deplasabile (paragraf 2.4).

În tabelul 3.6, pentru elementele finite 9, 10, 11 și 12 s-a făcut o comparație între valorile determinate numeric și respectiv experimental. Acest tabel a fost întocmit pe baza rezultatelor analitice din tabelele 2.5 și 2.6 obținute cu metoda elementelor finite. Abaterile procentuale pentru primele trei elemente finite sînt cuprinse între 3,66% și 13,47%, excepție făcînd

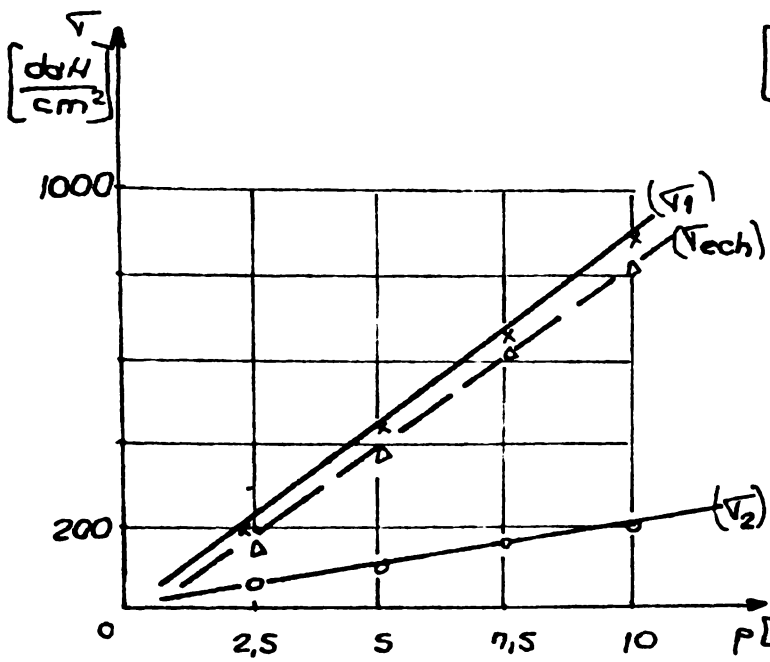


Fig. 3.10. - post TER 1

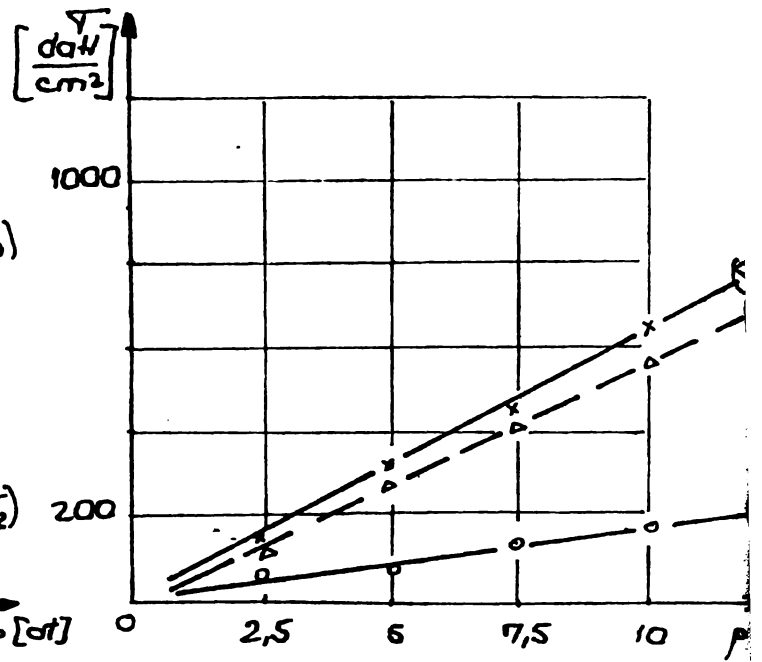


Fig 3.11. Post TER 2

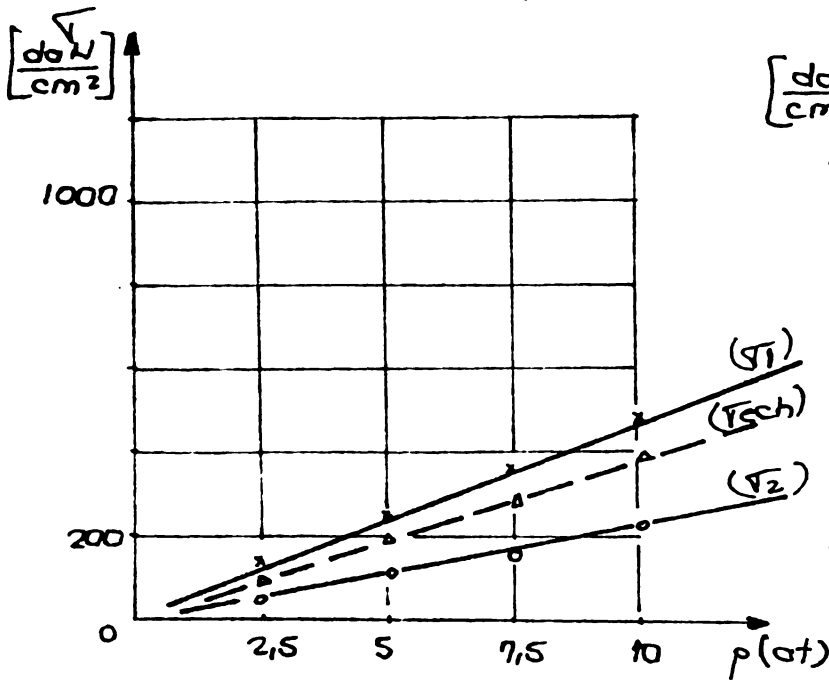


Fig. 3.12. Post TER 3

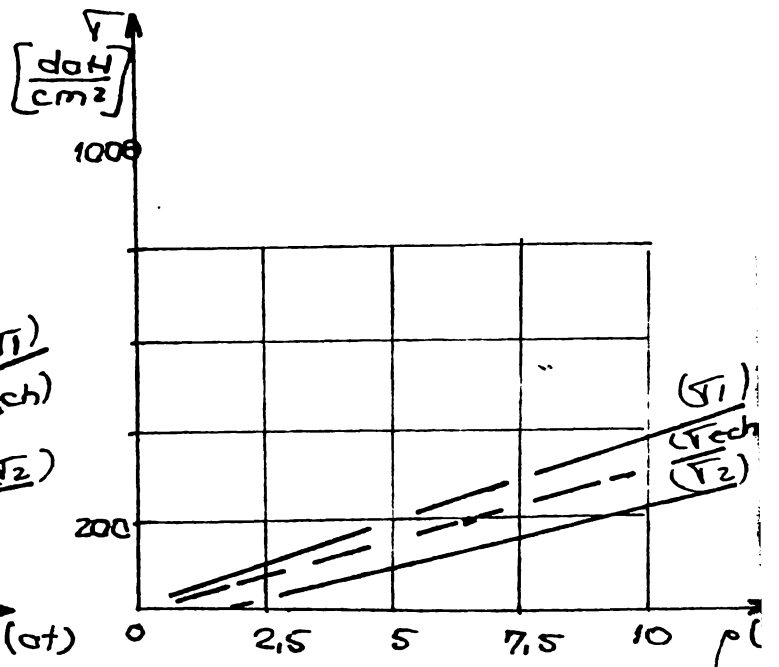


Fig. 3.13. -Post TER 4

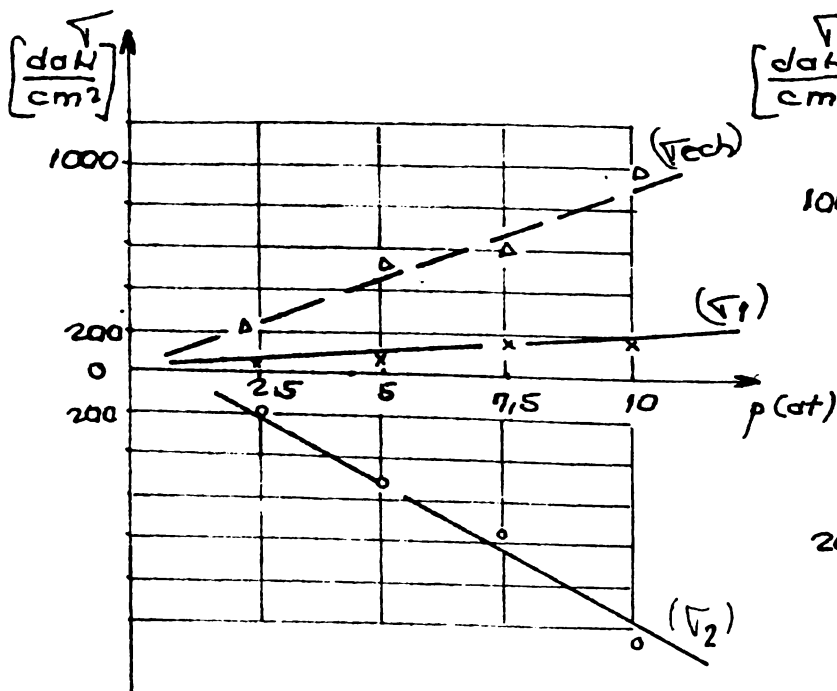


Fig. 3.14. POST-TER 5.

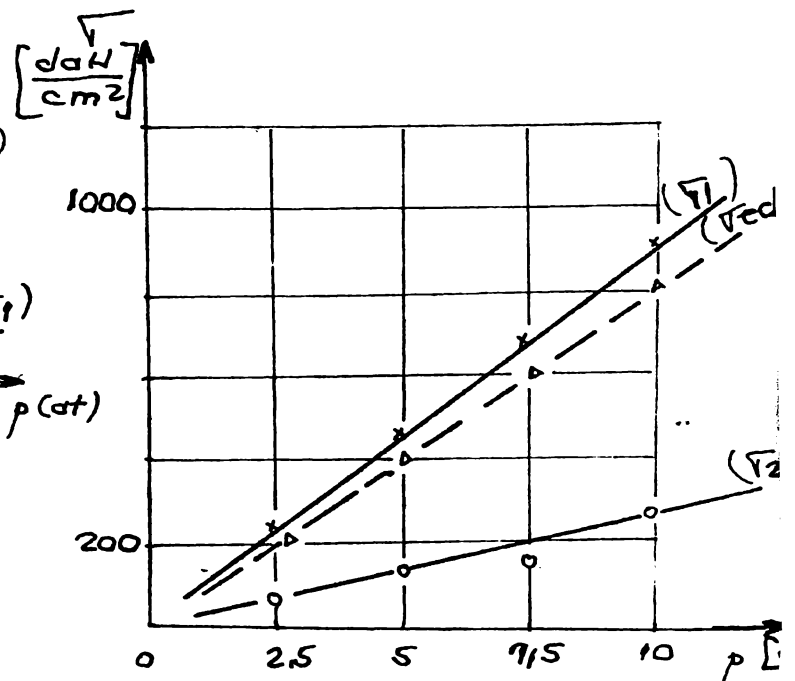


Fig. 3.15. - POST-TER 6.

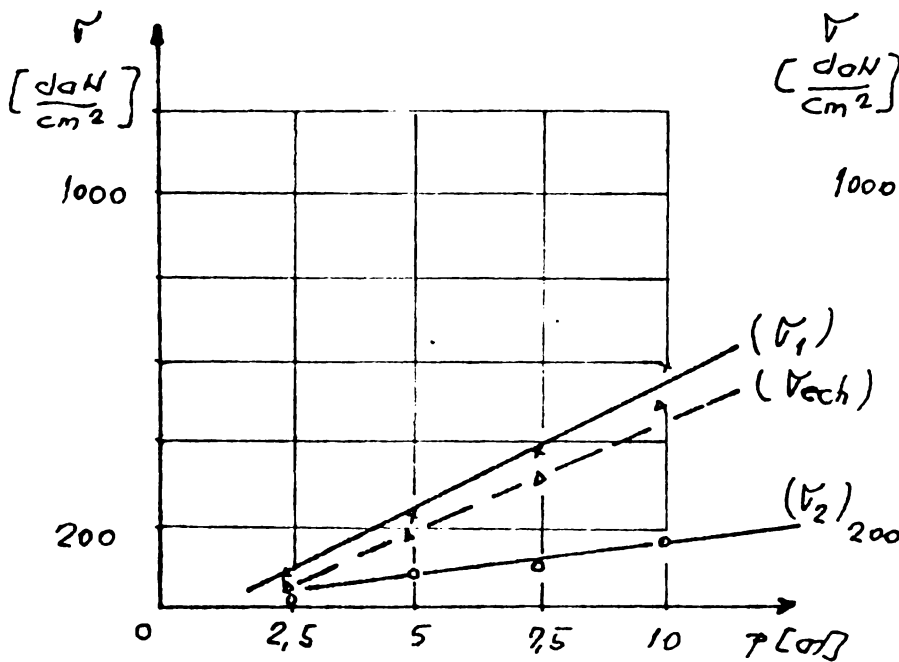


Fig 3.16- Post TER 7

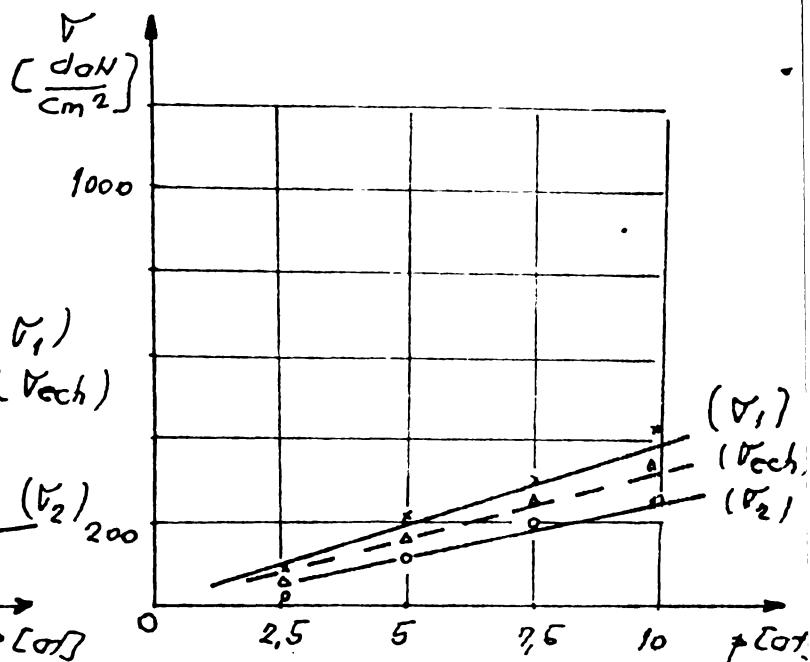


Fig. 3.17- Post TER 8

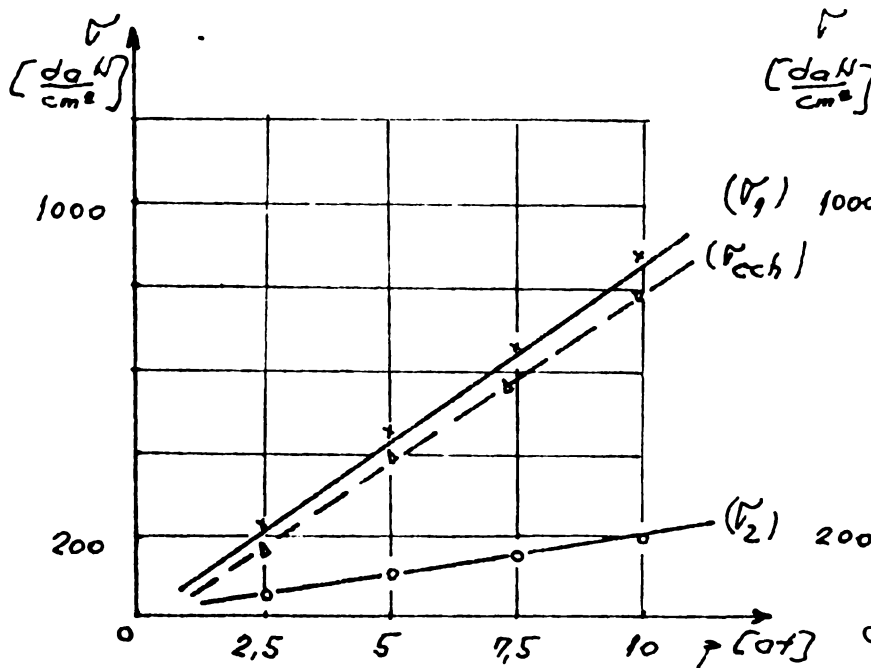


Fig. 3.18 - Post TER 9

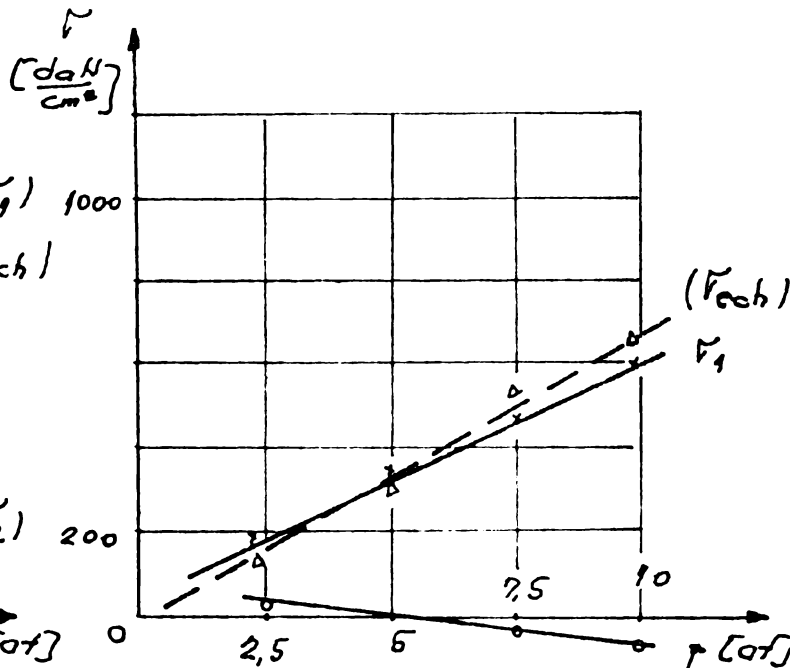


Fig. 3.19 - Post TER 10

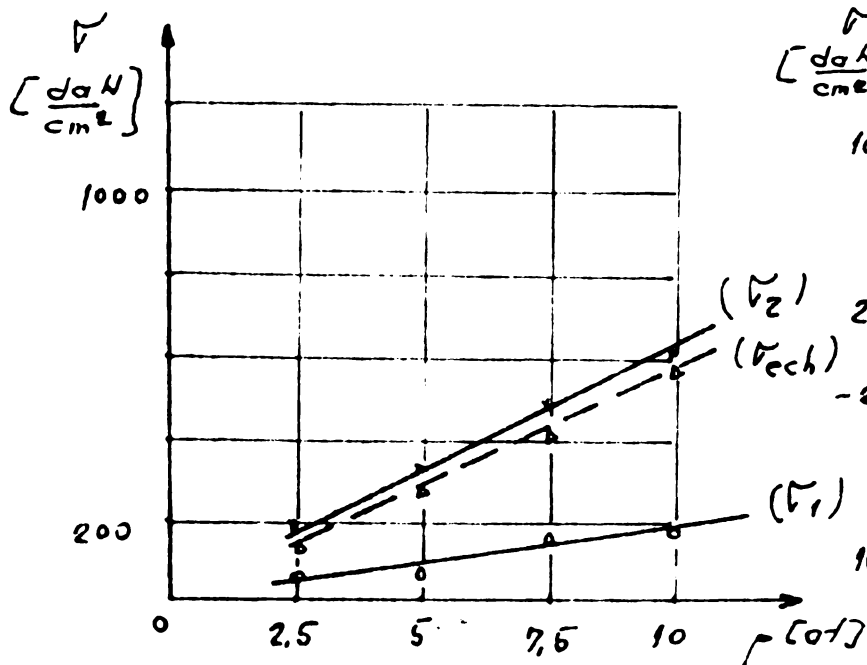


Fig. 3.20- Post TER 15

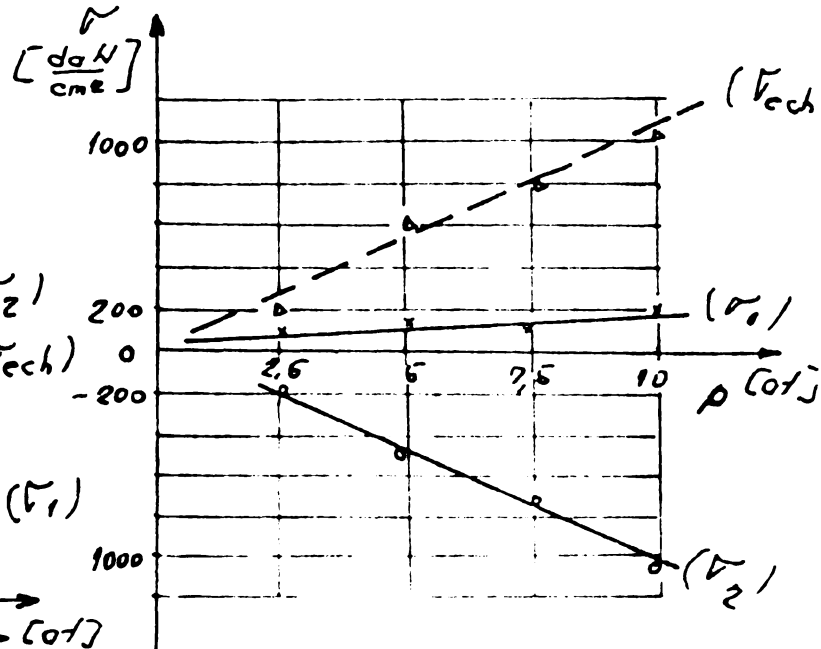


Fig. 3.21- Post TER 16

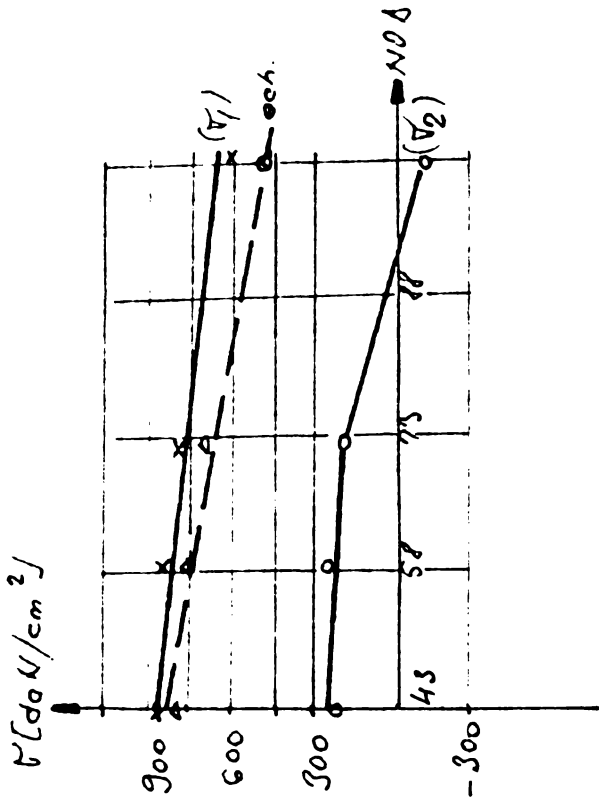
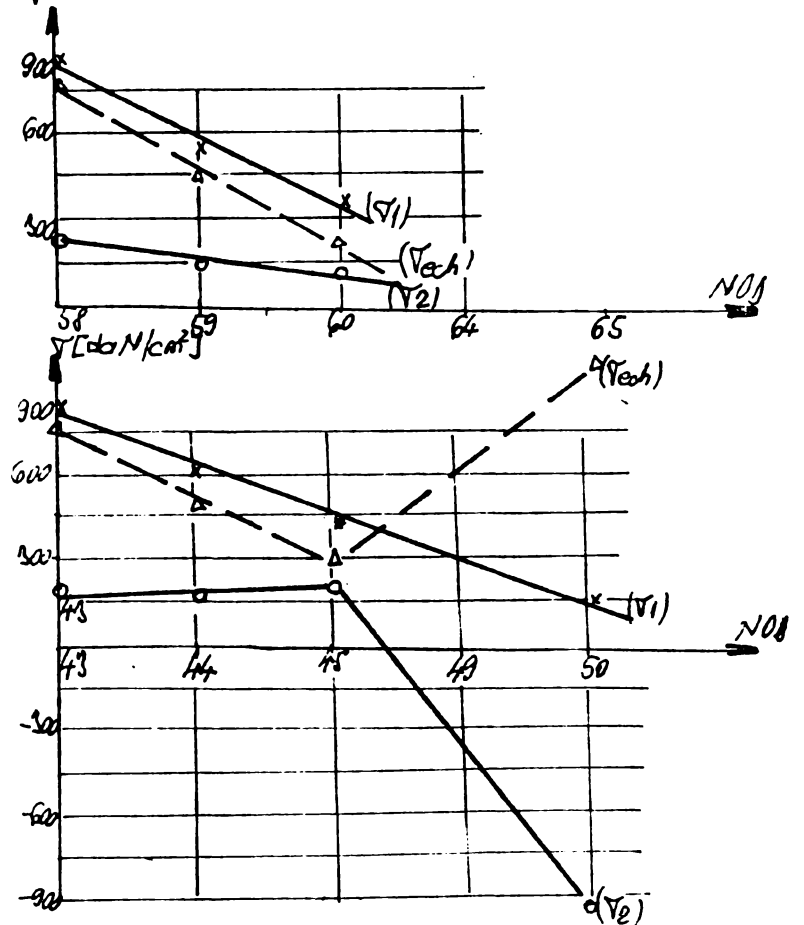
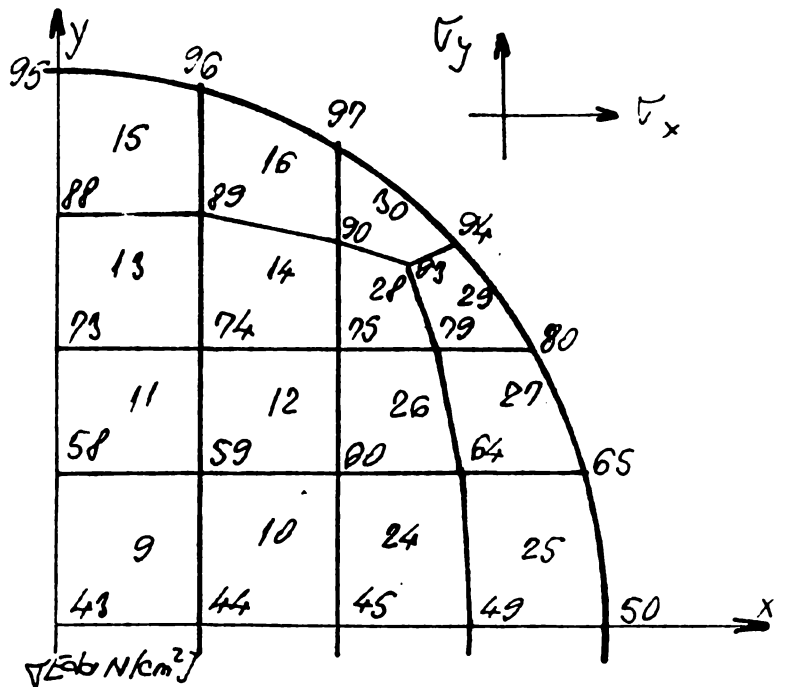


Fig. 3.22.

Distributia tensiunilor principale pe directia rodurilor elementelor finite.



Tabel 3.6

Nr. crt.	Nr. elem. finit	Tensiunea σ [$\frac{daN}{cm^2}$] determinată analitic		Tensiunea σ [$\frac{daN}{cm^2}$] determinată experimental		Abateri procentuale %	
		σ_1	σ_2	σ_1	σ_2	$\Delta \sigma_1$	$\Delta \sigma_2$
1	9	790,4	284,0	850,8	250,4	-8,27	-3,66
2	10	238,7	123,9	250,9	110,8	-5,11	10,5
3	11	805,9	276,1	873,3	238,9	-8,36	13,47
4	12	284,0	120,3	293,2	94,8	-3,23	21,19

elementul 12, măsurat experimental cu postul TER 14. Acest post a funcționat necorespunzător la încercările de probă și a fost înlocuit ulterior. Încercările s-au făcut în condiții specifice industriale, în jurul standului amenajat, existând în funcțiune mașini unelte de gabarit mare și poduri rulante grele ce au produs vibrații puternice cu toate măsurile de protecție luate. Dacă s-ar lua în calcul valorile obținute de posturile de măsură de control, dispus simetric față de postul 14 (posturile 33 și 40 din tabelul 3.5), am avea deformațiile specifice $\varepsilon_1 = 13$ și $\varepsilon_2 = 123$ pentru care am obține valorile $\sigma_1 = 114,7$ [daN/cm²] respectiv $\sigma_2 = 291,8$ [daN/cm²]. Pentru aceste mărimi, abaterile procentuale ar fi:

$$\Delta\sigma_1\% = \frac{284 - 291,8}{284} 100 = -2,74\%$$

$$\Delta\sigma_2\% = \frac{120,3 - 114,7}{120,3} 100 = 4,65\%$$

deformații ce se încadrează în abaterile impuse de modul de măsurare experimental ales.

3.3.2. Nervură transversală

Pentru testarea acestei zone a clapetei s-au utilizat un număr de 7 rozete pe trei direcții ceea ce este echivalent cu 21 de posturi de măsurare simple. Patru rozete au fost amplasate în zona îmbinării nervurii cu discul superior iar trei dispuse pe direcția Oz a nervurii.

Deoarece cum rezultă din tabelul 3.2, unghiurile direcțiilor principale ale tensiunilor este mic, de ordinul minuterilor, putem considera că σ_1 și σ_2 corespunde lui σ_z și σ_y .

Pe baza datelor furnizate de tabelele 2.7; 2.8 și 3.2 variația tensiunilor σ_z și σ_y pe lungimea părții centrale a cusăturii, a fost reprezentată grafic în figurile 3.23 și 3.24. Între valorile medii obținute pe elementele finite 55, 58 și 61 și valorile determinate experimental în nodurile 45, 60, 75 ale elementelor amintite sînt diferențe valorice, mărimile experimentale fiind mai mari.

Cele mai mari diferențe fiind date de nodul 60 și anume:

$$k_z = \frac{\sigma_z^*}{\sigma_z} = \frac{-1298}{-1143,1} = 1,13$$

$$k_y = \frac{\sigma_y^*}{\sigma_y} = \frac{-381,9}{-287,5} = 1,32$$

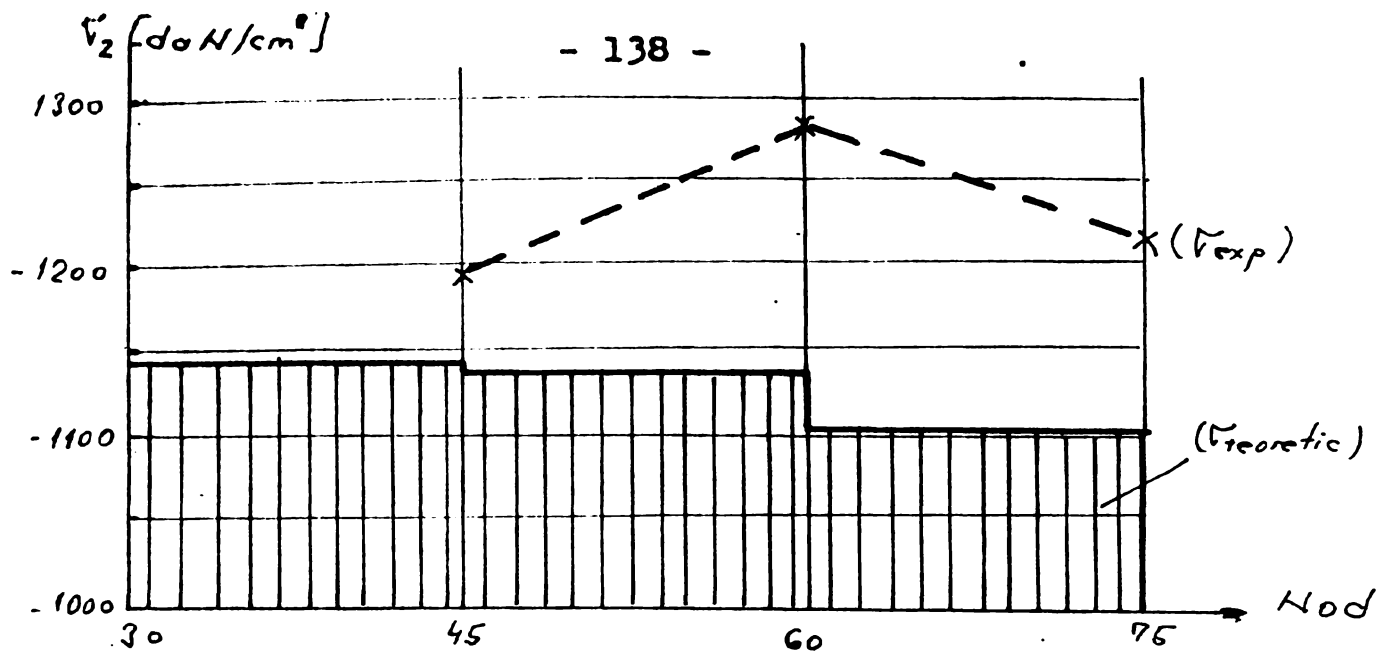


Fig. 3.23 - Distribuția σ_z pe direcția O_y

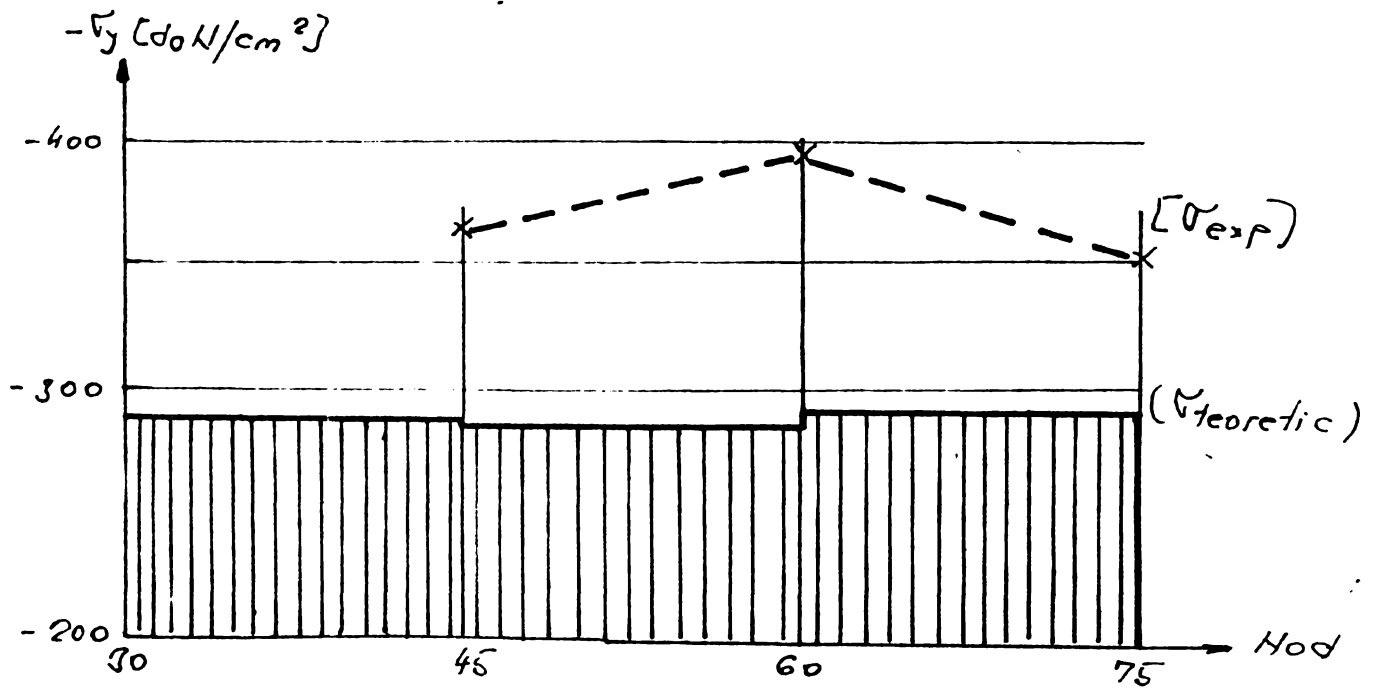


Fig. 3.24 - Distribuția σ_y pe direcția O_y

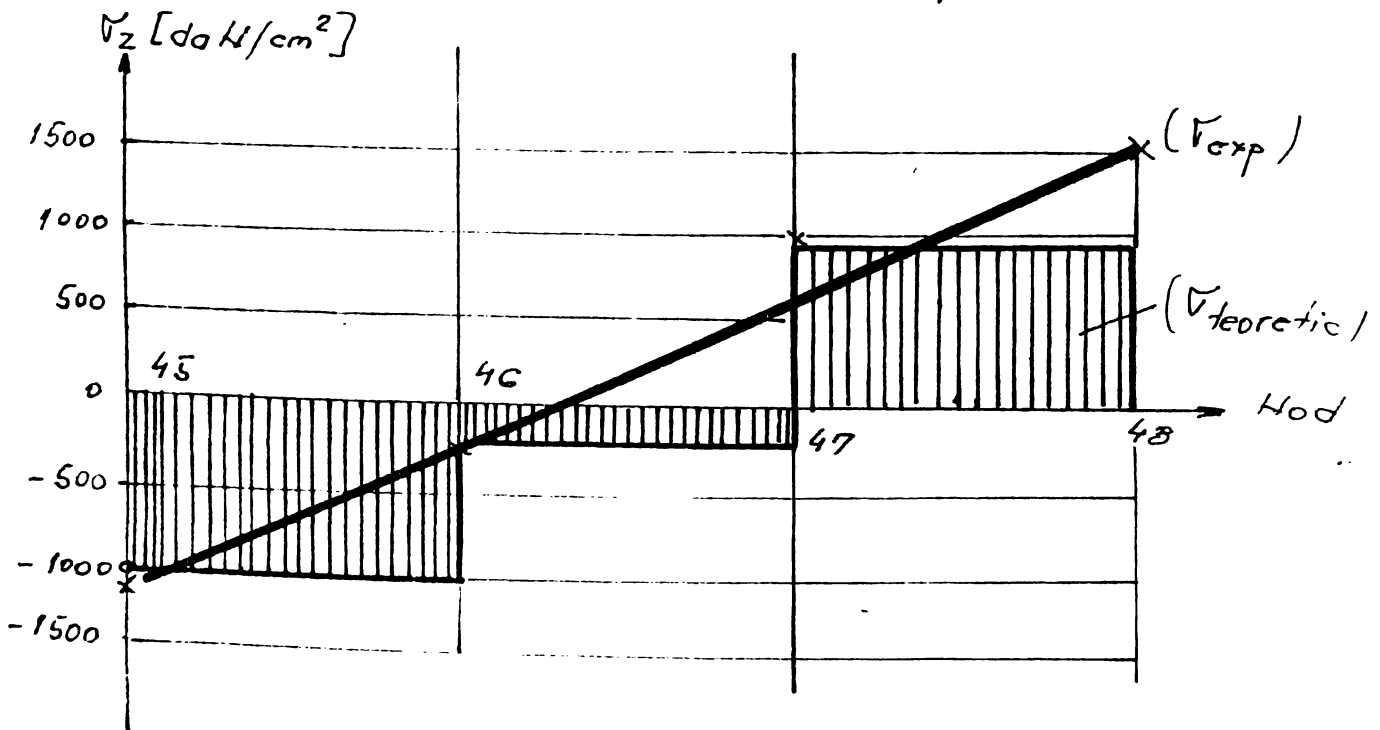


Fig. 3.25 Distribuția σ_z pe direcția O_z

(cu steluță s-au notat mărimile experimentale).

Această creștere a valorilor tensiunilor experimentale, mai ales pentru cele orientate pe direcția îmbinării sudate (O_y) se datoresc unui efect local [11] datorită condițiilor tehnologice în care a fost executată sudarea longitudinală. Valorile sînt însă mici și pot fi neglijate în calculele de proiectare.

Distribuția tensiunii maxime σ_z pe direcția O_z este reprezentată în figura 3.25 și are valorile extreme cuprinse între valorile (-1265 și +1336,4).

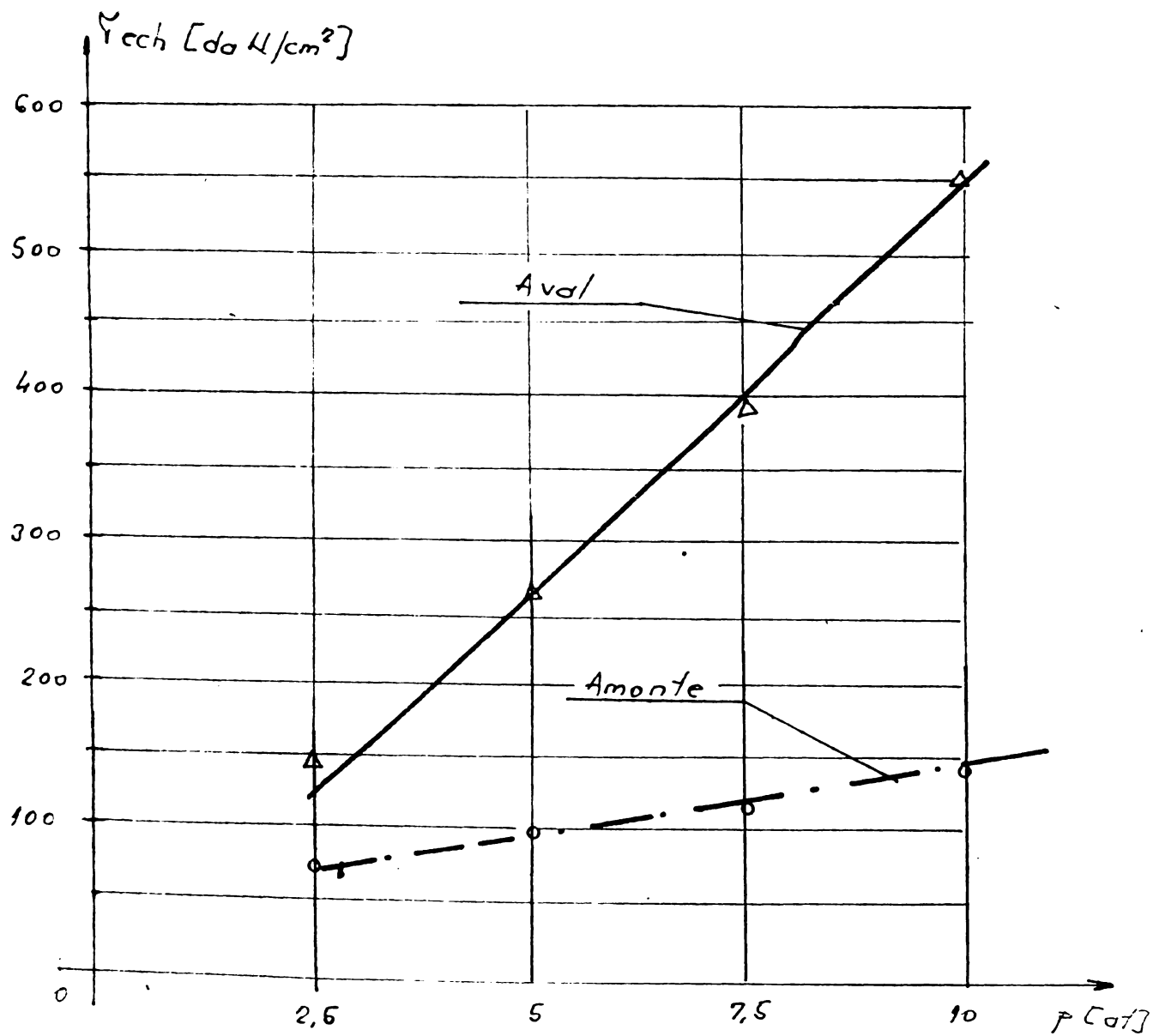
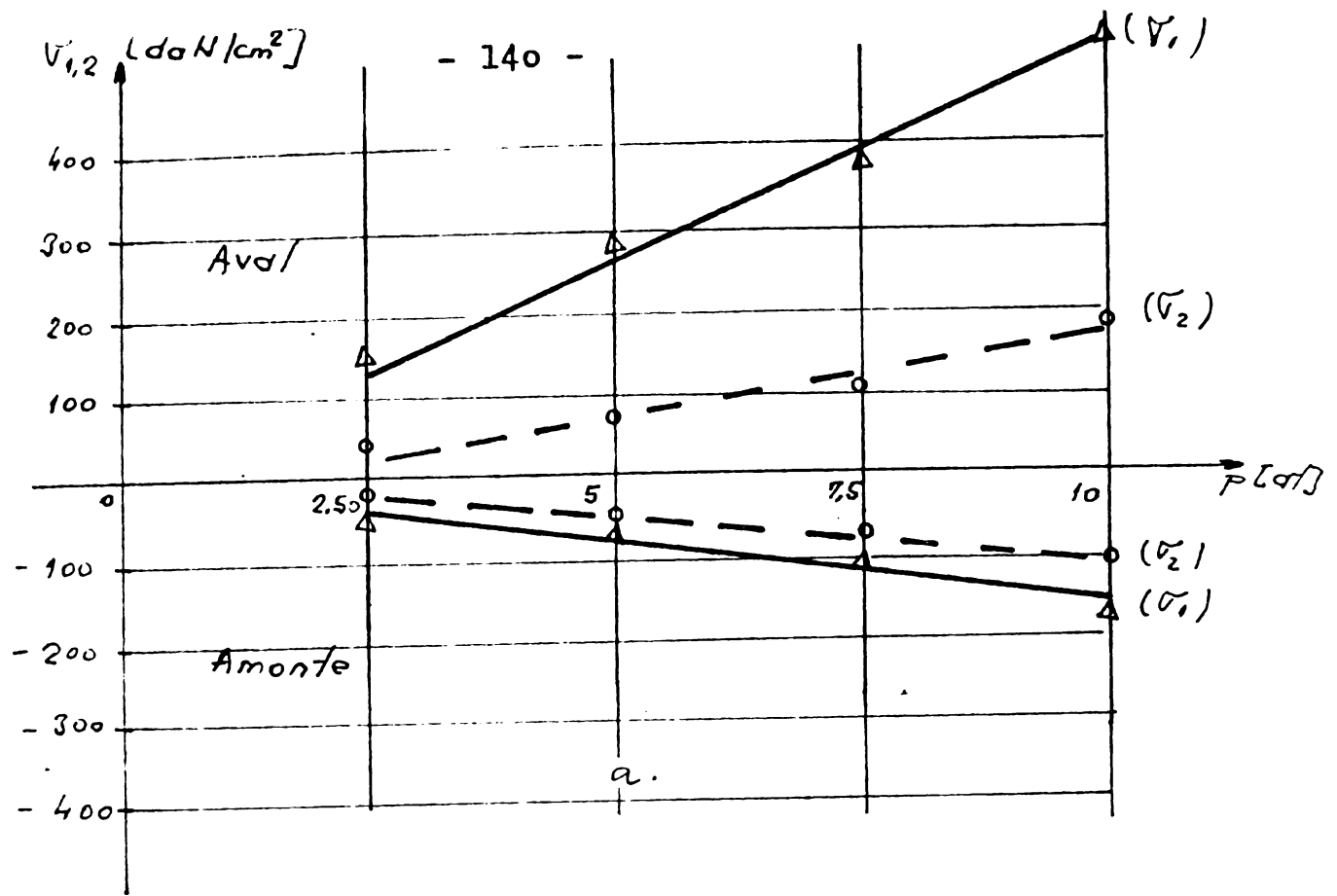
3.3.3. Placă de rigidizare inferioară.

Pentru această parte componentă a clapetei s-au utilizat 4 rozete pe trei direcții, echivalente cu 12 posturi de măsurare simple.

S-au amplasat două rozete în poziție centrală pentru nodul 57, pe fețele amonte și aral ale plăcii de rigidizare inferioară și două rozete dispuse longitudinal în nodurile 48 și 54.

Pentru posturile de măsurare 25 (aval) și 27 (amonte) în figura 3.26.a. și 3.26.b. s-au reprezentat modul de variație al tensiunilor σ_1 , σ_2 și σ_{red} în funcție de modul de încărcare. Si în acest caz se observă o variație liniară a mărimilor amintite ce demonstrează modul îngrijit de a obține rezultatele experimentale cât și faptul că timbrele tensometrice respective au funcționat corect în timpul încercărilor la presiunile de regim impuse.

Pe direcția longitudinală O_x , unde valorile extreme ale tensiunilor principale sînt cuprinse între +103,6 daN/cm² și -1528,3 daN/cm² s-a renunțat la o reprezentare grafică, deoarece aceasta ar avea caracter pur teoretic.



b.

Fig. 3.26 - post TER 25 și 27

CAPITOLUL IV

SINTEZA SI CONCLUZII FINALE

Vanele fluturate biplane, reprezintă elemente de închidere având caracteristici tehnico-economice superioare, în comparație cu alte tipuri de organe obturatoare: gabarit, greutate și preț de cost reduse, pierderi hidraulice scăzute și o siguranță sporită în exploatare; din acest motiv instituțiile specializate optează de cele mai multe ori la dispunerea lor în ansamblul amenajărilor hidraulice. În consecință, ca urmare a experienței câștigate în proiectarea și exploatarea acestor vane, s-a putut trece la întocmirea unor metodologii de calcul. Aceste metodologii conțin toate indicațiile legate de aspectele hidraulice inclusiv stabilirea acțiunilor care solicită vana și subansamblele acesteia. Parcurgând calculul de rezistență, pentru corpul vanei, se poate constata că sînt utilizate foarte multe ipoteze simplificatoare prin care modelul definit nu poate reflecta comportarea reală a vanei. În acest fel, calculul se dovedește de foarte multe ori descoperitor și deci necorespunzător.

În baza celor de mai sus s-a conturat necesitatea de a efectua o investigație amănunțită privitoare la starea de eforturi și deformații în structura acestor elemente de închidere. În acest scop s-a făcut uz de metoda elementelor finite ca fiind procedeul cel mai indicat de calcul numeric, avînd în vedere geometria complexă a structurii. Paragraful 2.3 conține toate aspectele analizei, începînd cu operația de discretizare (alegerea rețelei de calcul și a tipului de element finit) pînă la prelucrarea și interpretarea rezultatelor obținute. Prin reprezentarea grafică a deformațiilor și a variației solicitărilor și eforturilor unitare s-au putut trage mai multe concluzii referitoare la răspunsul vanei la acționarea presiunii apei, veridicitatea rezultatelor obținute fiind confirmată și prin măsurători experimentale (capitolul 3) efectuate în paralel cu calculul numeric amintit. În acest fel mărimile calculate cu metoda elementelor finite pot sta la baza unei analize comparative a procedeelelor de calcul expuse, prin formularea unor remarci legate de corectitudinea respectiv acuratețea acestor procedee, cu implicații în siguranța structurii vanelor fluturate. Astfel, cea mai corectă imagine a comportării vanei se obține cu metoda elementelor finite, valorile tensiunilor și deformațiilor rezultînd foarte apropiate de valorile reale. Așa cum s-a arătat în

paragraful 2.3 rezultatele obținute depind însă în bună parte de soluția de discretizare aleasă, fiind deosebit de utilă experiența câștigată în domeniul mecanicii construcțiilor privitoare la intuirea răspunsului structurilor la acțiunile exterioare. Pe de altă parte, date fiind operațiile în pregătire a datelor inițiale și de prelucrare a rezultatelor obținute, dar și datorită unei asimilări mai restrânse a metodei de către majoritatea proiectanților, metoda elementelor finite nu și-a câștigat încă o utilizare curentă în proiectare. Având în vedere însă faptul că majoritatea institutelor de proiectare din țară sînt dotate cu calculatoare electronice deservite de cadre cu pregătire medie și superioară în domeniul informaticii această metodă de analiză a structurilor va trebui să fie însușită de toți proiectanții de structură, pentru a asigura o proiectare rațională și economică.

În privința metodei de calcul simplificată, clădite pe teoria elementară a barelor încovoiate, aceasta se dovedește ca fiind necorespunzătoare conducînd la valori descoperitoare ale tensiunilor și deformațiilor și la o imagine eronată a stării de eforturi și deformații. Aici își poate găsi explicația și faptul că acești coeficienți de siguranță aleși de proiectant ajung uneori la valori ce depășesc 8 în regim normal de funcționare, respectiv 5 la probele hidraulice, de altfel deosebit de severe ce premerg darea în folosință a vanei. Paragrafele 2.1. și 2.2. conțin o serie de observații referitoare la această modalitate de calcul, scoțînd în evidență aspectele ei deficitare. Comparînd aceste rezultate cu cele din paragraful 2.3 se poate afirma că:

- valoarea tensiunii normale calculată în secțiunea centrală și în fibra extremă comprimată a secțiunii cu relația lui Navier se îndepărtează cu pînă la $\frac{985-148,5}{985} \cdot 100 = 85\%$ de valoarea calculată cu metoda elementelor finite, ceea ce reprezintă o diferență inadmisibilă,

- valoarea maximă a tensiunii normale calculată cu relația lui Navier în fibra cea mai îndepărtată de axa neutră a secțiunii corespunde zonei întinse și rezultă cu $\frac{535,6-531}{535,6} \cdot 100 = 0,85\%$ mai mică față de valoarea obținută cu metoda elementelor finite. Totodată trebuie remarcat și faptul că tensiunile cele mai mari cu loc nu în secțiunea centrală ci în zona de racord a elementului de rigidizare cu butucul vanei,

- distribuția tensiunilor normale între reazemele grinzii simplu rezemate este dependentă de variația momentului încovoietor rămânând în tot intervalul de același semn, în schimb calculul cu metoda elementelor finite pune în evidență o schimbare de semn a tensiunii normale, atât la discul vanei cât și în elementul de rigidizare al acesteia,

- observațiile de mai sus arată că un calcul de grinză conduce la valori descoperitoare ale tensiunilor și mult îndepărtate de valorile reale ale acestora astfel încât și coeficienții de siguranță obținuți prin intermediul lor sînt discutabili,

- calculul condus conform [41], [42] se reduce la determinarea tensiunii normale, fără a mai efectua un calcul al deformațiilor, or cunoașterea rigidității elementelor de rezistență este obligatorie și poate condiționa în multe situații dimensionarea. Calculînd săgeata maximă a grinzilor conjugate, ținînd bineînțeles seamă de variația momentului de inerție, rezultă o valoare de cca 10 ori mai mică decît cea obținută cu metoda elementelor finite sau măsurată experimental. Această valoare redusă a deformației se explică prin supraestimarea rigidității structurii ca urmare a ipotezei secțiunilor plane a lui Bernoulli ce stă la baza relațiilor de calcul din teoria elementară a barelor supuse la încovoiere.

Nici calculul analitic descris în paragraful 2.2 nu corespunde necesităților proiectării fiind greoi și conceput pentru un caz particular de alcătuire a vanei fluture. Procedul elimină unele dezavantaje semnalate mai sus, dar fiind clădit pe aceleași ipoteze simplificatoare ale teoriei barelor încovoiate, conduce la rezultate de asemenea nesatisfăcătoare.

Prin studiul efectuat în baza metodei elementelor finite (cu ajutorul programului de calcul SAP 4 [68]), analizînd atât starea de eforturi în corpul vanei cât și deformația acesteia, autorul a întrevăzut posibilitatea de a modela structura vanei sub forma unui cadru plan, cu noduri deplasabile încărcat în planul său. Această modalitate de a aborda calculul vanei fluture prin asimilarea acesteia cu un cadru cu noduri deplasabile, prin rezultatele numerice obținute se situează, din punctul de vedere al acurateței în vecinătatea metodei elementelor finite cu elemente finite bidimensionale. Acest calcul

s-a condus automat în baza unui program de calcul redactat de autor în limbaj FORTRAN 4 - denumit „CLAPETA”, program care a fost dimensionat la numărul de bare și noduri la care se poate ajunge în mod curent ca urmare a discretizării vanei. În acest fel programul rezultat ocupă numai 32 KO de memorie. Valorile deformațiilor obținute sînt practic aceleași cu cele obținute în paragraful 2.3 (de exemplu diferența între săgeata centrului vanei obținută prin calculul de cadru în baza modelului din figura 2.80 și prin metoda elementelor finite este numai de $\frac{0,19082 - 0,201}{0,201} \cdot 100 = -5\%$) iar diferențele la tensiunile normale σ_x sînt de asemenea reduse (în centrul discului diferența este de $\frac{1052 - 985}{985} \cdot 100 = +6,8\%$ prin considerarea valorii maxime din calculul de cadru al figurii 2.59, sau de $\frac{917 - 985}{985} \cdot 100 = -6,9\%$ prin considerarea valorii medii).

Acest procedeu de calcul, a comportării vanei la presiunea apei, elimină desavantajele calculului simplificat de grindă, facilitînd totodată calculul pentru cazul vanelor cu mai multe diafragme sau dispuse înclinat față de planul discului, elemente de alcătuire care influențează în mod hotărît starea de deformație și de eforturi. Pe de altă parte, exploatarea programului de calcul desoris în paragraful 2.4.3 reclamă un volum de date substanțial redus față de cel necesar într-un calcul prin metoda elementelor finite, astfel încît și timpul necesar pregătirii acestor date este mult redus. Se poate deci afirma că prin procedeul de calcul propus în lucrare, se obțin certe avantaje, pe de o parte este redus volumul de muncă necesar pregătirii datelor inițiale iar pe de altă parte se obține o imagine satisfăcătoare a stării de eforturi și deformații ceea ce poate justifica o reducere substanțială a coeficienților de siguranță prin reducerea dimensiunilor, realizînd astfel economii de oțel și îmbunătățind totodată parametrii hidraulici ai vanei.

Studiul teoretic al vanei fluture biplane este completat printr-o analiză experimentală a clapetei, în regim static de acționare, utilizîndu-se în acest sens metoda tensometriei electrice rezistive.

Clapeta vanei a fost investigată în 96 de puncte de măsurare la patru trepte de încărcare constantă ($p=2,5; 5; 7,5; 10$ at), pentru fiecare treaptă făcîndu-se trei cicluri de încărcare și descărcare, ceea ce însumează un total de 2304 citiri.

Instalația tensometrică utilizată este de tip Hottinger

(cu trusa tensometrică aferentă) ce are posibilitatea măsurării a 60 de traductoare tensometrice rezistive. S-au utilizat traductoare și rozete de fabricație PHILIPS și HOTTINGER, pe una, două și respectiv trei direcții.

Reprezentarea grafică și interpretarea mărimilor experimentale, vin să confirme justetea calculului numeric și modalitatea în care a fost abordată problematica temei studiate.

Principalele contribuții ale autorului tezei la calculul de rezistență al vanei fluture biplane, sînt:

1. S-a făcut o analiză critică a metodelor actuale de calcul, utilizate în proiectarea vanelor, evidențiindu-se unele deficiențe care conduc la rezultate uneori îndepărtate de realitate, față de valorile determinate experimental ale tensiunilor și deformațiilor.

2. Utilizînd metoda elementului finit, în lucrare se prezintă o amănunțită investigație a stării de tensiune și deformații a clapetei vanei fluture biplane. Analiza concentrărilor de tensiune prin aceeași metodă, conduce la posibilitatea de a calcula și un coeficient teoretic de concentrare a tensiunilor, cu implicații în calcule de durabilitate.

3. Explorarea experimentală a stării de tensiune prin tensometrie electrică rezistivă și măsurarea deplasărilor într-un mare număr de puncte, pe o vană fluture scara 1:1 a permis autorului să analizeze unele particularități ale sistemului de rezistență, formulînd unele observații pe baza cărora a elaborat un nou model de calcul.

4. Pe baza cunoașterii detaliate a cîmpului de tensiuni și deformații din clapeta vanei, autorul a elaborat un nou model al clapetei vanei fluture, constînd dintr-un cadru cu noduri deplasabile, pentru care a elaborat un program de calcul, redactat în limbaj FORTRAN 4 - numit "CLAPETA" de mare utilizare practică întrucît permite studii de optimizare ale soluțiilor constructive, timpul de rulare al programului fiind acceptabil din punct de vedere practic.

O parte din acest studiu teoretic și experimental a constituit și tema unui contract de cercetare științifică [38] încheiat între Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timisoara, respectiv Institutul de Subingineri Reșița, în calitate de executant cu Întreprinderea Constructoare de Mașini Reșița, în calitate de beneficiar.

B I B L I O G R A F I E

- 1 Theocaris, P., S., Atanasiu, C., Boleanțu, L., Buga M., Burada D., Constantinescu I., Iliescu M., Mocanu D., R., Păstrăv I., Teodoru M.; Analiza experimentală a tensiunilor, vol. I., Ed. Tehnică, București.
- 2 Ienșin, B. I. : Zatvory i perehody turboprovodov, Mașgiz, Moscova 1962.
- 3 Smoczer, I., : Probleme de calcul și construcție ale vanelor pentru conducte forțate. Construcția de mașini nr. 9, Septembrie 1971.
- 4 Smoczer, I., Takacs R., : Probleme de proiectare a vanelor fluture pentru conducte forțate, goliri de fund și aspecte privind creșterea siguranței în exploatare, conf. Energ. din România, București 17-19 oct., 1974.
- 5 Ienșin, B. I., : Hidrodinamiceskie caracteristiki zetvorov i elementov turboprovodov, Mașinostroenie, 1965.
- 6 Smoczer, I., : Limitator de debit unisens pentru acționări hidraulice, Simpozion TMM, Reșița, oct. 1972.
- 7 Brebenariu, R., Smoczer I., Takacs R., : Instalații de vane de secțiune circulară proiectate la ICPEH Reșița, Construcția de mașini nr. 7 iulie, București, 1975.
- 8 Wickert, G., Schumauber, G., Stahlwasserbau theorie, konstruktive lösungen speziele probleme, New York, 1971.
- 9 Pavel, D., : Mașini hidraulice, vol. II. Ed. Energetică de Stat București, 1955.
- 10 Pavel, D., Zarea, St., Turbine hidraulice și echipamente hidroenergetice, vol. II, Ed. Did. și Pedagogică, București, 1968.

- 11 Teodorescu, C., C., Mocanu, D., R., Buga, M., Imbinări sudate, Ed. Tehnică, București, 1973.
- 12 MICMG-IPCUP, Armături metalice industriale, catalog I.N.I.D. - 1973.
- 13 Hashimoto, T., Power - Station Design Trends in Japan Water Power Nr.5/68.
- 14 x x x Colecție de reviste V.F., Charmilles - Elveția 1965-71.
- 15 x x x Colecție de reviste de V.F., V.S., V.K., Escher-Wyss, RFG-Elveția 1928-1970.
- 16 x x x Colecție de reviste de vane, Riva Calzoni, Italia, 1973.
- 17 x x x Colecție de reviste și documentație de fabricație (V.F., V.S., V.K.,) Vevey, Elveția 1970-1972.
- 18 x x x Colecție de reviste și documentație de fabricație (V.F., V.S., V.K.,) Neyrpic, Franța 1969-1970.
- 19 x x x Colecție de reviste și liste de referință (V.F., V.S., V.K.,) Voith, Austria, 1976.
- 20 x x x Colecție de reviste și documentație de fabricație (V.F., V.S., V.K.,) Litestrej, RSFI, 1964-72.
- 21 x x x Colecție de reviste și documentație de fabricație (V.F., V.S., V.K.,) CKD-Blansa, RSC, 1960-65.
22. x x x Colecție de reviste și documentație de fabricație (V.F., V.S., V.K.,) LMZ-HTGZ; URSS 1960-76.
- 23 x x x Colecție de reviste V.F., "Miniterk", Masoneilan, RFG, 1974.
- 24 x x x Colecție de reviste V.F., Boving, Anglia, 1969-1977
- 25 x x x Colecție de reviste (V.F., V.S.,) VAG - RFG, 1973.
- 26 x x x Listă de referință, Hitachi, Japonia, 1970.
- 27 x x x Colecție de reviste, Mitsubishi Heavy Industries, Japonia, 1970-1977.
- 28 x x x Colecție de reviste, V.Fb., KaMeWa, Suedia, 1960-1970.
- 29 x x x Colecție de reviste, V.F., Ganz, R.P.U., 1950-1970
- 30 x x x Colecție de reviste, V.F., Gulde, R.F.G., 1970

- 31 x x x Colecție de reviste V.F.,Klingert,RFG,1970.
- 32 Gunevici,D.F., Rascet i konstruivovanie turboprevodnoj armatury,Maşinostroenie,1969.
- 33 Anton,V.,Popoviciu,M.,Hidraulică şi maşini hidraulice, I.P.T.,1968.
- 34 Smoczer,I., Calculul etanşărilor vanelor fluture proiectate la C.C.S.I.T.E.H.Reşiţa,Construcţia de maşini,nr.9,1980.
- 35 x x x I.C.P.E.H.Reşiţa, Laboratorul de Cercetări Maşini Hidraulice,Reşiţa,1976.
- 36 x x x Institutul de studii şi proiectări hidroenergetice U.H.E.Scropoasa,Specificaţia tehnică Turbina F.V.M.6,25-219,cod 773,384,Bucureşti,1977.
- 37 x x x Institutul de studii şi proiectări hidroenergetice, U.H.E.Scropoasa,Specificaţia tehnică, Casa vanelor-castel,cod 823.326.2, Bucureşti,1977.
- 38 Mănescu,T.,şi colab.,Contract de cercetare ştiinţifică, I.S.Reşiţa,nr.299/1979.
- 39 Anton,I., Turbine hidraulice,Ed.Facla,Timişoara,1979.
- 40 Răutu,S.,Bănuţ,V., Statica construcţiilor,Ed.Didactică şi Pedagogică,Bucureşti,1974.
- 41 Schugovitz,I.,Smoczer,I., Instalaţia vanei fluture (V.F.) 150-80,CHE Scropoasa, Calcule definitive, I.C.P.E.H.Reşiţa,1979.
- 42 Takacs,R., Metodologia de calcul a vanelor fluture biplane, Breviar de calcul,I.C.P.E.H.Reşiţa,1973.
- 43 Timoshonko,S., Woinowsky-Kneger,S., Teoria plăcilor plane şi curbe,Ed.Tehnică.Bucureşti,1968.
- 44 Boleanţu,L., Rezistenţa materialelor,vol.IV, I.P.T.V. Timişoara,1976.
- 45 Soare,M., Plăci plane (secţiunea a VI-a), Manual pentru calculul construcţiilor, vol.I.,Ed.Tehnică, 1 9 7 7 .

- 46 Boleanțu, L., Mănescu, T., Analiza stării de eforturi și deformații la clapeta vanei fluture, de diametru 1500 mm, cu metoda elementelor finite, Construcția de Mașini, nr. 3, pag. 115-120, București, 1981.
- 47 Mănescu, T., Calculul vanei tip fluture (variantea Escherwyss) prin asimilarea acesteia cu un cadru, Construcția de Mașini, nr. 3, pag. 120-123, București, 1981.
- 48 Boleanțu, L., Mănescu, T., Aspecte referitoare la calculul tensiunilor și deformațiilor clapetei vanei biplane, în regim static de acționare, Construcția de Mașini, nr. 3, pag. 123-127, București, 1981.
- 49 Buzdugan, Gh., Blumenfeld, M., Tensometria electrică rezistivă, Ed. Tehnică, București, 1966.
- 50 Mocanu, D., R., Buga, M., Halchini, C., Teodoru, M., Utilizarea tensometriei electrice la determinarea eforturilor unitare, Ed. Centrul de documentare, București, 1967.
- 51 Marozov, A., A., Turbiny i oborudovanie gidroelektrostancij, Grosenergoizdat, 1958.
- 52 Alexandrescu, I., Conducte și armături, Ed. Tehnică, București, 1963.
- 53 Subenko, S., Procnost' elementov parovykh turbin, Ed. Tehnică, București, 1962.
- 54 Volmir, A., S., Ustoicivost' depanghin sistem, Gos. Izd. Fiz.-Mat., Lit., Moskva, 1963.
- 55 Gioncu, V., Ivan, M., Instabilitatea structurilor din plăci curbe subțiri, Ed. Acad., București, 1978.
- 56 Mateescu, D., Construcții metalice speciale, Ed. Tehnică, București, 1962.
- 57 Bolotnikov, A., A., Ocenki procnosti i zestkosti rotora zatvora tipa "biplan" în "Gidravliceskije mașiny, 1974, Harkov, fasc., 8.
- 58 Cuteanu, E., Marinov, R., Metoda elementelor finite în proiectarea structurilor, Ed. Facla, Timișoara, 1980.

- 59 Gheorghiu, A., Concepții moderne în calculul structurilor, Ed. Tehnică., București, 1975.
- 60 Boleanțu, L., Dobre, I., Aplicații ale mecanicii solidului deformabil în construcția de mașini, Ed. Facla, Timișoara, 1978.
- 61 Olteanu, N.G., Pîrvu, E., A., Metode de discretizare a continuului în vederea rezolvării diferitelor tipuri de probleme de mecanică, Vol. II., Metoda elementelor finite, C.N.S.T. București, 1972.
- 62 Căpățînă, D., Calculatorul în ajutorul proiectării construcțiilor, Ed. Tehnică, București, 1976.
- 63 Beleş, A., A., Mihăilescu, C., Mihăilescu, St., Calculul construcțiilor amplasate pe terenuri deformabile, Ed. Acad., București, 1977.
- 64 Massonnet, Ch., și colab., Calculul structurilor la calculatoare electronice, Ed. Tehnică, București, 1974.
- 65 Huebner, K., H., The Finite Element Method for Engineers, John Wiley & Sons, 1974.
- 66 Zientziewicz, O., C., The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, 1968.
- 67 Zurmühl, R., Matrizen und ihre technischen Anwendungen, Springer-Verlag, 1964.
- 68 x x x Program SAP-4, Manual de utilizare.
- 69 x x x Hottinger Baldwin Messtechnik, G.M.B.H., colecție de reviste, 1974-1980.
- 70 Kollbrunner, C., F., Hajdin, N., Beitrag, zur berechnung von Strauwehrklappen, Verlag Leemann, Zürich, 1961.
- 71 Munteanu, I., I., Calculul structurilor spațiale în formulare matricială, Ed. Facla, 1973.
- 72 Boleanțu, L., Fischer, M., Babeu, T., Unele particularități ale încercărilor de rezistență pe modele din elemente cu dimensiuni mici, Studii și cercetări metalurgice, Tom 12, nr. 1, Ed. Acad., București, 1967, pag. 145-163.

А Н Б Г Д

VAN# FLUTURE (670.5U.643-40;705-60, <DI&F=40-000)

C O N T R O L I N F O R M A T I O N

NUMBER OF NODAL POINTS	=	111
NUMRER OF ELEMENT TYPES	=	2
NUMRER OF LOAD CASES	=	1
NUMBER OF FREQUENCIES	=	0
ANALYSIS CODE (NDYN)	=	0
FO.0. STATIC		
FO.1. MODAL EXTRACTION		
FO.2. FORCED RESPONSE		
FO.3. RESPONSE SPECTRUM		
FO.4. DIRECT INTEGRATION		
SOLUTION MODE (MODEX)	=	U
FO.0. EXECUTION		
FO.1. DATA CHECK		
NUMBER OF SUBSPACE		
ITERATION VECTORS (NAD)	=	U
EQUATIONS PER BLOCK	=	U
TAPF10 SAVE FLAG (N10SV)	=	0

GENERA NODUL	AREA	NUMERELOR	ECUATIILOR	XX	YY	ZZ
111	005	X	2	XX	YY	ZZ
112	006	Y	7	XX	YY	ZZ
113	007	Y	13	XX	YY	ZZ
114	008	Y	19	XX	YY	ZZ
115	009	Y	24	XX	YY	ZZ
116	010	Y	29	XX	YY	ZZ
117	011	Y	35	XX	YY	ZZ
118	012	Y	41	XX	YY	ZZ
119	013	Y	47	XX	YY	ZZ
120	014	Y	53	XX	YY	ZZ
121	015	Y	58	XX	YY	ZZ
122	016	Y	63	XX	YY	ZZ
123	017	Y	68	XX	YY	ZZ
124	018	Y	73	XX	YY	ZZ
125	019	Y	78	XX	YY	ZZ
126	020	Y	83	XX	YY	ZZ
127	021	Y	88	XX	YY	ZZ
128	022	Y	93	XX	YY	ZZ
129	023	Y	98	XX	YY	ZZ
130	024	Y	103	XX	YY	ZZ
131	025	Y	108	XX	YY	ZZ
132	026	Y	113	XX	YY	ZZ
133	027	Y	118	XX	YY	ZZ
134	028	Y	123	XX	YY	ZZ
135	029	Y	128	XX	YY	ZZ
136	030	Y	133	XX	YY	ZZ
137	031	Y	138	XX	YY	ZZ
138	032	Y	143	XX	YY	ZZ
139	033	Y	148	XX	YY	ZZ
140	034	Y	153	XX	YY	ZZ
141	035	Y	158	XX	YY	ZZ
142	036	Y	163	XX	YY	ZZ
143	037	Y	168	XX	YY	ZZ
144	038	Y	173	XX	YY	ZZ
145	039	Y	178	XX	YY	ZZ
146	040	Y	183	XX	YY	ZZ
147	041	Y	188	XX	YY	ZZ
148	042	Y	193	XX	YY	ZZ
149	043	Y	198	XX	YY	ZZ
150	044	Y	203	XX	YY	ZZ
151	045	Y	208	XX	YY	ZZ
152	046	Y	213	XX	YY	ZZ
153	047	Y	218	XX	YY	ZZ
154	048	Y	223	XX	YY	ZZ
155	049	Y	228	XX	YY	ZZ
156	050	Y	233	XX	YY	ZZ
157	051	Y	238	XX	YY	ZZ
158	052	Y	243	XX	YY	ZZ
159	053	Y	248	XX	YY	ZZ
160	054	Y	253	XX	YY	ZZ
161	055	Y	258	XX	YY	ZZ
162	056	Y	263	XX	YY	ZZ
163	057	Y	268	XX	YY	ZZ
164	058	Y	273	XX	YY	ZZ
165	059	Y	278	XX	YY	ZZ
166	060	Y	283	XX	YY	ZZ
167	061	Y	288	XX	YY	ZZ
168	062	Y	293	XX	YY	ZZ
169	063	Y	298	XX	YY	ZZ
170	064	Y	303	XX	YY	ZZ
171	065	Y	308	XX	YY	ZZ
172	066	Y	313	XX	YY	ZZ
173	067	Y	318	XX	YY	ZZ
174	068	Y	323	XX	YY	ZZ
175	069	Y	328	XX	YY	ZZ
176	070	Y	333	XX	YY	ZZ
177	071	Y	338	XX	YY	ZZ
178	072	Y	343	XX	YY	ZZ
179	073	Y	348	XX	YY	ZZ
180	074	Y	353	XX	YY	ZZ
181	075	Y	358	XX	YY	ZZ
182	076	Y	363	XX	YY	ZZ
183	077	Y	368	XX	YY	ZZ
184	078	Y	373	XX	YY	ZZ
185	079	Y	378	XX	YY	ZZ
186	080	Y	383	XX	YY	ZZ
187	081	Y	388	XX	YY	ZZ
188	082	Y	393	XX	YY	ZZ
189	083	Y	398	XX	YY	ZZ
190	084	Y	403	XX	YY	ZZ
191	085	Y	408	XX	YY	ZZ
192	086	Y	413	XX	YY	ZZ
193	087	Y	418	XX	YY	ZZ
194	088	Y	423	XX	YY	ZZ
195	089	Y	428	XX	YY	ZZ
196	090	Y	433	XX	YY	ZZ
197	091	Y	438	XX	YY	ZZ
198	092	Y	443	XX	YY	ZZ
199	093	Y	448	XX	YY	ZZ
200	094	Y	453	XX	YY	ZZ
201	095	Y	458	XX	YY	ZZ
202	096	Y	463	XX	YY	ZZ
203	097	Y	468	XX	YY	ZZ
204	098	Y	473	XX	YY	ZZ
205	099	Y	478	XX	YY	ZZ
206	100	Y	483	XX	YY	ZZ
207	101	Y	488	XX	YY	ZZ
208	102	Y	493	XX	YY	ZZ
209	103	Y	498	XX	YY	ZZ
210	104	Y	503	XX	YY	ZZ
211	105	Y	508	XX	YY	ZZ
212	106	Y	513	XX	YY	ZZ
213	107	Y	518	XX	YY	ZZ
214	108	Y	523	XX	YY	ZZ
215	109	Y	528	XX	YY	ZZ
216	110	Y	533	XX	YY	ZZ
217	111	Y	538	XX	YY	ZZ
218	112	Y	543	XX	YY	ZZ
219	113	Y	548	XX	YY	ZZ
220	114	Y	553	XX	YY	ZZ
221	115	Y	558	XX	YY	ZZ
222	116	Y	563	XX	YY	ZZ
223	117	Y	568	XX	YY	ZZ
224	118	Y	573	XX	YY	ZZ
225	119	Y	578	XX	YY	ZZ
226	120	Y	583	XX	YY	ZZ
227	121	Y	588	XX	YY	ZZ
228	122	Y	593	XX	YY	ZZ
229	123	Y	598	XX	YY	ZZ
230	124	Y	603	XX	YY	ZZ
231	125	Y	608	XX	YY	ZZ
232	126	Y	613	XX	YY	ZZ
233	127	Y	618	XX	YY	ZZ
234	128	Y	623	XX	YY	ZZ
235	129	Y	628	XX	YY	ZZ
236	130	Y	633	XX	YY	ZZ
237	131	Y	638	XX	YY	ZZ
238	132	Y	643	XX	YY	ZZ
239	133	Y	648	XX	YY	ZZ
240	134	Y	653	XX	YY	ZZ
241	135	Y	658	XX	YY	ZZ
242	136	Y	663	XX	YY	ZZ
243	137	Y	668	XX	YY	ZZ
244	138	Y	673	XX	YY	ZZ
245	139	Y	678	XX	YY	ZZ
246	140	Y	683	XX	YY	ZZ
247	141	Y	688	XX	YY	ZZ
248	142	Y	693	XX	YY	ZZ
249	143	Y	698	XX	YY	ZZ
250	144	Y	703	XX	YY	ZZ
251	145	Y	708	XX	YY	ZZ
252	146	Y	713	XX	YY	ZZ
253	147	Y	718	XX	YY	ZZ
254	148	Y	723	XX	YY	ZZ
255	149	Y	728	XX	YY	ZZ
256	150	Y	733	XX	YY	ZZ
257	151	Y	738	XX	YY	ZZ
258	152	Y	743	XX	YY	ZZ
259	153	Y	748	XX	YY	ZZ
260	154	Y	753	XX	YY	ZZ
261	155	Y	758	XX	YY	ZZ
262	156	Y	763	XX	YY	ZZ
263	157	Y	768	XX	YY	ZZ
264	158	Y	773	XX	YY	ZZ
265	159	Y	778	XX	YY	ZZ
266	160	Y	783	XX	YY	ZZ
267	161	Y	788	XX	YY	ZZ
268	162	Y	793	XX	YY	ZZ
269	163	Y	798	XX	YY	ZZ
270	164	Y	803	XX	YY	ZZ
271	165	Y	808	XX	YY	ZZ
272	166	Y	813	XX	YY	ZZ
273	167	Y	818	XX	YY	ZZ
274	168	Y	823	XX	YY	ZZ
275	169	Y	828	XX	YY	ZZ
276	170	Y	833	XX	YY	ZZ
277	171	Y	838	XX	YY	ZZ
278	172	Y	843	XX	YY	ZZ
279	173	Y	848	XX	YY	ZZ
280	174	Y	853	XX	YY	ZZ
281	175	Y	858	XX	YY	ZZ
282	176	Y	863	XX	YY	ZZ
283	177	Y	868	XX	YY	ZZ
284	178	Y	873	XX	YY	ZZ
285	179	Y	878	XX	YY	ZZ
286	180	Y	883	XX	YY	ZZ
287	181	Y	888	XX	YY	ZZ
288	182	Y	893	XX	YY	ZZ
289	183	Y	898	XX	YY	ZZ
290	184	Y	903	XX	YY	ZZ
291	185	Y	908	XX	YY	ZZ
292	186	Y	913	XX	YY	ZZ
293	187	Y	918	XX	YY	ZZ
294	188	Y	923	XX	YY	ZZ
295	189	Y	928	XX	YY	ZZ
296	190	Y	933	XX	YY	ZZ
297	191	Y	938	XX	YY	ZZ
298	192	Y	943	XX	YY	ZZ
299	193	Y	948	XX	YY	ZZ
300	194	Y	953	XX	YY	ZZ
301	195	Y	958	XX	YY	ZZ
302	196	Y	963	XX	YY	ZZ
303	197	Y	968	XX	YY	ZZ
304	198	Y	973	XX	YY	ZZ
305	199	Y	978	XX	YY	ZZ
306	200	Y	983	XX	YY	ZZ
307	201	Y	988	XX	YY	ZZ
308	202	Y	993	XX	YY	ZZ
309	203	Y	998	XX	YY	ZZ
310	204	Y	1003	XX	YY	ZZ
311	205	Y	1008	XX	YY	ZZ
312	206	Y	1013	XX	YY	ZZ
313	207	Y	1018	XX	YY	ZZ
314	208	Y	1023	XX	YY	ZZ
315	209	Y	1028	XX	YY	ZZ
316	210	Y	1033	XX	YY	ZZ
317	211	Y	1038	XX	YY	ZZ
318	212	Y	1043	XX	YY	ZZ
319	213	Y	1048	XX	YY	ZZ
320	214	Y	1053	XX	YY	ZZ
321	215	Y	1058	XX	YY	ZZ
322	216	Y	1063	XX	YY	ZZ
323	217	Y	1068	XX	YY	ZZ
324	218	Y	1073	XX	YY	ZZ
325	219	Y	1078	XX	YY	ZZ
326	220	Y	1083	XX	YY	ZZ
327	221	Y	1088	XX	YY	ZZ
328	222	Y	1093	XX	YY	ZZ
329	223	Y	1098	XX	YY	ZZ
330	224	Y	1103	XX	YY	ZZ
331	225	Y	1108	XX	YY	ZZ
332	226	Y	1113	XX	YY	ZZ
333	227	Y	1118	XX	YY	ZZ
334	228	Y	1123	XX	YY	ZZ
335	229	Y	1128	XX	YY	ZZ
336	230	Y	1133	XX	YY	ZZ
337	231	Y	1138	XX	YY	ZZ
338	232	Y	1143	XX	YY	ZZ
339	233	Y	1148	XX	YY	ZZ
340	234	Y	1153	XX	YY	ZZ
341	235	Y	1158			

Y H I N P L A T E / S H E L L E L E M E N T S .

ELEMENT TYPE = 0
 NUMBER OF ELEMENTS = 82
 NUMBER OF MATERIALS = 1
 MATERIAL PROPERTY TABLE

MATERIAL MASS THERMAL EXPANSION COEFFICIENTS C O N S T A N T S
 NUMBER DENSITY ALPHA(X) ALPHA(Y) ALPHA(Z) C(XX) / C(XY) / C(XZ) C(XG) C(YG) C(YX) C(YZ) C(YG) C(YX) C(YZ)
 ELEMENT 1 LOAD CASE MULTIPLIERS .000 .000 .000 692308.000 .000 2507697.000

ELEMENT LOAD PRESSURE THERMAL EFFECTS ACCELERATION X- ACCELERATION Y- ACCELERATION Z- / C(YG) G(XY) G(XZ)
 CASE NUMBER 1,000 :000 :000 :000 .000 .000 .000 .000 .000 807692.000
 2 :000 :000 :000
 3 :000 :000 :000
 4 :000 :000 :000

THIS PLATE/SHELL ELEMENT DATA

ELEMENT NUMBER	NODE-I	NODE-J	NUDE-K	NUDE-L	NUDE-M	MATERIAL NUMBER	AVERAGE THICKNESS	NORMAL PRESSURE	TEMPERATURE DIFFERENCE	THERMAL GRADIENT
1	1	2	6	5	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
2	1	3	7	6	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
3	1	4	8	7	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
4	1	5	9	8	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
5	1	6	10	9	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
6	1	7	11	10	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
7	1	8	12	11	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
8	1	9	13	12	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
9	1	10	14	13	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
10	1	11	15	14	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
11	1	12	16	15	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
12	1	13	17	16	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
13	1	14	18	17	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
14	1	15	19	18	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
15	1	16	20	19	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
16	1	17	21	20	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
17	1	18	22	21	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
18	1	19	23	22	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
19	1	20	24	23	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
20	1	21	25	24	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
21	1	22	26	25	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
22	1	23	27	26	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
23	1	24	28	27	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
24	1	25	29	28	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
25	1	26	30	29	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
26	1	27	31	30	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
27	1	28	32	31	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
28	1	29	33	32	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
29	1	30	34	33	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
30	1	31	35	34	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
31	1	32	36	35	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
32	1	33	37	36	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
33	1	34	38	37	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
34	1	35	39	38	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
35	1	36	40	39	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
36	1	37	41	40	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
37	1	38	42	41	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
38	1	39	43	42	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
39	1	40	44	43	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
40	1	41	45	44	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
41	1	42	46	45	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
42	1	43	47	46	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
43	1	44	48	47	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
44	1	45	49	48	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
45	1	46	50	49	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
46	1	47	51	50	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
47	1	48	52	51	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
48	1	49	53	52	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
49	1	50	54	53	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
50	1	51	55	54	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
51	1	52	56	55	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
52	1	53	57	56	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
53	1	54	58	57	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
54	1	55	59	58	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
55	1	56	60	59	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
56	1	57	61	60	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
57	1	58	62	61	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
58	1	59	63	62	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
59	1	60	64	63	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
60	1	61	65	64	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
61	1	62	66	65	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
62	1	63	67	66	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
63	1	64	68	67	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
64	1	65	69	68	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
65	1	66	70	69	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
66	1	67	71	70	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
67	1	68	72	71	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
68	1	69	73	72	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
69	1	70	74	73	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
70	1	71	75	74	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
71	1	72	76	75	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
72	1	73	77	76	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
73	1	74	78	77	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
74	1	75	79	78	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
75	1	76	80	79	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
76	1	77	81	80	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
77	1	78	82	81	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
78	1	79	83	82	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
79	1	80	84	83	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
80	1	81	85	84	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
81	1	82	86	85	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0
82	1	83	87	86	0	0	0.000	10.0	0.0	0.0

B O U N D A R Y E L E M E N T S

ELEMENT TYPE = 7
 NUMBER OF ELEMENTS = 12

ELEMENT NUMBER	NOUE (N)	NOUES DEFINING (NJ)	CONSTRAINT (NK)	DIRECTION (NI)	CODE KD.	MODE KR	SPECIFIED DISPLACEMENT	SPECIFIED ROTATION	SPRING RATE
1	21	123	0	0	1	0	.000000E+00	.000000E+00	1000000E+11
2	22	123	0	0	1	0	.000000E+00	.000000E+00	1000000E+11
3	23	123	0	0	1	0	.000000E+00	.000000E+00	1000000E+11
4	23	110	0	0	1	0	.000000E+00	.000000E+00	1000000E+11
5	23	111	0	0	1	0	.000000E+00	.000000E+00	1000000E+11
6	23	114	0	0	1	0	.000000E+00	.000000E+00	1000000E+11
7	26	105	0	0	1	0	.000000E+00	.000000E+00	1000000E+11
8	27	106	0	0	1	0	.000000E+00	.000000E+00	1000000E+11
9	27	107	0	0	1	0	.000000E+00	.000000E+00	1000000E+11
10	28	108	0	0	1	0	.000000E+00	.000000E+00	1000000E+11
11	28	109	0	0	1	0	.000000E+00	.000000E+00	1000000E+11
12	28	109	0	0	1	0	.000000E+00	.000000E+00	1000000E+11

E Q U A T I O N P A R A M E T E R S

TOTAL NUMBER OF EQUATIONS = 266
 BANDWIDTH = 144
 NUMBER OF EQUATIONS IN A BLOCK = 99
 NUMBER OF BLOCKS = 99
 N O D A L L O A D S (S T A T I C) O R M A S S E S (D Y N A M I C)

NODE NUMBER LOAD CASE A-AXIS FORCE Y-AXIS FORCE Z-AXIS FORCE X-AXIS MOMENT Y-AXIS MOMENT Z-AXIS MOMENT

STRUCTURE LOAD CASE	A	ELEMENT	R	LOAD	MULTIPLIERS D														
N O D E	LOAD CASE	TRANSLATION	X- TRANSLATION	Y- TRANSLATION	Z- TRANSLATION	ROTATION	X- ROTATION	Y- ROTATION	Z- ROTATION										
1		1.000	.000	.000	.000														
D I S P L A C E M E N T S / R O T A T I O N S																			
99	1	.1256128E-01	-.4387038E-03	.1366815	.0000000	-.1502160E-02	-.6010043E-03												
98	1	.3220177E-01	-.1734196E-02	.1379980	.0000000	.5696374E-03	-.8726916E-03												
97	1	-.1703076E-03	-.1316093E-02	.1409976	.0000000	.3704125E-02	-.1992574E-03												
96	1	-.1313749E-03	-.1377054E-02	.1945397	.0000000	.2588127E-02	.0000000												
95	1	.0000000	-.1377446E-02	.2160262	.0000000	.1124420E-02	.0000000												
94	1	-.7614424E-05	-.2208766E-02	.7072824E-01	.0000000	.4693285E-02	.0000000												
93	1	-.1086623E-02	-.1918274E-02	.9633249E-01	.0000000	.4433047E-02	.0000000												
92	1	.1549308E-01	-.8565250E-03	.1369300	.0000000	-.1194572E-02	-.7621467E-03												
91	1	.2433270E-01	-.1564213E-02	.1372860	.0000000	-.3566293E-04	-.4489543E-03												
90	1	-.7411773E-03	-.1434205E-02	.1382371	.1160285E-03	.3447962E-02	.1095219E-04												
89	1	-.2938919E-03	-.1454149E-02	.1848827	.2882659E-03	.2431784E-02	.0000000												
88	1	.0000000	-.1477418E-02	.2038432	.5702197E-03	.0000000	.0000000												
87	1	.0000000	.9264046E-03	.1735502	.2288787E-03	.0000000	.0000000												
86	1	.1199642E-02	.9440072E-03	.1638898	.1660763E-03	.1272357E-02	.0000000												
85	1	.3041805E-02	.1312232E-02	.6895292E-01	.8804938E-03	.6645922E-02	.0000000												

84	1	.3800210E-02	.1757009E-02	.3683655E-02	.1194409E-02	.2034209E-02	.4188756E-03
83	1	-.4887278E-02	-.1732429E-02	-.1656359E-02	-.6850033E-04	.1509255E-04	.5134984E-03
82	1	.5512714E-02	-.1885735E-05	-.8837047E-03	-.4597446E-03	-.1690442E-02	-.1184452E-03
81	1	.1826015E-01	.2671031E-02	.6726380E-03	-.6890995E-03	-.4071495E-03	-.5846571E-03
80	1	-.2205003E-02	-.2394073E-02	.8632865E-02	-.3607662E-03	.3532861E-02	-.7000105E-03
79	1	-.1744103E-02	-.2208032E-02	.7265049E-01	-.2827069E-04	.4989184E-02	.0000000
78	1	.2446546E-02	.1077029E-02	.1358922	.4050599E-03	.2384639E-02	.1652226E-03
77	1	-.2706109E-02	-.2986042E-04	.1366648	.0000000	-.1109710E-02	-.4338019E-03
76	1	.1941647E-01	-.1399737E-02	.1371648	.0000000	-.4265276E-03	-.3214420E-03
75	1	-.1244102E-02	-.1824062E-02	.1372915	.2060509E-04	.3389689E-02	-.2069137E-06
74	1	-.5909090E-03	-.1798733E-02	.1820914	.4607416E-04	.2341159E-02	.0000000
73	1	.0000000	-.1805748E-02	.2005637	.6817906E-04	.0000000	.0000000
72	1	.0000000	.1295090E-02	.1724879	-.4997237E-04	.0000000	.0000000
71	1	.1192909E-02	.1328014E-02	.1634516	-.1050534E-03	.9203808E-02	.0000000
70	1	.3257997E-02	.1629041E-02	.6372190E-01	-.7450240E-03	.5502146E-02	.0000000
69	1	.4089460E-02	.1782481E-02	.2605897E-02	-.3877375E-03	.1232632E-02	-.2339220E-03
68	1	-.3109300E-02	-.6402741E-06	-.2900761E-06	.1150706E-02	.7092746E-03	.2652516E-03
67	1	.5201006E-02	-.4647176E-06	.1834837E-05	.9970255E-03	-.8941873E-03	.3289984E-05
66	1	.1300005E-01	.7217915E-06	.7815104E-06	.1399916E-02	.5023731E-03	-.3736962E-03

65	1	-.290524E-02	-.265049E-02	.297915E-02	-.6270544E-03	.1931442E-02	.1251684E-03
64	1	-.2195148E-02	-.253705E-02	.6311810E-01	-.4800963E-03	.4616957E-02	.0000000
63	1	.2374247E-02	.1340497E-02	.1365231	-.1624596E-03	.2467773E-02	-.1338674E-03
62	1	-.5939347E-02	.1510482E-03	.1372727	.0000000	-.9552466E-03	-.1219403E-03
61	1	.1637508E-01	-.1322094E-02	.1377474	.0000000	-.6244595E-03	-.1305975E-03
60	1	-.1542507E-02	-.2308068E-02	.1379115	-.7600594E-04	.3271114E-02	.3029220E-04
59	1	-.7544595E-03	-.2260082E-02	.1819198	-.2069888E-04	.2328542E-02	.0000000
58	1	.0000000	-.2255795E-02	.2000561	-.2054878E-04	.0000000	.0000000
57	1	.0000000	.1620080E-02	.1737828	-.9384127E-04	.0000000	.0000000
56	1	.1166792E-02	.1644079E-02	.1650277	-.9274259E-04	.1166384E-02	.0000000
55	1	.3241407E-02	.1788062E-02	.6151802E-01	-.5274007E-04	.5285874E-02	.0000000
54	1	.3707010E-02	.1715089E-02	.3101817E-02	-.5046092E-04	.1152724E-02	.9452042E-04
53	1	-.3227044E-02	.2092181E-03	-.4481842E-07	-.1080786E-02	.3849186E-03	-.7129514E-04
52	1	.2804500E-02	.6862023E-06	.3766382E-05	-.1189745E-02	-.6377113E-03	.5285187E-04
51	1	.1078803E-01	-.2390132E-05	.8621950E-06	-.1070910E-02	.2542969E-04	-.9861785E-04
50	1	-.2745717E-02	-.2870944E-02	.3923670E-02	-.1217456E-03	.1742045E-02	-.2575248E-04
49	1	-.2309908E-02	-.2755009E-02	.6335920E-01	-.9909962E-04	.4370034E-02	.0000000
48	1	.2287600E-02	.1695000E-02	.1380522	-.8460562E-04	.2412528E-02	.2650781E-05
47	1	-.6610009E-02	.3859480E-03	.1382787	.0000000	-.9125313E-03	-.3233989E-05

46	1	.1555409E-01	-.1363743E-02	.1387330	.0000000	-.6570658E-03	-.3064371E-05
45	1	-.1604776E-02	-.2764055E-02	.1392555	-.8671541E-04	.3168353E-02	-.3685709E-06
44	1	-.8026672E-03	-.2705286E-02	.1827455	-.8471240E-04	.2323526E-02	.0000000
43	1	.0000000	-.2763921E-02	.2008625	-.8412561E-04	.0000000	.0000000
42	1	.0000000	.1967109E-02	.1755885	-.1502972E-03	.0000000	.0000000
41	1	.1255411E-02	.1905904E-02	.1065079	-.8079365E-04	.1210117E-02	.0000000
40	1	.3383072E-02	.1950074E-02	.6583750E-01	.5842490E-03	.5531292E-02	.0000000
39	1	.4377708E-02	.1972667E-02	.5761602E-02	.1320161E-03	.1110776E-02	.9740526E-04
38	1	-.7212209E-03	.2045013E-02	.2808325E-02	-.5879166E-04	-.2305562E-05	.5781739E-04
37	1	.4255226E-02	.1607517E-03	.3646520E-02	.2987122E-04	-.7067355E-03	.1860759E-03
36	1	.1047468E-01	-.2320778E-02	.3062761E-02	-.2510827E-03	-.1770489E-04	.2484159E-03
35	1	-.2955324E-02	-.2788084E-02	.6806057E-02	.5870111E-03	.1864432E-02	-.1174141E-03
34	1	-.2222604E-02	-.3037218E-02	.6612378E-01	.2947983E-03	.4589133E-02	.0000000
33	1	.2084101E-02	.2038784E-02	.1391876	-.1124939E-04	.2491085E-02	.1428373E-03

32	1	-.599613E-02	.6182119E-03	.1395221	.0000000	-.9518063E-03	.1190771E-03
31	1	.1650932E-01	-.1407663E-02	.1400092	.0000000	-.6262658E-03	.1261722E-03
30	1	-.1548172E-02	-.3298354E-02	.1406150	-.9766087E-04	.5263093E-02	-.3076719E-04
29	1	-.7570397E-03	-.3267338E-02	.1845567	-.1499967E-03	.2326232E-02	.0000000
28	1	.0000000	-.3295397E-02	.2026776	-.1490879E-03	.0000000	.0000000
27	1	.0000000	.2563439E-02	.1794322	-.4160735E-03	.0000000	.0000000
26	1	.1325100E-02	.2376325E-02	.1696858	-.5509531E-03	.1284473E-02	.0000000
25	1	.3445603E-02	.2240156E-02	.7398748E-01	.704153E-03	.6660860E-02	.0000000
24	1	.4413302E-02	.2324379E-02	.9513725E-02	.9640595E-03	.1869033E-02	-.2388068E-03
23	1	-.3306832E-02	.3603762E-02	.5119279E-02	-.3734687E-03	.4385109E-04	-.4883481E-03
22	1	.608403E-02	-.4629733E-03	.6204184E-02	.1340522E-03	-.1290353E-02	.1633172E-03
21	1	.1745218E-01	-.5564050E-02	.7512368E-02	.1773050E-03	-.2655319E-03	.6964270E-03
20	1	-.2278219E-02	-.3181311E-02	.1494290E-01	.2001485E-03	.3472099E-02	.6397762E-03
19	1	-.1749195E-02	-.3334190E-02	.7839396E-01	-.1419946E-03	.4962761E-02	.0000000
18	1	-.2704206E-02	.7933999E-03	.1413522	.0000000	-.1101499E-02	.4353360E-03

17	1	.2705659E-02	.2325024E-02	.1413630	-.5842644E-03	.2417387E-02	-.1592992E-03
16	1	.1227241E-01	.4984401E-03	.1439996	.0000000	-.1495684E-02	.5975049E-03
15	1	.1558718E-01	-.1325794E-03	.1431099	.0000000	-.1191698E-02	.7614880E-03
14	1	.1951490E-01	-.1335278E-02	.1418645	.0000000	-.4288064E-02	.3201666E-03
13	1	-.1255071E-02	-.3708788E-02	.1427779	-.1940518E-03	.3379618E-02	.1424778E-06
12	1	-.5950700E-03	-.3730226E-02	.1874805	-.2195546E-03	.2337419E-02	.0000000
11	1	.0000000	-.3725170E-02	.2057255	-.2407725E-03	.0000000	.0000000
10	1	-.1099620E-02	-.362752E-02	.1039591	-.442780E-03	.4416574E-02	.0000000
9	1	.2422208E-01	-.1175049E-02	.1441656	.0000000	-.3853047E-04	.4486674E-03
8	1	.3208505E-01	-.1004551E-02	.1468841	.0000000	.5653903E-03	.8716397E-03
7	1	-.7505915E-03	-.409803E-02	.1465365	-.2900565E-03	.3438959E-02	-.1097517E-04
6	1	-.2987603E-03	-.4077950E-02	.1934058	-.465093E-03	.2427164E-02	.0000000
5	1	.0000000	-.4060193E-02	.2423319	-.5444847E-03	.0000000	.0000000
4	1	-.7774597E-03	-.3554716E-02	.7939291E-01	-.5842490E-03	.4675198E-02	.0000000
3	1	-.1850505E-03	-.4217056E-02	.1514475	-.5050474E-03	.3696369E-02	.1989611E-05
2	1	-.1350127E-03	-.415579E-02	.2058460	-.1100510E-02	.2583489E-02	.0000000
1	1	.0000000	-.4162092E-02	.2275578	-.1297899E-02	.0000000	.0000000

S T A T I C S O L U T I O N T I M E L O G

EQUATION SOLUTION = 367.18
 DISPLACEMENT OUTPUT = 4.35
 STRESS RECOVERY = .00

SHELL ELEMENT STRESSES

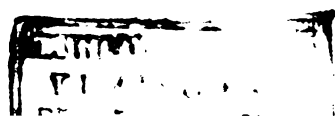
ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	MEMBRANE STRESS COMPONENTS			BENDING MOMENT COMPONENTS		
		SXX	SYX	SXY	MXX	MYX	MXZ
1	1	-.2909E+02	.4310E+01	-.3432E+01	.3701E+04	.2118E+03	-.1794E+03
2	1	-.2895E+02	.1944E+02	-.1346E+02	.1231E+04	.7658E+02	-.7775E+03
3	1	-.9602E+02	.2484E+02	-.7808E+01	.3708E+04	.7800E+03	-.2767E+02
4	1	-.6713E+02	.3430E+02	-.7190E+02	.1512E+04	.2344E+03	-.2111E+03
5	1	-.8441E+02	.3478E+02	-.4069E+01	.3701E+04	.1000E+04	-.8713E+01
6	1	-.9066E+02	.3527E+02	-.9622E+01	.1548E+04	.3509E+03	-.4963E+02

7	1	-0.9795E+02	0.3950E+02	-0.1025E+01	0.3696E+04	0.1017E+04	-0.1266E+00
8	1	-0.1012E+03	0.3455E+02	-0.1393E+01	0.1410E+04	0.3604E+03	-0.1691E+02
9	1	-0.9717E+02	0.3942E+02	0.1074E+01	0.3698E+04	0.1019E+04	0.1222E+01
10	1	-0.1009E+03	0.3469E+02	0.1544E+01	0.1415E+04	0.3717E+03	0.2185E+02
11	1	-0.8578E+02	0.3468E+02	0.4078E+01	0.3707E+04	0.1006E+04	0.9475E+01
12	1	-0.9041E+02	0.3494E+02	0.9675E+01	0.1559E+04	0.3540E+03	0.5220E+02
13	1	-0.9543E+02	0.2971E+02	0.7804E+01	0.3716E+04	0.7840E+03	0.2894E+02
14	1	-0.6706E+02	0.3929E+02	0.1187E+02	0.1521E+04	0.2383E+03	0.2122E+03
15	1	-0.2821E+02	0.4263E+01	0.5414E+01	0.3708E+04	0.2121E+03	0.1999E+03
16	1	-0.8709E+02	0.1949E+02	0.1353E+02	0.1236E+04	0.7690E+02	0.7797E+03
17	1	-0.1126E+02	0.5577E+01	0.889E+01	0.1417E+04	0.6510E+03	-0.3747E+03
18	1	-0.4897E+02	0.2694E+02	0.892E+01	0.2474E+04	0.3149E+03	0.1383E+03
19	1	-0.392E+02	-0.2967E+02	-0.557E+02	-0.5954E+03	-0.1101E+04	0.6440E+03
20	1	-0.057E+02	0.2838E+02	-0.5054E+01	0.1993E+04	0.2328E+03	-0.2669E+03
21	1	-0.9910E+02	0.1362E+02	-0.9110E+01	-0.3563E+04	-0.1413E+04	-0.6221E+03

22	1	-	.6406E+02	.2884E+02	.1399E+01	.1731E+04	.7944E+03	-	.1884E+03		
23	1	-	.7168E+02	-	.8204E+01	-	.3431E+04	-	.4043E+03		
24	1	-	.6404E+02	.2572E+02	-	.0894E+00	.1741E+04	.7888E+03	.2080E+03		
25	1	-	.6033E+02	.9428E+01	-	.7474E+01	-	.3408E+04	-	.4047E+03	
26	1	-	.6408E+02	.2910E+02	.1616E+01	.2017E+04	.2305E+03	.2679E+03			
27	1	-	.8000E+02	.7450E+01	.1012E+02	-	.3511E+04	-	.1461E+04		
28	1	-	.4877E+02	.2690E+02	-	.4112E+01	.2496E+04	.3249E+03	-	.1372E+03	
29	1	-	.5477E+02	-	.2862E+02	-	.5697E+03	-	.1079E+04	-	.0339E+03
30	1	-	.1042E+02	.5509E+01	-	.7845E+01	.1431E+04	.6466E+03	.3723E+03		
31	1	.1808E+03	.1139E+01	-	.1674E+01	.9601E+03	.9579E+02	-	.1704E+02		
32	1	.1714E+03	.6477E+01	-	.1982E+01	.9713E+03	.2802E+03	-	.7648E+01		
33	1	.1611E+03	.6896E+01	.6067E+01	.9684E+03	.2784E+03	.5992E+01				
34	1	.1618E+03	.1005E+01	.1593E+01	.9527E+03	.9410E+02	.1551E+02				
35	1	.1808E+03	.9975E+01	-	.0806E+01	.8931E+03	-	.2709E+02	-	.1763E+03	

36	1	.1600E+03	.4709E+01	-.5965E+01	.1047E+04	.3449E+03	.4024E+02
37	1	.1663E+03	.3839E+01	.4767E+01	.1040E+04	.3438E+03	-.4566E+02
38	1	.1767E+03	.8945E+01	.0032E+01	.8786E+03	-.2869E+02	.1703E+03
39	1	.1105E+03	-.6276E+00	-.1608E+02	.3047E+04	.7682E+03	-.4588E+03
40	1	.1102E+03	.4919E-01	-.1074E+02	.2253E+04	.9388E+03	-.2245E+03
41	1	.1176E+03	.1461E+01	.1399E+02	.2258E+04	.9606E+03	.2014E+03
42	1	.1098E+03	-.2667E+01	.1475E+02	.3053E+04	.7774E+03	.4649E+03
43	1	.1572E+03	-.6390E+01	-.1815E+02	-.3836E+04	-.8623E+03	.8965E+02
44	1	.9597E+02	.4080E+01	-.6484E+02	-.3102E+04	-.6479E+03	.5810E+02
45	1	.9284E+02	.2224E+02	.1440E+02	-.3016E+04	-.5401E+03	-.5385E+02
46	1	.1262E+03	.2667E+02	.1682E+02	-.3697E+04	-.8079E+03	-.3613E+02
47	1	-.1876E+03	.1652E+02	.2392E+02	.2256E+04	.4239E+03	.2824E+03
48	1	-.1076E+03	.6067E+01	.2055E+02	.1129E+04	.2268E+03	.5397E+03
49	1	-.1549E+03	-.1425E+02	-.2566E+01	-.1231E+04	-.8651E+03	.5246E+02

50	1	-	.6078E+02	.2412E+02	.1694E+02	.2640E+04	.8591E+03	.4195E+03
51	1	-	.9100E+02	-.3904E+02	.2944E+02	.7673E+03	-.3665E+03	-.2125E+03
52	1	-	.5170E+02	.1806E+02	-.0056E+01	.2847E+04	.8142E+03	.3230E+03
53	1	-	.6577E+02	-.3770E+02	.2422E+02	.2399E+03	-.1321E+03	.1709E+02
54	1	-	.7138E+02	-.8027E+02	.5759E+02	-.2683E+04	-.9902E+03	.5666E+03
55	1	-	.5114E+02	.1853E+02	-.1075E+02	.2913E+04	.8160E+03	.1466E+03
56	1	-	.9955E+02	-.3300E+02	.2012E+01	.1430E+03	-.6544E+02	.9675E+01
57	1	-	.7574E+02	-.6364E+02	-.5656E+01	-.2756E+04	-.9237E+03	.2426E+03
58	1	-	.5001E+02	.1871E+02	.1011E+02	.2916E+04	.8170E+03	-.1645E+03
59	1	-	.9878E+02	-.3323E+02	-.5211E+01	.1454E+03	-.6245E+02	-.9807E+01
60	1	-	.7299E+02	-.6394E+02	.2235E+01	-.2747E+04	-.9109E+03	-.2472E+03
61	1	-	.5107E+02	.1779E+02	.2855E+01	.2853E+04	.8169E+03	-.3224E+03
62	1	-	.6202E+02	-.3818E+02	-.2308E+02	.2457E+03	-.1274E+03	-.1796E+02
63	1	-	.8719E+02	-.7900E+02	-.5752E+02	-.2664E+04	-.9866E+03	-.5710E+03
64	1	-	.6077E+02	.2416E+02	-.1734E+02	.2645E+04	.8616E+03	-.4202E+03



65	1	-	.9073E+02	-	.3938E+02	-	.2323E+02	.	.7735E+03	-	.3637E+03	.	.2306E+03
66	1	-	.1546E+03	-	.183E+02	.	.219E+01	-	.1223E+04	-	.8594E+03	-	.5916E+02
67	1	-	.1802E+03	.	.1654E+02	-	.2404E+02	.	.2259E+04	.	.4247E+03	-	.2829E+03
68	1	-	.1029E+03	.	.6004E+01	-	.5210E+02	.	.1136E+04	.	.2277E+03	-	.5408E+03
69	1	.	.1419E+03	-	.2563E+02	.	.2086E+02	-	.6322E+04	-	.6552E+03	-	.1799E+03
70	1	.	.6529E+02	-	.4350E+02	.	.7407E+02	-	.2456E+04	-	.2307E+03	.	.9899E+03
71	1	-	.8519E+02	.	.1889E+02	.	.1201E+03	.	.2067E+04	.	.1525E+03	.	.9518E+03
72	1	-	.1907E+03	.	.1013E+01	.	.4809E+02	.	.7014E+04	.	.6833E+03	-	.4020E+03
73	1	.	.5823E+02	-	.1350E+03	-	.4550E+02	-	.3916E+04	-	.1048E+04	.	.7923E+03
74	1	.	.1009E+03	-	.4935E+02	.	.1894E+03	-	.2446E+04	-	.2832E+03	-	.3636E+03
75	1	-	.5818E+02	-	.2477E+02	.	.2087E+03	.	.1473E+04	-	.2989E+03	-	.8535E+03
76	1	-	.4022E+02	.	.1069E+03	-	.1229E+02	.	.4605E+04	.	.8665E+03	.	.3914E+03
77	1	.	.1722E+02	.	.2852E+02	-	.4998E+02	-	.3064E+04	-	.1748E+04	.	.6154E+02
78	1	-	.803E+02	-	.3405E+02	-	.5413E+02	.	.4113E+04	.	.1699E+04	.	.4722E+03
79	1	.	.1527E+03	-	.1939E+02	.	.2968E+02	-	.6181E+04	.	.1503E+01	.	.9465E+03
80	1	.	.1405E+03	.	.9105E+01	-	.1298E+03	-	.4209E+04	.	.3116E+03	.	.1906E+03
81	1	-	.5002E+02	-	.5072E+02	-	.1681E+03	.	.3684E+04	.	.5827E+02	.	.2592E+02
82	1	-	.3809E+03	-	.7756E+01	-	.4212E+02	.	.6634E+04	.	.2750E+03	.	.7716E+03

U U N D A K Y E L E M E N T F O R C E S Y M C M E N T S

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	FORCE	MOMENT
1	1	.25901E+05	.00000E+00
2	1	-.86220E+04	.00000E+00
3	1	-.68626E+04	.00000E+00
4	1	-.37664E+05	.00000E+00
5	1	-.20922E+05	.00000E+00
6	1	.44818E+03	.00000E+00
7	1	-.72179E+04	.00000E+00
8	1	-.78151E+04	.00000E+00
9	1	.46472E+04	.00000E+00
10	1	-.18548E+05	.00000E+00
11	1	.64627E+04	.00000E+00
12	1	.21008E+04	.00000E+00

OVERALL TIME LOG

NODAL POINT INPUT	=	12.64
ELEMENT STIFFNESS FORMATION	=	100.46
NODAL LOAD INPUT	=	.76
TOTAL STIFFNESS FORMATION	=	95.27
STATIC ANALYSIS	=	327.84
EIGENVALUE EXTRACTION	=	.00
FORCED RESPONSE ANALYSIS	=	.00
RESPONSE SPECTRUM ANALYSIS	=	.00
STEP-BY-STEP INTEGRATION	=	.00
TOTAL SOLUTION TIME	=	681.97

STMP

ELEMENT NUMBER	HOPE-1	HOPE-2	HOPE-3	HOPE-4	HOPE-5	HOPE-6	MATERIAL NUMBER	AVERAGE THICKNESS	NORMAL PRESSURE	TEMPERATURE DIFFERENCE	THERMAL GRADIENT
1	1	2	3	4	5	6	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
2	2	3	4	5	6	7	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
3	3	4	5	6	7	8	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
4	4	5	6	7	8	9	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
5	5	6	7	8	9	10	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
6	6	7	8	9	10	11	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
7	7	8	9	10	11	12	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
8	8	9	10	11	12	13	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
9	9	10	11	12	13	14	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
10	10	11	12	13	14	15	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
11	11	12	13	14	15	16	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
12	12	13	14	15	16	17	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
13	13	14	15	16	17	18	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
14	14	15	16	17	18	19	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
15	15	16	17	18	19	20	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
16	16	17	18	19	20	21	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
17	17	18	19	20	21	22	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
18	18	19	20	21	22	23	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
19	19	20	21	22	23	24	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
20	20	21	22	23	24	25	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
21	21	22	23	24	25	26	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
22	22	23	24	25	26	27	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
23	23	24	25	26	27	28	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
24	24	25	26	27	28	29	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
25	25	26	27	28	29	30	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
26	26	27	28	29	30	31	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
27	27	28	29	30	31	32	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
28	28	29	30	31	32	33	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
29	29	30	31	32	33	34	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
30	30	31	32	33	34	35	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
31	31	32	33	34	35	36	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
32	32	33	34	35	36	37	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
33	33	34	35	36	37	38	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
34	34	35	36	37	38	39	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000
35	35	36	37	38	39	40	0	4.00000	10.0000	0.0000	0.0000

NODE NUMBER	LOAD CASE	DISPLACEMENTS / ROTATIONS			TRANSLATIONS / ROTATIONS		
		X	Y	Z	X	Y	Z
111	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
110	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
109	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
108	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
107	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
106	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
105	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
104	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
103	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
102	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
101	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
100	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
99	1	.20517E-03	-.53316E-03	.25158E+00	.00000E+00	-.31588E-02	-.11837E-02
98	1	.25006E-01	-.22100E-02	.25354E+00	.00000E+00	.11134E-02	-.17393E-02
97	1	-.21202E-03	-.12163E-02	.25700E+00	.51691E-03	.75259E-02	-.37336E-03
96	1	-.16102E-03	-.13088E-02	.36555E+00	.17582E-02	.52231E-02	.00000E+00

95	1	.00000E+00	-.13023F-02	.40869E+00	.21449E-02	.00000E+00	.00000E+00
94	1	-.90337E-03	-.23756E-02	.12105E+00	.13909E-03	.89465E-02	.00000E+00
93	1	-.13338E-02	-.19902E-02	.17077E+00	.53449E-03	.85919E-02	.00000E+00
92	1	.51497E-01	-.12492E-02	.25177E+00	.00000E+00	-.25278E-02	-.15211E-02
91	1	.50120E-01	-.19627E-02	.25230E+00	.00000E+00	-.13267E-03	-.86838E-03
90	1	-.09456E-03	-.13694E-02	.25371E+00	.15951E-03	.70241E-02	.54672E-04
89	1	-.35480E-03	-.14007E-02	.34792E+00	.48446E-03	.48967E-02	.00000E+00
88	1	.00000E+00	-.14402E-02	.38607E+00	.65146E-03	.00000E+00	.00000E+00
87	1	.00000E+00	.53895E-03	.32714E+00	.55606E-03	.00000E+00	.00000E+00
86	1	.15020E-02	.57009E-03	.30752E+00	.42143E-03	.25057E-02	.00000E+00
85	1	.41254E-02	.10971E-02	.11465E+00	-.19976E-02	.13151E-01	.00000E+00
84	1	.53308E-02	.16131E-02	.43014E-03	-.17974E-02	.13524E-02	.14572E-03
83	1	.10420E-02	-.14072E-02	-.30734E-02	-.40741E-04	-.46198E-03	.41853E-03
82	1	.10041E-01	.72721E-03	-.84260E-03	-.39812E-03	-.19380E-02	-.37348E-03
81	1	.23568E-01	.42140E-02	.13630E-02	-.11098E-02	-.27661E-03	-.93184E-03
80	1	-.24580E-02	-.27304E-02	.12316E-01	-.35215E-03	.50411E-02	-.08366E-03
79	1	-.22037E-02	-.23349E-02	.12410E+00	.14025E-04	.95515E-02	.00000E+00
78	1	.52024E-02	.77614E-03	.25036E+00	.87489E-03	.48895E-02	.36017E-03
77	1	-.63735E-02	-.37202E-03	.25127E+00	.00000E+00	-.23678E-02	-.85307E-03

76	1	.40607E-01	-.17115E-02	.25185F+00	.00000E+00	-.93387E-03	-.61704E-03
75	1	-.15497E-02	-.18671E-02	.25204E+00	.78767E-04	.69726E-02	.20399E-04
74	1	-.78432E-03	-.14277E-02	.34328E+00	.81268F-04	.47291E-02	.00000E+00
73	1	.00000E+00	-.14349E-02	.34014E+00	.11570F-03	.00000E+00	.00000F+00
72	1	.00000E+00	.11157E-02	.32349E+00	-.53208E-05	.00000E+00	.00000E+00
71	1	.15455E-02	.10731E-02	.30523E+00	-.11308F-03	.24319E-02	.00000E+00
70	1	.43724E-02	.15357E-02	.10626E+00	-.15447E-02	.10608E-01	.00000E+00
69	1	.53870E-02	.15546E-02	.13387E-02	-.34837E-03	.91305F-03	-.25240E-03
68	1	.10075E-02	-.64004E-06	-.28898E-06	.11019E-02	.34254E-03	.20568E-03
67	1	.10588E-01	-.16631E-06	.22138E-05	.10032E-02	-.10827E-02	-.18417E-03
66	1	.20534E-01	.21225E-06	.55144E-06	.18379E-02	.20060E-03	-.65727E-03
65	1	-.37749E-02	-.30870E-02	.43056E-02	-.91759E-03	.24692F-02	.19256E-03
64	1	-.28334E-02	-.27634E-02	.10508E+00	-.93609E-03	.85883E-02	.00000E+00
63	1	.31003E-02	.11293E-02	.25091E+00	-.25941E-03	.49793E-02	-.27261E-03
62	1	-.12550E-01	-.11664E-03	.25178E+00	.00000E+00	-.20532E-02	-.22159E-03
61	1	.38791E-01	.15408E-02	.25232E+00	.00000E+00	-.13321E-02	-.24726E-03
60	1	-.19543E-02	-.24813E-02	.25251E+00	-.91940E-04	.67714E-02	.71039E-04
59	1	-.95402E-03	-.24112E-02	.34258E+00	.80606E-05	.47261E-02	.00000E+00
58	1	.00000E+00	-.24028E-02	.37033E+00	-.16321E-06	.00000E+00	.00000E+00

57	1	.00000E+00	.14473E-02	.32465E+00	-.98100E-04	.00000E+00	.00000E+00
56	1	.15566E-02	.14749E-02	.30695E+00	-.97121E-04	.23569E-02	.00000E+00
55	1	.42279E-02	.17203E-02	.10214E+00	-.43047E-04	.10130E-01	.00000E+00
54	1	.49497E-02	.16561E-02	.19557E+02	-.30772E-04	.77511E-03	.93445E-04
53	1	.11445E-02	.20901E-05	-.14937E-06	-.89627E-03	.10961E-03	-.48041E-04
52	1	.91211E-02	.51087E-06	.00074E-05	-.11963E-02	-.67249E-03	.96126E-04
51	1	.15925E-01	-.27719E-05	.63196E-06	-.12996E-02	.25481E-03	-.98234E-04
50	1	-.35107E-02	-.31571E-02	.89957E-02	-.11604E-03	.22065E-02	-.23427E-04
49	1	-.29859E-02	-.30327E-02	.10602E+00	-.10702E-03	.81079E-02	.00000E+00
48	1	.29852E-02	.15625E-02	.25258E+00	-.87825E-04	.48335E-02	.52522E-05
47	1	-.13719E-01	.20967E-03	.25281E+00	.00000E+00	-.19685E-02	-.19596E-05
46	1	.33254E-01	-.16001E-02	.25333E+00	.00000E+00	-.13930E-02	-.28072E-05
45	1	-.20388E-02	-.30512E-02	.25401E+00	-.90234E-04	.65586E-02	.78930E-07
44	1	-.10192E-02	-.30512E-02	.34319E+00	-.87368E-04	.47256E-02	.00000E+00
43	1	.00000E+00	-.30515E-02	.37997E+00	-.86693E-04	.00000E+00	.00000E+00
42	1	.00000E+00	.18954E-02	.32652E+00	-.18900E-03	.00000E+00	.00000E+00
41	1	.16091E-02	.18694E-02	.30821E+00	-.78504E-04	.24384E-02	.00000E+00
40	1	.05405E-02	.19095E-02	.10835E+00	.13717E-02	.10648E-01	.00000E+00
39	1	.57972E-02	.21364E-02	.37076E-02	.41556E-04	.69001E-03	.12779E-03

3A	1	.42291E-02	.10016E-02	.25080E-02	-.11709E-03	-.28532E-03	.14064E-03
37	1	.11536E-01	-.59768E-04	.38888E-02	.34857E-05	-.77702E-03	.33821E-03
36	1	.16526E-01	-.26800E-02	.38353E-02	-.27713E-03	.25032E-03	.44166E-03
35	1	-.37209E-02	-.28666E-02	.03060E-02	.64274E-03	.24162E-02	-.18184E-03
34	1	-.28290E-02	-.35562E-02	.10919E+00	.74116E-03	.85536E-02	.00000E+00
33	1	.53034E-02	.10030E-02	.25368E+00	.78614E-04	.50071E-02	.28751E-03
32	1	-.12566E-01	.53068E-03	.25411E+00	.00000E+00	-.20485E-02	.22261E-03
31	1	.34736E-01	-.16305E-02	.25467E+00	.00000E+00	-.13327E-02	.24411E-03
30	1	-.10030E-02	-.36163E-02	.25531E+00	-.88306E-04	.67606E-02	-.70786E-04
29	1	-.00000E+00	-.36007E-02	.34531E+00	-.18442E-03	.47235E-02	.00000E+00
28	1	.00000E+00	-.36001E-02	.38203E+00	-.17531E-03	.00000E+00	.00000E+00
27	1	.00000E+00	.24235E-02	.33327E+00	-.75014E-03	.00000E+00	.00000E+00
26	1	.17801E-02	.24362E-02	.51356E+00	-.61273E-03	.25989E-02	.00000E+00
25	1	.44103E-02	.23107E-02	.11094E+00	.18048E-02	.13156E-01	.00000E+00
24	1	.63064E-02	.25605E-02	.68717E-02	.15224E-02	.11382E-02	.46494E-04
23	1	.51022E-02	.28332E-02	.04490E-02	-.42597E-03	-.44230E-03	-.33984E-03
22	1	.16791E-01	-.20980E-02	.67197E-02	.21943E-03	-.15572E-02	.47232E-03
21	1	.24013E-01	-.76412E-02	.85075E-02	.44376E-03	-.60192E-04	.10847E-02
20	1	-.28502E-02	-.33320E-02	.18911E-01	.20886E-03	.49756E-02	.90693E-03

19	1	-0.21645E-02	-0.37193E-02	.13008E+00	-0.18334E-03	.95207E-02	.00000E+00
18	1	-0.63246E-02	.78425E-03	.25613E+00	.00000E+00	-0.23560E-02	.86010E-03
17	1	.36407E-02	.23750E-02	.25604E+00	-0.10615E-02	.49248E-02	-0.34718E-03
16	1	.24387E-01	.51676E-03	.25016E+00	.00000E+00	-0.31470E-02	.11843E-02
15	1	.31404E-01	-0.15246E-03	.25817E+00	.00000E+00	-0.25203E-02	.15240E-02
14	1	.40524E-01	-0.14066E-02	.25672E+00	.00000E+00	-0.03312E-03	.61821E-03
13	1	-0.15359E-02	-0.42309E-02	.25773E+00	-0.25831E-03	.60615E-02	-0.20358E-04
12	1	-0.72767E-03	-0.42697E-02	.34886E+00	-0.26152E-03	.47240E-02	.00000E+00
11	1	.00000E+00	-0.42630E-02	.38569E+00	-0.29599E-03	.00000E+00	.00000E+00
10	1	-0.13100E-02	-0.40093E-02	.17864E+00	-0.71108E-03	.85769E-02	.00000E+00
9	1	.50075E-01	-0.12370E-02	.25943E+00	.00000E+00	-0.13078E-03	.87034E-03
8	1	.65636E-01	-0.14004E-02	.26274E+00	.00000E+00	.11140E-02	.17391E-02
7	1	-0.8433E-03	-0.47245E-02	.26209E+00	-0.33906E-03	.70170E-02	-0.54776E-04
6	1	-0.55036E-03	-0.46032E-02	.35675E+00	-0.66562E-03	.48915E-02	.00000E+00
5	1	.00000E+00	-0.46460E-02	.39487E+00	-0.83207E-03	.00000E+00	.00000E+00
4	1	-0.89499E-03	-0.37241E-02	.12007E+00	-0.30701E-03	.89306E-02	.00000E+00
3	1	-0.20760E-03	-0.48789E-02	.26871E+00	-0.69710E-03	.75210E-02	.37202E-03
2	1	-0.15416E-03	-0.47000E-02	.37728E+00	-0.19389E-02	.52183E-02	.00000E+00
1	1	.00000E+00	-0.47002E-02	.42065E+00	-0.23270E-02	.00000E+00	.00000E+00

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	MEMBRANE STRESS COMPONENTS			BENDING MOMENT COMPONENTS		
		SXX	SYY	SXY	MXX	MYY	MXY
1	1	-0.3417E+02	0.5108E+01	-0.4114E+01	0.3829E+04	0.2372E+03	-0.1888E+03
2	1	-0.3306E+02	0.2466E+02	-0.1573E+02	0.1342E+04	0.1395E+03	-0.8021E+03
3	1	-0.5742E+02	0.2682E+02	-0.0913E+01	0.3849E+04	0.8618E+03	-0.2575E+02
4	1	-0.4125E+02	0.0095E+02	-0.1572E+02	0.1675E+04	0.5411E+03	-0.2054E+03
5	1	-0.1018E+02	0.0373E+02	-0.5561E+01	0.3854E+04	0.1088E+04	-0.3651E+01
6	1	-0.1128E+03	0.0052E+02	-0.1288E+02	0.1725E+04	0.4313E+03	-0.3926E+02
7	1	-0.1220E+03	0.034E+02	-0.1549E+01	0.3854E+04	0.1049E+04	0.2244E+01
8	1	-0.1200E+03	0.1313E+02	-0.2295E+01	0.1576E+04	0.0384E+03	-0.7095E+01
9	1	-0.1231E+03	0.5011E+02	0.1445E+01	0.3856E+04	0.1041E+04	-0.1555E+01
10	1	-0.1283E+03	0.0352E+02	0.1972E+01	0.1580E+04	0.4401E+03	0.1014E+02
11	1	-0.1050E+03	0.4402E+02	0.5520E+01	0.3857E+04	0.1041E+04	0.4058E+01
12	1	-0.1137E+03	0.4414E+02	0.1283E+02	0.1732E+04	0.4342E+03	0.4050E+02
13	1	-0.0913E+02	0.2702E+02	0.0984E+01	0.3853E+04	0.0637E+03	0.2608E+02
14	1	-0.0208E+02	0.0030E+02	0.1577E+02	0.1679E+04	0.5425E+03	0.2062E+03
15	1	-0.3402E+02	0.5162E+01	0.4146E+01	0.3833E+04	0.2388E+03	0.1877E+03
16	1	-0.3556E+02	0.2476E+02	0.1681E+02	0.1343E+04	0.1395E+03	0.8025E+03

17	1	-.0003E+01	.6412E+01	.1043E+02	.1123E+04	.6874E+03	-.3132E+03
18	1	-.5002E+02	.3072E+02	.5309E+01	.2119E+04	.2382E+03	.2735E+03
19	1	-.5036E+02	-.3397E+02	-.4170E+02	-.1489E+04	-.1191E+04	.3257E+03
20	1	-.8026E+02	.3393E+02	-.4004E+01	.1489E+04	.6185E+02	-.2817E+03
21	1	-.1111E+03	.1146E+02	-.6667E+01	-.4580E+04	-.1804E+04	-.4421E+03
22	1	-.0100E+02	.3125E+02	.2566E+00	.1212E+04	.6767E+03	-.2186E+03
23	1	-.0376E+02	-.2773E+02	.1310E+02	-.4003E+04	-.6434E+03	.2656E+03
24	1	-.0526E+02	.2783E+02	-.8868E+00	.1218E+04	.6719E+03	.2323E+03
25	1	-.0077E+02	-.0222E+01	-.1632E+02	-.3994E+04	-.0287E+03	-.2280E+03
26	1	-.0500E+02	.3469E+02	.3012E+01	.1503E+04	.5696E+02	.2802E+03
27	1	-.1055E+03	.3379E+01	.9407E+01	-.4561E+04	-.1853E+04	.4264E+03
28	1	-.0281E+02	.6470E+02	-.4958E+01	.2133E+04	.2436E+03	-.2754E+03
29	1	-.5100E+02	-.3362E+02	.4210E+02	-.1477E+04	-.1173E+04	-.3508E+03
30	1	-.0302E+01	.6652E+01	-.1024E+02	.1132E+04	.6848E+03	.3107E+03
31	1	.2120E+03	.1932E+01	-.2566E+01	.8186E+03	.8391E+02	-.1563E+02
32	1	.2273E+03	.9755E+01	-.2972E+01	.8264E+03	.2369E+03	-.5623E+01
33	1	.2108E+03	.9494E+01	.2985E+01	.8251E+03	.2359E+03	.4906E+01
34	1	.2103E+03	.1757E+01	.2458E+01	.8152E+03	.8279E+02	.1492E+02

35	1	.2494E+03	.1376E+02	-.1044E+02	.7657E+03	-.1745E+02	-.1616E+03
36	1	.2193E+03	.4535E+01	-.6219E+01	.8826E+03	.2930E+03	.4272E+02
37	1	.2127E+03	.7244E+01	.7410E+01	.8790E+03	.2923E+03	-.4516E+02
38	1	.2266E+03	.1295E+02	.9295E+01	.7585E+03	-.1882E+02	.1587E+03
39	1	.1751E+03	.1891E+01	-.2586E+02	.2461E+04	.6474E+03	-.4096E+03
40	1	.1564E+03	.4582E+01	-.1734E+02	.1771E+04	.7790E+03	-.2112E+03
41	1	.1534E+03	.5933E+01	.2128E+02	.1774E+04	.7930E+03	.1991E+03
42	1	.1526E+03	-.1142E+01	.2362E+02	.2465E+04	.6524E+03	.4162E+03
43	1	.2107E+03	-.4862E+01	-.3005E+02	-.3499E+04	-.9590E+03	.2263E+03
44	1	.1224E+03	-.1002E+02	-.3158E+02	-.2975E+04	-.6784E+03	.7777E+02
45	1	.1195E+03	.1610E+02	.1709E+02	-.2929E+04	-.6143E+03	-.8315E+02
46	1	.1772E+03	.3467E+02	.2792E+02	-.3832E+04	-.9277E+03	-.1917E+03
47	1	-.2507E+03	.2337E+02	.3520E+02	.1951E+04	.3704E+03	.2475E+03
48	1	-.2187E+03	.7187E+01	.4483E+02	.9882E+03	.1999E+03	.4683E+03
49	1	-.1732E+03	-.1430E+02	-.5770E+01	-.1065E+04	-.7555E+03	.4637E+02
50	1	-.7270E+02	.3054E+02	.2523E+02	.2303E+04	.7593E+03	.3678E+03
51	1	-.1115E+03	-.5495E+02	.7069E+02	.6781E+03	-.5099E+03	-.1848E+03
52	1	-.3196E+02	.2099E+02	-.7816E+01	.2497E+04	.7235E+03	.2862E+03

53	1	-	.7557E+02	-	.5172E+02	.2759E+02	.2213E+03	-	.1043E+03	.1509E+02
54	1	-	.1130E+03	-	.1041E+03	.4656E+02	-	.2329E+04	-	.4871E+03
55	1	-	.0200E+02	.2122E+02	-	.1685E+02	.2557E+04	.7216E+03	.1316E+03	
56	1	-	.6953E+02	-	.4433E+02	.1770E+01	.1394E+03	-	.4387E+02	.9216E+01
57	1	-	.078E+02	-	.8049E+02	-	.4910E+01	-	.7923E+03	.2110E+03
58	1	-	.6172E+02	.2165E+02	.1653E+02	.2559E+04	.7222E+03	-	.1304E+03	
59	1	-	.6495E+02	-	.4453E+02	-	.2551E+01	.1405E+03	-	.4218E+02
60	1	-	.9530E+02	-	.3065E+02	.4020E+01	-	.2374E+04	-	.7902E+03
61	1	-	.3134E+02	.2109E+02	.7238E+01	.2501E+04	.7254E+03	-	.2964E+03	
62	1	-	.7452E+02	-	.5221E+02	-	.2805E+02	.2241E+03	-	.1014E+03
63	1	-	.1113E+03	-	.1022E+03	-	.4671E+02	-	.2320E+04	-
64	1	-	.7291E+02	.3087E+02	-	.2543E+02	.2306E+04	.7612E+03	.3688E+03	
65	1	-	.1141E+03	-	.5536E+02	-	.7000E+02	.6807E+03	-	.5088E+03
66	1	-	.1736E+03	-	.1791E+02	.5586E+01	-	.1062E+04	-	.7532E+03
67	1	-	.2515E+03	.2330E+02	-	.3510E+02	.1953E+04	.3710E+03	-	.2482E+03
68	1	-	.2104E+03	.7191E+01	-	.4480E+02	.9906E+03	.2002E+03	-	.4694E+03

69	1	.1430E+03	-.3531E+02	.3612E+02	-.5997E+04	-.6312E+03	.4948E+02
70	1	.4065E+02	-.3426E+02	.1084E+03	-.1740E+04	-.2711E+03	.1297E+04
71	1	-.1107E+03	.2459E+02	.1161E+03	.3153E+04	.8965E+02	.1128E+04
72	1	-.2174E+03	.4044E+00	.3465E+02	.8850E+04	.0099E+03	-.7313E+03
73	1	.3780E+02	-.1557E+03	-.4553E+02	-.3484E+04	-.1191E+04	.8004E+03
74	1	.1441E+03	-.2916E+02	.1966E+03	-.1901E+04	-.2972E+03	-.7820E+02
75	1	-.3028E+02	.1024E+01	.2121E+03	.2198E+04	-.4235E+03	-.1082E+04
76	1	-.3407E+02	.1061E+03	-.2401E+02	.5261E+04	.7822E+03	.2646E+03
77	1	.1156E+02	.1416E+02	-.6764E+02	-.2817E+04	-.1655E+04	-.1109E+03
78	1	-.4359E+02	-.5397E+02	-.2127E+02	.4578E+04	.1738E+04	.7409E+03
79	1	.1275E+03	-.2865E+02	.2637E+02	-.6097E+04	.2090E+02	.7548E+03
80	1	.1234E+03	.2390E+02	-.1501E+03	-.3816E+04	.4431E+03	-.3331E+03
81	1	-.1137E+03	-.4280E+02	-.1658E+03	.5026E+04	.2051E+03	.1353E+03
82	1	-.2113E+03	-.1178E+02	-.2799E+02	.8375E+04	.1851E+03	.1204E+04

SAP4 STARTED
 TRANSFOCAREA ZONEI DE RACORD DISC-DIAFRAGMA

C O N T R O L I N F O R M A T I O N

NUMBER OF NODAL POINTS	=	134
NUMBER OF ELEMENT TYPES	=	2
NUMBER OF LOAD CASES	=	1
NUMBER OF FREQUENCIES	=	0
ANALYSIS CODE (NDYN)	=	0
EQ.0,	STATIC	
EQ.1,	MODAL EXTRACTION	
EQ.2,	FORCED RESPONSE	
EQ.3,	RESPONSE SPECTRUM	
EQ.4,	DIRECT INTEGRATION	
SOLUTION MODE (MODEX)	=	0
EQ.0,	EXECUTION	
EQ.1,	DATA CHECK	
NUMBER OF SUBSPACE		
ITERATION VECTORS (-AD)	=	0
EQUATIONS PER BLOCK	=	0
TAPE10 SAVE FLAG (N10SV)	=	0

THIN PLATE/SHELL ELEMENT DATA	ELEMENT NUMBER	NODE-I	NODE-J	NODE-K	MODE-L	NODE-O	MATERIAL NUMBER	AVERAGE THICKNESS	NORMAL PRESSURE	TEMPERATURE DIFFERENCE	THERMAL GRADIENT
	1	1	2	3	4	5	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	2	1	3	4	5	6	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	3	1	4	5	6	7	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	4	1	5	6	7	8	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	5	1	6	7	8	9	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	6	1	7	8	9	10	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	7	1	8	9	10	11	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	8	1	9	10	11	12	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	9	1	10	11	12	13	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	10	1	11	12	13	14	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	11	1	12	13	14	15	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	12	1	13	14	15	16	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	13	1	14	15	16	17	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	14	1	15	16	17	18	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	15	1	16	17	18	19	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	16	1	17	18	19	20	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	17	1	18	19	20	21	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	18	1	19	20	21	22	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	19	1	20	21	22	23	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	20	1	21	22	23	24	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	21	1	22	23	24	25	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	22	1	23	24	25	26	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	23	1	24	25	26	27	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	24	1	25	26	27	28	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	25	1	26	27	28	29	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	26	1	27	28	29	30	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	27	1	28	29	30	31	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	28	1	29	30	31	32	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	29	1	30	31	32	33	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	30	1	31	32	33	34	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	31	1	32	33	34	35	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	32	1	33	34	35	36	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	33	1	34	35	36	37	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	34	1	35	36	37	38	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	35	1	36	37	38	39	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	36	1	37	38	39	40	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	37	1	38	39	40	41	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	38	1	39	40	41	42	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	39	1	40	41	42	43	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	40	1	41	42	43	44	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	41	1	42	43	44	45	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	42	1	43	44	45	46	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	43	1	44	45	46	47	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	44	1	45	46	47	48	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	45	1	46	47	48	49	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	46	1	47	48	49	50	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	47	1	48	49	50	51	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	48	1	49	50	51	52	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	49	1	50	51	52	53	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	50	1	51	52	53	54	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	51	1	52	53	54	55	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	52	1	53	54	55	56	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	53	1	54	55	56	57	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	54	1	55	56	57	58	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	55	1	56	57	58	59	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	56	1	57	58	59	60	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	57	1	58	59	60	61	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	58	1	59	60	61	62	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	59	1	60	61	62	63	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	60	1	61	62	63	64	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	61	1	62	63	64	65	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	62	1	63	64	65	66	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	63	1	64	65	66	67	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	64	1	65	66	67	68	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	65	1	66	67	68	69	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	66	1	67	68	69	70	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	67	1	68	69	70	71	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	68	1	69	70	71	72	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	69	1	70	71	72	73	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	70	1	71	72	73	74	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	71	1	72	73	74	75	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	72	1	73	74	75	76	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	73	1	74	75	76	77	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	74	1	75	76	77	78	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	75	1	76	77	78	79	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	76	1	77	78	79	80	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	77	1	78	79	80	81	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	78	1	79	80	81	82	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	79	1	80	81	82	83	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	80	1	81	82	83	84	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	81	1	82	83	84	85	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	82	1	83	84	85	86	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	83	1	84	85	86	87	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	84	1	85	86	87	88	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	85	1	86	87	88	89	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	86	1	87	88	89	90	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	87	1	88	89	90	91	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	88	1	89	90	91	92	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	89	1	90	91	92	93	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	90	1	91	92	93	94	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	91	1	92	93	94	95	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	92	1	93	94	95	96	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	93	1	94	95	96	97	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	94	1	95	96	97	98	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	95	1	96	97	98	99	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	96	1	97	98	99	100	1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

BOUNDARY ELEMENTS

ELEMENT TYPE ELEMENTS = 7 34

ELEMENT NUMBER	NODE NUMBER (N1)	NODE NUMBER (N2)	NODES DEFINING CONSTRAINT (NK1)	DIRECTION (N1)	CODE KD	CODE KR	SPECIFIED DISPLACEMENT	SPECIFIED ROTATION	SPRING RATE
1	1	1	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
2	1	2	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
3	1	3	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
4	1	4	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
5	1	5	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
6	1	6	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
7	1	7	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
8	1	8	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
9	1	9	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
10	1	10	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
11	1	11	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
12	1	12	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
13	1	13	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
14	1	14	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
15	1	15	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
16	1	16	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
17	1	17	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
18	1	18	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
19	1	19	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
20	1	20	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
21	1	21	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
22	1	22	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
23	1	23	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
24	1	24	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
25	1	25	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
26	1	26	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
27	1	27	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
28	1	28	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
29	1	29	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
30	1	30	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
31	1	31	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
32	1	32	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
33	1	33	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1
34	1	34	0	0	1	1	0.000000	0.000000	1

NODE NUMBER	LOAD CASE	DISPLACEMENTS / ROTATIONS			TRANSLATION			ROTATION		
		X=	Y=	Z=	X=	Y=	Z=	X=	Y=	Z=
134	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
133	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
132	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
131	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
130	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
129	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
128	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
127	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
126	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
125	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
124	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
123	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
122	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
121	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
120	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
119	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00

118	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
117	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
116	1	.16310E-01	.14070E-02	-.14001E+00	.00000E+00	.62415E-03	-.12596E-02	
115	1	.16689E-01	.19463E-02	-.14026E+00	.00000E+00	-.61242E-03	-.58707E-03	
114	1	.91742E-02	.25533E-02	-.14046E+00	.00000E+00	-.20973E-02	-.32404E-03	
113	1	-.22225E-02	.30392E-02	-.66124E-01	.29486E-03	-.46171E-02	.00000E+00	
112	1	-.19335E-02	.28307E-02	-.99204E-01	.85677E-04	-.45475E-02	.00000E+00	
111	1	-.17649E-02	.26636E-02	-.11106E+00	-.73710E-04	-.41609E-02	.00000E+00	
110	1	-.16255E-02	.29260E-02	-.12531E+00	-.12284E-03	-.37459E-02	.00000E+00	
109	1	-.15050E-02	.30154E-02	-.13393E+00	-.12577E-03	-.34476E-02	.00000E+00	
108	1	-.15482E-02	.32183E-02	-.14061E+00	-.98049E-04	-.32704E-02	.30403E-04	
107	1	-.15504E-02	.30524E-02	-.14705E+00	-.17232E-03	-.31580E-02	.00000E+00	
106	1	-.15031E-02	.29713E-02	-.15455E+00	-.19761E-03	-.30934E-02	.00000E+00	
105	1	-.14075E-02	.29175E-02	-.16249E+00	-.21650E-03	-.30092E-02	.00000E+00	
104	1	-.11696E-02	.29092E-02	-.17413E+00	-.24333E-03	-.27005E-02	.00000E+00	
103	1	-.75721E-03	.32673E-02	-.18456E+00	-.14991E-03	-.23294E-02	.00000E+00	
102	1	.63530E-02	.26663E-02	-.14009E+00	.00000E+00	-.22055E-02	-.10797E-03	
101	1	-.18971E-02	.29330E-02	-.65850E-01	.25935E-03	-.44960E-02	.00000E+00	

100	1	-.1A648E-02	.28190E-02	-.89584E-01	.99789E-04	-.44267E-02	.00000E+00
99	1	-.17963E-02	.28415E-02	-.11093E+00	-.11411E-04	-.40843E-02	.00000E+00
98	1	-.17411E-02	.28972E-02	-.12500E+00	-.58950E-04	-.37167E-02	.00000E+00
97	1	-.17053E-02	.29610E-02	-.13357E+00	-.86839E-04	-.34271E-02	.00000E+00
96	1	-.16558E-02	.30023E-02	-.14014E+00	-.11178E-03	-.31332E-02	-.31464E-04
95	1	-.15656E-02	.29923E-02	-.14642E+00	-.14826E-03	-.31278E-02	.00000E+00
94	1	-.14956E-02	.29328E-02	-.15387E+00	-.15816E-03	-.30773E-02	.00000E+00
93	1	-.14335E-02	.28832E-02	-.16177E+00	-.16409E-03	-.29951E-02	.00000E+00
92	1	-.13659E-02	.28806E-02	-.17340E+00	-.16444E-03	-.28163E-02	.00000E+00
91	1	-.13513E-02	.30755E-02	-.18430E+00	-.57413E-04	-.26714E-02	.00000E+00
90	1	.14763E-01	.13589E-02	-.13951E+00	.00000E+00	.42242E-03	.23614E-03
89	1	.90412E-02	.24155E-02	-.13967E+00	.00000E+00	-.15668E-02	.30121E-05
88	1	-.18758E-02	.28362E-02	-.65244E-01	.11734E-03	-.44111E-02	.00000E+00
87	1	-.18445E-02	.28328E-02	-.89874E-01	.42972E-04	-.43476E-02	.00000E+00
86	1	-.18070E-02	.28330E-02	-.11090E+00	-.17032E-04	-.40310E-02	.00000E+00
85	1	-.17584E-02	.28651E-02	-.12440E+00	-.49746E-04	-.36767E-02	.00000E+00
84	1	-.17143E-02	.28886E-02	-.13328E+00	-.67337E-04	-.33826E-02	.00000E+00
83	1	-.16454E-02	.28969E-02	-.13977E+00	-.77893E-04	-.30911E-02	.11962E-04

A2	1	-0.14084F-02	.28935E-02	-0.14597F+00	-0.89012E-04	-0.31001E-02	.00000E+00
A1	1	-0.15294F-02	.26817E-02	-0.15338F+00	-0.97022E-04	-0.30688E-02	.00000E+00
A0	1	-0.14717F-02	.26711E-02	-0.16126F+00	-0.10311E-03	-0.29903E-02	.00000E+00
79	1	-0.14407F-02	.24855E-02	-0.17290E+00	-0.10951F-03	-0.28302E-02	.00000E+00
78	1	-0.14068F-02	.29012E-02	-0.18398F+00	-0.11682E-03	-0.27410E-02	.00000F+00
77	1	.62058E-02	.25658E-02	-0.13943E+00	.00000E+00	-0.21444E-02	.88281E-05
76	1	-0.17645F-02	.27694F-02	-0.64507F-01	-0.36403E-04	-0.43909F-02	.00000E+00
75	1	-0.12604F-02	.24296E-02	-0.49883F-01	-0.37450F-04	-0.43225F-02	.00000E+00
74	1	-0.14120E-02	.24093E-02	-0.11076F+00	-0.55254E-04	-0.40048E-02	.00000E+00
73	1	-0.17420F-02	.29206E-02	-0.12454F+00	-0.67755E-04	-0.36568E-02	.00000E+00
72	1	-0.16905F-02	.28275E-02	-0.13303F+00	-0.70430E-04	-0.33750E-02	.00000F+00
71	1	-0.16406F-02	.26208E-02	-0.13951E+00	-0.61077E-04	-0.30927E-02	.96725E-05
70	1	-0.15852F-02	.28197E-02	-0.14571E+00	-0.52522E-04	-0.30977E-02	.00000E+00
69	1	-0.15156F-02	.28222E-02	-0.15310E+00	-0.56806E-04	-0.30574F-02	.00000E+00
68	1	-0.14421F-02	.28320F-02	-0.16095F+00	-0.64953E-04	-0.29809F-02	.00000E+00
67	1	-0.13334F-02	.26693F-02	-0.17255F+00	-0.73143E-04	-0.28081F-02	.00000F+00
66	1	-0.13112F-02	.27763E-02	-0.18339F+00	-0.18725F-03	-0.26551F-02	.00000E+00
65	1	.15554F-01	.13637E-02	-0.13873F+00	.00000F+00	.65494F-03	.37760E-05

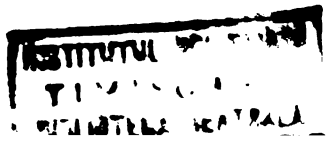
64	1	.15330E-01	.10836E-02	-.13096E+00	.00000E+00	-.60380E-03	.54029E-04
63	1	.02431F-02	.24104E-02	-.13911E+00	.00000E+00	-.18314F-02	.30280E-04
62	1	-.23097F-02	.27536E-02	-.63360F-01	-.99122F-04	-.43704F-02	.00000E+00
61	1	-.19404F-02	.27673E-02	-.89630F-01	-.10008E-03	-.43173F-02	.00000E+00
60	1	-.18103F-02	.27673E-02	-.11049F+00	-.97480E-04	-.39997F-02	.00000E+00
59	1	-.17245F-02	.27675E-02	-.12428F+00	-.94050F-04	-.36508E-02	.00000E+00
58	1	-.16630F-02	.27668F-02	-.13272F+00	-.90689F-04	-.33768E-02	.00000F+00
57	1	-.16051F-02	.27649F-02	-.13926E+00	-.86904E-04	-.31669E-02	.34681E-06
56	1	-.15585F-02	.27623E-02	-.14550F+00	-.82621E-04	-.30892F-02	.00000F+00
55	1	-.14934F-02	.27615E-02	-.15286F+00	-.79026E-04	-.30474F-02	.00000E+00
54	1	-.14104F-02	.27614E-02	-.16070F+00	-.76670F-04	-.29759E-02	.00000E+00
53	1	-.12128F-02	.27613E-02	-.17227E+00	-.75223E-04	-.27904F-02	.00000F+00
52	1	-.80311F-03	.27633E-02	-.18275F+00	-.84608E-04	-.23255E-02	.00000E+00
51	1	.63341F-02	.24312E-02	-.13880E+00	.00000E+00	-.21930E-02	.20935E-04
50	1	-.19628F-02	.27509E-02	-.63777F-01	-.17031E-03	-.43914F-02	.00000E+00
49	1	-.19077F-02	.27024E-02	-.89162E-01	-.16325E-03	-.43258E-02	.00000E+00
48	1	-.18040F-02	.27261E-02	-.11007F+00	-.13808E-03	-.40103E-02	.00000E+00
47	1	-.17280E-02	.27123E-02	-.12390F+00	-.11878E-03	-.36642F-02	.00000E+00

46	1	-0.16711E-02	.27045E-02	-0.13237E+00	-0.1110AE-03	-0.33861E-02	.00000E+00
45	1	-0.16197E-02	.27081E-02	-0.13888E+00	-0.11401E-03	-0.31097E-02	-0.57097E-05
44	1	-0.15655E-02	.27044E-02	-0.14510E+00	-0.11556E-03	-0.31094E-02	.00000E+00
43	1	-0.15009E-02	.27023E-02	-0.15252E+00	-0.10490E-03	-0.30668E-02	.00000E+00
42	1	-0.14312E-02	.26917E-02	-0.16040E+00	-0.9181AE-04	-0.29867E-02	.00000E+00
41	1	-0.13260E-02	.26545E-02	-0.17201E+00	-0.75155E-04	-0.28110E-02	.00000E+00
40	1	-0.13044E-02	.27457E-02	-0.18286E+00	.53609E-04	-0.26569E-02	.00000E+00
39	1	.16274E-01	.13611E-02	-0.13845E+00	.00000E+00	.23028E-03	.46828E-04
38	1	.10292E-01	.22231E-02	-0.13843E+00	.00000E+00	-0.16768E-02	-0.17378E-05
37	1	-0.18685E-02	.20997E-02	-0.63730E-01	-0.32326E-03	-0.44140E-02	.00000E+00
36	1	-0.18372E-02	.20990E-02	-0.88391E-01	-0.24371E-03	-0.43547E-02	.00000E+00
35	1	-0.17933E-02	.26954E-02	-0.10947E+00	-0.17427E-03	-0.40430E-02	.00000E+00
34	1	-0.17372E-02	.26631E-02	-0.12341E+00	-0.13588E-03	-0.36891E-02	.00000E+00
33	1	-0.16914E-02	.26397E-02	-0.13193E+00	-0.11680E-03	-0.33996E-02	.00000E+00
32	1	-0.16511E-02	.26325E-02	-0.13846E+00	-0.10415E-03	-0.31182E-02	-0.10933E-04
31	1	-0.15805E-02	.26358E-02	-0.14471E+00	-0.90129E-04	-0.31221E-02	.00000E+00
30	1	-0.15075E-02	.26466E-02	-0.15216E+00	-0.77352E-04	-0.30860E-02	.00000E+00
29	1	-0.14544E-02	.26554E-02	-0.16009E+00	-0.66892E-04	-0.30040E-02	.00000E+00

28	1	-0.14271E-02	.26394E-02	-0.1717AF+00	-0.50717E-04	-0.28468E-02	.00000E+00
27	1	-0.13945E-02	.26217E-02	-0.1A295F+00	-0.25429E-04	-0.27651E-02	.00000E+00
26	1	.65020E-02	.23269E-02	-0.13A09E+00	.00000E+00	-0.22665E-02	.A0444E-04
25	1	-0.1A827E-02	.26122E-02	-0.63569E-01	-0.45794F-03	-0.44986E-02	.00000E+00
24	1	-0.19512E-02	.27130E-02	-0.87340F-01	-0.30057E-03	-0.44425E-02	.00000E+00
23	1	-0.17794E-02	.26844E-02	-0.10A7AF+00	-0.17965E-03	-0.41039F-02	.00000E+00
22	1	-0.17214E-02	.26271E-02	-0.12291E+00	-0.12410F-03	-0.37336E-02	.00000F+00
21	1	-0.16432E-02	.25639E-02	-0.13152E+00	-0.93289E-04	-0.34430E-02	.00000E+00
20	1	-0.1630AF-02	.25274E-02	-0.13A13E+00	-0.69966E-04	-0.31584E-02	.27451E-04
19	1	-0.15434E-02	.25392E-02	-0.14445E+00	-0.38187E-04	-0.31527E-02	.00000F+00
18	1	-0.14763E-02	.25987E-02	-0.15196E+00	-0.29190E-04	-0.30990E-02	.00000E+00
17	1	-0.14167E-02	.26457E-02	-0.15991E+00	-0.23222E-04	-0.30127E-02	.00000F+00
16	1	-0.13519E-02	.26446E-02	-0.17162E+00	-0.26889E-04	-0.28419E-02	.00000F+00
15	1	-0.13376E-02	.24503E-02	-0.1A264E+00	-0.13624E-03	-0.27157E-02	.00000E+00
14	1	.16376E-01	.13226E-02	-0.13775E+00	.00000E+00	.62557E-03	.13044E-03
13	1	.16793E-01	.16195E-02	-0.137A2E+00	.00000E+00	-0.57305F-03	.37347E-03
12	1	.92226E-02	.22687E-02	-0.13788E+00	.00000E+00	-0.21044F-02	.27853E-03
11	1	-0.21950E-02	.25179E-02	-0.6311AF-01	-0.48022E-03	-0.45A94F-02	.00000E+00

10	1	-0.19105E-02	.27005E-02	-0.06200E-01	-0.28908E-03	-0.45632E-02	.00000E+00
9	1	-0.17455E-02	.26619E-02	-0.10818E+00	-0.11764E-03	-0.41900E-02	.00000E+00
8	1	-0.16465E-02	.25977E-02	-0.12253E+00	-0.56718E-04	-0.37718E-02	.00000E+00
7	1	-0.15344E-02	.25094E-02	-0.13121E+00	-0.50370E-04	-0.34675E-02	.00000E+00
6	1	-0.15426E-02	.23088E-02	-0.13791E+00	-0.75739E-04	-0.32627E-02	-0.29943E-04
5	1	-0.15388E-02	.24794E-02	-0.14436E+00	-0.14703E-04	-0.31821E-02	.00000E+00
4	1	-0.14477E-02	.25608E-02	-0.15192E+00	.55921E-05	-0.31131E-02	.00000E+00
3	1	-0.13913E-02	.26124E-02	-0.15990E+00	.21428E-04	-0.30190E-02	.00000E+00
2	1	-0.11572E-02	.26169E-02	-0.17155E+00	.20174E-04	-0.27823E-02	.00000E+00
1	1	-0.75464E-03	.22606E-02	-0.19192E+00	-0.20670E-03	-0.23272E-02	.00000E+00

ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	MEMBRANE STRESS COMPONENTS			BENDING MOMENT COMPONENTS		
		SXX	SXY	SYX	MXX	MYY	MXY
1	1	-.1004E+03	.2993E+02	-.2706E+02	-.1771E+04	-.5998E+03	-.4299E+03
2	1	-.8069E+02	-.7363E+01	-.2373E+02	-.1139E+04	-.7888E+02	-.8823E+02
3	1	-.6274E+02	.8467E+00	-.1679E+02	-.7595E+03	.1344E+01	.3589E+02
4	1	-.4783E+02	.1283E+02	-.2289E+02	-.5626E+03	-.2879E+01	.7647E+02
5	1	-.2717E+02	.6894E+02	-.4681E+02	-.5017E+03	-.9907E+02	.1698E+03
6	1	-.2950E+02	.6659E+02	.2799E+02	-.2906E+04	-.7645E+03	.3420E+03
7	1	-.4061E+02	.1096E+02	.7023E+01	-.2876E+04	-.5452E+03	.8507E+02
8	1	-.4562E+02	.5562E+00	.2068E+01	-.2510E+04	-.3810E+03	.2649E+03
9	1	-.5142E+02	-.5727E+01	.8130E+01	-.1642E+04	-.2828E+03	.4932E+03
10	1	-.6104E+02	.1393E+02	.1823E+02	-.2008E+03	-.1238E+03	.7107E+03
11	1	.1629E+01	.4641E+02	.7357E+01	-.7086E+03	-.4645E+03	-.1928E+03
12	1	-.2621E+02	-.6539E+01	-.1028E+02	-.9228E+03	-.8403E+02	.6707E+01
13	1	-.4466E+02	.2569E+01	-.1604E+02	-.6969E+03	.5469E+02	.4311E+02
14	1	-.5419E+02	.2351E+02	-.1898E+02	-.3542E+03	.1794E+03	.1117E+03
15	1	-.7301E+02	.3367E+02	-.9313E+01	.7011E+02	.2723E+03	.1366E+03
16	1	-.3685E+02	.3894E+02	.5758E+01	-.3348E+04	-.8350E+03	.1961E+03



17	1	- .3018E+02	.2186E+02	.1203E+02	-.2069E+04	-.7596E+03	.1765E+03
18	1	- .3233E+02	.3281E+01	.6906E+01	-.2414E+04	-.7079E+03	.2305E+03
19	1	- .2695E+02	-.928E+01	.2608E+01	-.1628E+04	-.6679E+03	.3132E+03
20	1	- .6371E+01	.1915E+02	-.4271E+01	-.4381E+03	-.7001E+03	.3488E+03
21	1	- .2495E+01	.3757E+02	.1249E+02	-.7595E+03	-.3422E+03	.3712E+03
22	1	- .3362E+02	.4111E+01	.1866E+02	-.9520E+03	-.1427E+03	.1032E+03
23	1	- .4603E+02	.1161E+02	.3413E+01	-.7023E+03	-.6166E+02	.7802E+02
24	1	- .5461E+02	.1451E+02	.1168E+01	-.3477E+03	.4515E+02	.7375E+02
25	1	- .5889E+02	.2271E+02	.4614E+01	.5555E+02	.1162E+03	.4278E+02
26	1	- .3991E+02	.2680E+02	.6246E+01	-.3348E+04	-.9948E+03	.6045E+02
27	1	- .3902E+02	.1977E+02	.3386E+01	-.2864E+04	-.9243E+03	.8728E+02
28	1	- .3527E+02	.1024E+02	.4777E+01	-.2388E+04	-.8725E+03	.1368E+03
29	1	- .3113E+02	-.4736E+00	-.1008E+02	-.1624E+04	-.8243E+03	.1594E+03
30	1	- .1224E+02	.1213E+02	-.1363E+02	-.4823E+03	-.8205E+03	.1192E+03
31	1	- .1124E+03	.2575E+01	.5455E+02	-.1723E+04	-.1011E+03	.2485E+03
32	1	- .7040E+02	.3030E+02	.1440E+02	-.1101E+04	-.3802E+03	.6534E+02
33	1	- .5559E+02	.2084E+02	.4744E+01	-.7477E+03	-.3561E+03	.7461E+02
34	1	- .5107E+02	.1624E+02	.2419E+01	-.4854E+03	-.3244E+03	.1474E+03

35	1	-	.4732E+02	.1868E+02	.3281E+01	-	.5291E+03	-	.3418E+03	-	.3198E+02	
36	1	-	.5157E+02	.1927E+02	.2212E+01	-	.2972E+04	-	.1036E+04	-	.9614E+02	
37	1	-	.4663E+02	.2028E+02	.2514E+01	-	.2812E+04	-	.9821E+03	.	.8974E+02	
38	1	-	.4176E+02	.1619E+02	.7700E+00	-	.2390E+04	-	.9173E+03	.	.5593E+02	
39	1	-	.4452E+02	.1819E+02	-	.6598E+01	-	.1627E+04	-	.8052E+03	.3178E+02	
40	1	-	.7565E+02	-	.4165E+01	-	.3962E+02	-	.3808E+03	-	.5218E+03	
41	1	-	.1129E+03	.1426E+01	-	.6134E+02	-	.1757E+04	-	.2260E+03	-	.2035E+03
42	1	-	.7114E+02	.3075E+02	-	.2084E+02	-	.1091E+04	-	.3733E+03	-	.4339E+02
43	1	-	.5999E+02	.2122E+02	-	.7515E+01	-	.7241E+03	-	.3275E+03	-	.3555E+02
44	1	-	.5319E+02	.1848E+02	-	.5717E+01	-	.4671E+03	-	.2992E+03	-	.9952E+02
45	1	-	.5025E+02	.1797E+02	-	.4688E+01	-	.4934E+03	-	.3185E+03	.	.9128E+02
46	1	-	.8491E+02	.1942E+02	-	.5791E+01	-	.3006E+04	-	.1042E+04	.	.1548E+03
47	1	-	.4371E+02	.1990E+02	-	.5862E+01	-	.2832E+04	-	.9924E+03	-	.5124E+02
48	1	-	.4014E+02	.1570E+02	-	.3215E+01	-	.2399E+04	-	.9300E+03	-	.3148E+02
49	1	-	.0304E+02	.1734E+02	.	.5396E+01	-	.1633E+04	-	.8104E+03	-	.1301E+02
50	1	-	.7431E+02	.1597E+01	.	.3684E+02	-	.3762E+03	-	.4917E+03	.	.9955E+02
51	1	-	.3321E+01	.3796E+02	-	.1375E+02	-	.7590E+03	-	.3249E+03	-	.2957E+03
52	1	-	.3531E+02	.4655E+01	-	.1977E+02	-	.9285E+03	-	.6326E+02	-	.5610E+02

53	1	-	.0920E+02	.1245E+02	-	.4097E+01	-	.6448E+03	.3013E+02	-	.4434E+02		
54	1	-	.5931E+02	.1903E+02	-	.2367E+01	-	.2890E+03	.1310E+03	-	.3462E+02		
55	1	-	.6506E+02	.2190E+02	-	.5878E+01	.1348E+03	.1918E+03	.1762E+01				
56	1	-	.3552E+02	.2786E+02	-	.7746E+01	-	.3435E+04	-	.9931E+03	-	.2602E+02	
57	1	-	.3398E+02	.1887E+02	-	.9911E+01	-	.2904E+04	-	.9314E+03	-	.6406E+02	
58	1	-	.5172E+02	.9568E+01	-	.5984E+01	-	.2399E+04	-	.8842E+03	-	.1107E+03	
59	1	-	.2501E+02	-	.9013E+00	.8973E+01	-	.1638E+04	-	.8341E+03	-	.1298E+03	
60	1	-	.1120E+02	.1553E+02	.1219E+02	-	.5019E+03	-	.8286E+03	-	.1039E+03		
61	1	.1443E+01	.4725E+02	-	.7423E+01	-	.7100E+03	-	.2275E+03	.2316E+03			
62	1	-	.2778E+02	-	.6318E+01	.1083E+02	-	.9108E+03	.5887E+02	.1327E+02			
63	1	-	.741E+02	.3263E+01	.1699E+02	-	.6316E+03	.1610E+03	-	.2318E+02			
64	1	-	.5797E+02	.2403E+02	.2013E+02	-	.2991E+03	.2561E+03	-	.8716E+02			
65	1	-	.7788E+02	.3306E+02	.1043E+02	.1090E+03	.3002E+03	-	.1276E+03				
66	1	-	.3191E+02	.3957E+02	-	.5395E+01	-	.3468E+04	-	.8874E+03	-	.2092E+03	
67	1	-	.2648E+02	.2094E+02	-	.1137E+02	-	.2893E+04	-	.7886E+03	-	.1709E+03	
68	1	-	.2967E+02	.2054E+01	-	.6749E+01	-	.2407E+04	-	.7117E+03	-	.2066E+03	
69	1	-	.2502E+02	-	.9209E+01	-	.2419E+01	-	.1644E+04	-	.6724E+03	-	.2842E+03
70	1	-	.5596E+01	.2216E+02	.4117E+01	-	.4888E+03	-	.7355E+03	-	.3494E+03		

71	1	-0.1031E+03	0.3000E+02	0.2817E+02	-0.1660E+04	-0.6023E+01	0.3284E+03
72	1	-0.9238E+02	-0.7346E+01	0.2473E+02	-0.1072E+04	0.5526E+02	0.4082E+01
73	1	-0.6339E+02	0.1085E+01	0.1802E+02	-0.6814E+03	0.6008E+02	-0.6168E+02
74	1	-0.4740E+02	0.1305E+02	0.2450E+02	-0.5175E+03	0.2767E+02	-0.6495E+02
75	1	-0.2563E+02	0.6860E+02	0.4858E+02	-0.6960E+03	-0.1816E+03	-0.1990E+03
76	1	-0.3143E+02	0.0527E+02	-0.2624E+02	-0.2805E+04	-0.7714E+03	-0.4148E+03
77	1	-0.4162E+02	0.1051E+02	-0.5803E+01	-0.2848E+04	-0.5583E+03	-0.4458E+02
78	1	-0.4500E+02	0.3002E+00	-0.1554E+01	-0.2492E+04	-0.3842E+03	-0.2224E+03
79	1	-0.5163E+02	-0.6157E+01	-0.8436E+01	-0.1681E+04	-0.2861E+03	-0.4594E+03
80	1	-0.6113E+02	0.1724E+02	-0.1755E+02	-0.3457E+03	-0.1982E+03	-0.7066E+03
81	1	0.5974E+02	-0.4906E+01	-0.2737E+02	0.8793E+03	0.3583E+04	0.5067E+02
82	1	-0.8203E+01	-0.1034E+02	-0.1041E+02	0.9648E+03	0.2590E+04	0.1121E+04
83	1	-0.1010E+02	-0.2186E+02	-0.1523E+02	0.5265E+03	0.1840E+04	0.5432E+03
84	1	0.3748E+02	-0.1601E+02	0.5102E+01	0.1045E+04	0.3329E+04	-0.6896E+03
85	1	0.1221E+02	-0.2203E+02	-0.2579E+02	0.1254E+04	0.3470E+04	0.5801E+03
86	1	0.7434E+01	-0.3615E+02	0.2344E+02	0.1390E+04	0.2276E+04	-0.9462E+03
87	1	-0.1104E+02	-0.2432E+02	0.2157E+02	0.7353E+03	0.1981E+04	-0.3725E+03
88	1	0.1401E+02	-0.6163E+02	0.2496E+01	0.1279E+04	0.3884E+04	-0.5370E+03

89	1	.1923E+02	-.6094E+02	-.9453E+00	.1247E+04	.3955E+04	.4703E+03
90	1	.6547E+01	-.3560E+02	-.2285E+02	.1213E+04	.2323E+04	.8554E+03
91	1	-.1374E+02	-.2572E+02	-.2299E+02	.8713E+03	.2354E+04	.1038E+03
92	1	.1222E+02	-.2046E+02	.2502E+02	.1281E+04	.3609E+04	-.6358E+03
93	1	.3469E+02	-.1414E+02	-.8160E+01	.1049E+04	.3471E+04	.7225E+03
94	1	-.4512E+01	-.1933E+02	.1241E+02	.6745E+03	.2574E+04	-.1147E+04
95	1	-.1060E+02	-.2723E+02	.1625E+02	-.9577E+03	.1325E+04	-.9423E+03
96	1	.5758E+02	-.1417E+02	.2568E+02	.8678E+03	.3686E+04	.1466E+02

BOUNDARY		ELEMENT FORCES / MOMENTS	
ELEMENT NUMBER	LOAD CASE	FORCE	MOMENT
1	1	-.75464E+07	-.20670E+07
2	1	.22606E+08	-.23272E+08
3	1	-.18192E+10	.00000E+00
4	1	-.15426E+08	-.75730E+06
5	1	.23088E+08	-.32627E+08
6	1	-.13791E+10	-.29943E+06
7	1	.21950E+08	.48022E+07
8	1	-.25178E+08	.45894E+08
9	1	-.63118E+09	.00000E+00
10	1	.16376E+09	.00000E+00
11	1	.13226E+08	.62557E+07
12	1	-.13775E+10	.13044E+07
13	1	-.80311E+07	-.84609E+06
14	1	.27633E+08	-.23255E+08
15	1	-.18275E+10	.00000E+00
16	1	-.16051E+08	-.86904E+05
17	1	.27649E+08	-.31669E+08
18	1	-.13926E+10	.38681E+04
19	1	.23097E+08	.99122E+06
20	1	.27536E+08	-.43704E+08
21	1	-.63360E+09	.00000E+00
22	1	.15554E+09	.00000E+00
23	1	.13637E+08	.65494E+07

24	1	-.13873E+10	.37760E+05
25	1	-.75721E+07	-.14991E+07
26	1	-.32673E+08	.23294E+08
27	1	-.18456E+10	.00000E+00
28	1	-.15482E+08	-.98049E+06
29	1	-.32183E+08	.32704E+08
30	1	-.14061E+10	.30403E+05
31	1	.22225E+08	-.29486E+07
32	1	.30392E+08	-.46171E+08
33	1	-.66124E+09	.00000E+00
34	1	.16310E+09	.00000E+00
35	1	-.14079E+08	-.62415E+07
36	1	-.14001E+10	-.12596E+06

O V E R A L L T I M E L O G

NODAL POINT INPUT	=	12.29
ELEMENT STIFFNESS FORMATION	=	179.26
NODAL LOAD INPUT	=	1.90
TOTAL STIFFNESS FORMATION	=	162.03
STATIC ANALYSIS	=	439.66
EIGENVALUE EXTRACTION	=	.00
FORCED RESPONSE ANALYSIS	=	.00
RESPONSE SPECTRUM ANALYSIS	=	.00
STEP-BY-STEP INTEGRATION	=	.00

TOTAL SOLUTION TIME = 794.13

STOP


```

440 301 NJ=J+MJ
450 302 ST(VMI,NE)
460 303 CONTINUE
470 304 DO 305 I=1,NREZ
480 305 DR(I)=1
490 306 DO 307 J=1,3
500 307 IF(NTIP(I,J).EQ.0) GO TO 502
510 308 NT=3+M+J
520 309 ST(VMI,NMI)=ST(NMI,NMI)*7.E+40
530 310 ABT(VMI)=ST(NMI,NMI)*VU(I,J)

```

440 301
450 302
460 303
470 304
480 305
490 306
500 307
510 308
520 309
530 310

```

904 304 CONTINUE
905 305 CONTINUE
906 306 WRITE(5)
907 307 RETURN
908 308 END

```

904 304
905 305
906 306
907 307
908 308

PUNIKAN UU.UU CLAPEIA 17/05/81 11.07.86

SEG 51ST
PETUMB DV:KUC, LN: MATHLIB, UN: 1, VN: 1, FM: KESUL
LUMPALE FOKIKAN
FUKIKAN UU.00

GLAPEIA 11/03/81 11.08.06

```

1  * SEUMMENT FZBLK, P1, P2
2  SUBRTIME VN(15), A1N(1), VL(1), KE(0,0), K(0,0)
3  DIMENSION X(15,2), NOD(15,2), NR(5), NTIP(5,3), VD(5,3)
4  DIMENSION ACT(45), SO(6), LIST(15)
5  DIMENSION AC(2025), DEPG(6), DEPI(6)
6  DIMENSION NBARE, NNOD3, NREZ, NNODI, VN, AIN, VL, E, RE, SN, CN, K
7  CUMVON/B1/X, VOD, NR, NTIP, VD, ACT, SO, LIST
8  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
9  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
10  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
11  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
12  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
13  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
14  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
15  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
16  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
17  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
18  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
19  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
20  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
21  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
22  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
23  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
24  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
25  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
26  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
27  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
28  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
29  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
30  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
31  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
32  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
33  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
34  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
35  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
36  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
37  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
38  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
39  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
40  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
41  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
42  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
43  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
44  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)
45  CUMVON/B2/ST(45,45), ST(1,1)

```

FUKIKAN UU.00
GLAPEIA 11/03/81 11.08.06

CALCUL DE CADRU

U A I E I N I T I A L E

NUMARUL BARELOR 9
 NUMARUL NODURILOR 9
 NUMARUL NODURILOR NEZEMATE 3
 NUMARUL NODURILOR INCARDATE 5
 MODUL DE ELASTICITATE 210000 DAN/CM^2

COORDONATELE NODURILOR	NOD	X (CM)	Y (CM)
	1	0,00000	0,00000
	2	20,00000	0,00000
	3	27,11000	0,00000
	4	03,11000	29,00000
	5	0,00000	51,00000
	6	12,00000	51,00000
	7	20,00000	51,00000
	8	46,50000	51,00000
	9	27,11000	51,00000

ILPULUGIE
CAM. GECM.

BARA	NUD SI.	NOD DR.	ARIA (CM2)	MOM. INER. (CM4)
1	1	2	222.40	536.00
2	2	5	222.00	536.00
3	3	4	378.00	1134.00
4	5	6	602.50	1580.20
5	6	7	667.50	1507.30
6	7	8	542.50	1130.50
7	8	9	400.00	833.40
8	4	9	378.00	1134.00
9	2	7	302.00	687.50

NUUMBLE MEZEMALE

NUUMBLE IMPUSE (CM)	1	4	2
.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00
.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00
.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00	.0000E+00

NUUMBLE INKARATE

NUD	FX (DAN)	FY (DAN)	MZ (DAN-CM)
2	.00	-9940.00	.00
0	.00	-14350.00	.00
1	.00	-18360.00	.00
0	.00	-15990.00	.00
9	.00	-8873.00	.00

BANK N I M U B I C I I A K J L A U A P E T E D E B A K A M

1	-0.41072E+00	0.27000E+00	-0.44200E+05	0.41072E+05	-0.50469E+00	0.49299E+05
2	-0.28050E+00	-0.20320E+00	-0.54803E+04	0.28050E+05	0.26358E+05	-0.41926E+06
3	-0.20000E+00	0.25000E+00	0.41000E+04	0.30000E+05	-0.25090E+05	0.51525E+06
4	0.40000E+00	-0.40000E+00	-0.40000E+04	-0.40000E+05	0.99409E+04	0.50702E+06
5	0.40000E+00	-0.20000E+00	-0.59703E+04	-0.40000E+05	0.29200E+05	-0.42321E+05
6	0.20000E+00	-0.21200E+00	-0.50834E+04	-0.28000E+05	0.21204E+05	-0.43000E+05
7	0.20000E+00	-0.32200E+00	0.43004E+04	-0.28000E+05	0.55203E+05	-0.48792E+06
8	0.40000E+00	0.20000E+00	-0.27300E+04	-0.40000E+05	-0.20507E+05	0.48792E+06
9	0.20000E+00	0.12720E+00	0.29443E+04	-0.20000E+05	-0.12727E+05	0.55044E+06

- 73 -

M U U A U E M L A S A R I L E N O U U K I L O M

1	0.23622E-42	-0.14770E+00	0.26717E-45
2	0.23635E-02	-0.11615E+00	0.27006E-02
3	0.39200E-02	0.05200E-03	0.05001E-03
4	0.16650E-01	-0.11542E-02	-0.50015E-43
5	-0.44000E-43	-0.10400E+00	0.70000E-43
6	-0.44000E-03	-0.10470E+00	0.24406E-02
7	-0.22400E-03	-0.11700E+00	0.34006E-02
8	-0.15400E-02	-0.50070E-01	0.05019E-02
9	-0.11700E-02	-0.47440E-02	0.24002E-02

VALUUL VE CADRU - LA BIUL UJJA BAKE

U A I E I N I T I A L E .

NUMARUL BAKELUK 12
 NUMARUL MODURILOR 13
 NUMARUL MODURILOR KEZEMATE 3
 NUMARUL MODURILOR INCARCATE 3
 MODUL DE ELASTICITATE .CTUE+UJ DAN/LM2

CUURDJMAIELE	MODURILOR	NUM	X(CM)	Y(CM)
	1	1	.00000	.00000
	2	2	30.00000	.00000
	3	3	39.11000	.00000
	4	4	63.11000	29.00000
	5	5	.00000	31.00000
	6	6	15.00000	31.00000
	7	7	30.00000	31.00000
	8	8	46.20000	31.00000
	9	9	39.11000	31.00000
	10	10	15.00000	.00000
	11	11	46.20000	.00000
	12	12	30.00000	34.00000
	13	13	30.00000	17.00000

IMPULJUAL CAR. GEOM.	BAKA	NUV SIR	NUV UK	AKIA (CM2)	MUM. INER. (CM4)
1	1	10	10	622,00	336,00
2	2	10	10	622,00	336,00
3	2	11	11	622,00	336,00
4	3	11	11	622,00	336,00
5	3	6	6	602,00	4360,20
6	6	7	7	647,00	4307,30
7	7	8	8	342,50	1130,20
8	8	9	9	400,00	653,60
9	9	4	4	378,00	1124,00
10	3	4	4	378,00	1124,00
11	7	12	12	305,00	467,50
12	12	13	13	305,00	467,50
13	2	13	13	305,00	467,50

NUVURILE REZEMATE 1 4 3

DEPLASMAN IMPULSE (CM)
 :UUUUE+UU :UUUUE+UU :UUUUE+UU
 :UUUUUE+00 :UUUUUE+00 :UUUUUE+00
 :UUUUUE+00 :UUUUUE+00 :UUUUUE+00

NUVURILE INLAKUATE	NUV	FX (DAN)	FY (DAN)	MZ (UAN-CM)
1	3	.00	-4440.00	.00
2	6	.00	-19350.00	.00
3	7	.00	-18360.00	.00
4	8	.00	-13990.00	.00
5	9	.00	-8873.00	.00

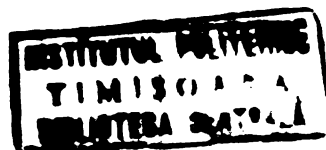
DAKA N I S U L A K I L A C A P E T E U E B A K A M

1	- .4104505	- .1120000	- .4700000	.4700000	- .1502000	.4700000	.4700000
2	- .4104505	.1207000	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000	- .4700000
3	- .2800000	- .2000000	- .2400000	- .2400000	.2600000	.2600000	- .2600000
4	- .2800000	- .2000000	- .4100000	- .4100000	.2600000	.2600000	.2600000
5	.4104505	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000
6	.4104505	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000
7	.2800000	.2000000	.2400000	.2400000	.2600000	.2600000	.2600000
8	.2800000	.2000000	.4100000	.4100000	.2600000	.2600000	.2600000
9	.4104505	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000
10	.4104505	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000
11	.2800000	.2000000	.2400000	.2400000	.2600000	.2600000	.2600000
12	.2800000	.2000000	.4100000	.4100000	.2600000	.2600000	.2600000
13	.4104505	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000	.4700000

U E P L A S A K I L E N U U K I L U K
A Y ALFA

NUU

1	.11810E-4C	-.14780E+00	.20561E-4S
2	.65027E-0C	-.11017E+00	.27087E-0Z
3	.5Y>7UE-0C	.05272E+0S	.05Y>8E-0S
4	.10001E-01	-.11546E-4Z	-.54851E-4S
5	-.44Y8YE-4S	-.18407E+00	.70006E-4S
6	-.44Y8YE-0S	-.16488E+00	.24408E-0Z
7	-.7260YE-0S	-.1177Y2E+00	.54700E-0Z
8	.75646E-0C	-.20083E-01	.45525E-0Z
9	.7777Y3E-0C	-.47455E-0Z	.24795E-0Z
10	.11878E-0C	-.13Y8YE+00	.70544E-0Z
11	.52707E-0C	-.47882E+01	.27557E-0Z
12	.17652E-01	-.11754E+00	-.01047E-0S
13	-.15604E-0C	-.11075E+00	-.70507E-0Z



ALALUL DE CADRU - LA BUTUL PAMA PRINTA

D A I E I N I T I A L E

NUMARUL PAKELIUK 12
 NUMARUL MODURILOR KEZEMATE 13
 NUMARUL MODURILOR INCARCATE 3
 MODUL DE ELASTICITATE 210E+07 DAN/CM2

COORDONATELE NODURILOR	NOD	X(CM)	Y(CM)
	1	0.00000	0.00000
	2	30.00000	0.00000
	3	39.11000	0.00000
	4	37.00000	29.00000
	5	0.00000	31.00000
	6	15.00000	31.00000
	7	30.00000	31.00000
	8	46.20000	31.00000
	9	39.11000	31.00000
	10	15.00000	0.00000
	11	46.20000	0.00000
	12	30.00000	34.00000
	13	30.00000	17.00000
	14	65.11000	44.00000
	15	65.11000	14.00000

TUMBUHAN CAR. GEOM.	BARA	NUU SI.	NUU UK.	AKA (CM2)	MUM. INER. (CM4)
1	1	10	10	22,00	226,00
2	2	10	10	22,00	226,00
3	2	11	11	22,00	226,00
4	3	11	11	22,00	226,00
5	3	6	6	62,00	420,20
6	5	7	7	67,00	407,50
7	7	8	8	42,50	1130,20
8	8	9	9	40,00	63,40
9	9	14	14	38,00	1134,00
10	4	14	14	38,00	1134,00
11	4	13	13	38,00	1134,00
12	3	13	13	38,00	1134,00
13	7	12	12	35,00	487,50
14	12	13	13	35,00	487,50
15	2	13	13	35,00	487,50

NUUKRILE DELEGATE	1	4
1	1	4

DEPLABARA IMPUSE (UM)	NUU	PX (DAN)	FY (DAN)	ML (DAY-CM)
1	1	10000000	10000000	10000000
2	2	10000000	10000000	10000000
3	3	10000000	10000000	10000000
4	4	10000000	10000000	10000000
5	5	10000000	10000000	10000000
6	6	10000000	10000000	10000000
7	7	10000000	10000000	10000000
8	8	10000000	10000000	10000000
9	9	10000000	10000000	10000000
10	10	10000000	10000000	10000000
11	11	10000000	10000000	10000000
12	12	10000000	10000000	10000000
13	13	10000000	10000000	10000000
14	14	10000000	10000000	10000000
15	15	10000000	10000000	10000000
16	16	10000000	10000000	10000000
17	17	10000000	10000000	10000000
18	18	10000000	10000000	10000000
19	19	10000000	10000000	10000000
20	20	10000000	10000000	10000000
21	21	10000000	10000000	10000000
22	22	10000000	10000000	10000000
23	23	10000000	10000000	10000000
24	24	10000000	10000000	10000000
25	25	10000000	10000000	10000000
26	26	10000000	10000000	10000000
27	27	10000000	10000000	10000000
28	28	10000000	10000000	10000000
29	29	10000000	10000000	10000000
30	30	10000000	10000000	10000000
31	31	10000000	10000000	10000000
32	32	10000000	10000000	10000000
33	33	10000000	10000000	10000000
34	34	10000000	10000000	10000000
35	35	10000000	10000000	10000000
36	36	10000000	10000000	10000000
37	37	10000000	10000000	10000000
38	38	10000000	10000000	10000000
39	39	10000000	10000000	10000000
40	40	10000000	10000000	10000000
41	41	10000000	10000000	10000000
42	42	10000000	10000000	10000000
43	43	10000000	10000000	10000000
44	44	10000000	10000000	10000000
45	45	10000000	10000000	10000000
46	46	10000000	10000000	10000000
47	47	10000000	10000000	10000000
48	48	10000000	10000000	10000000
49	49	10000000	10000000	10000000
50	50	10000000	10000000	10000000

S U L A W A L A C A P E T E D E B A K A

M

T

N

M

I

N

BAKA

1	0.67272E+03	-0.37422E+00	-0.24670E+03	0.97272E+03	0.26555E+00	0.34002E+05
2	-0.47272E+03	-0.14422E+00	0.24670E+03	0.97272E+03	0.15622E+01	-0.54004E+05
3	0.54444E+03	-0.27000E+00	-0.20721E+00	0.24444E+03	0.27885E+05	-0.94439E+05
4	-0.34444E+03	-0.27000E+00	-0.44444E+00	0.24444E+03	0.27885E+05	0.94439E+05
5	0.47272E+03	-0.27000E+00	-0.24121E+00	-0.27272E+03	0.49384E+04	0.54214E+05
6	0.47272E+03	0.27200E+00	0.27272E+00	0.27272E+03	0.24287E+05	-0.47009E+05
7	0.34444E+03	-0.17777E+00	-0.20000E+00	0.24444E+03	0.19772E+05	-0.14200E+05
8	0.34444E+03	-0.22700E+00	0.17500E+00	-0.24444E+03	0.35701E+05	-0.44271E+05
9	0.34700E+03	0.07500E+00	0.44511E+00	-0.24700E+03	-0.07537E+04	-0.37424E+05
10	0.67714E+03	0.60500E+00	-0.62724E+03	-0.27714E+03	-0.22658E+05	0.37424E+05
11	-0.33000E+03	0.60500E+00	0.24444E+00	0.23057E+03	-0.26342E+05	0.72700E+05
12	-0.30000E+03	0.24420E+00	0.44444E+00	0.20000E+03	-0.25427E+05	-0.70705E+05
13	0.27000E+03	0.12000E+00	0.24444E+00	-0.27000E+03	-0.13072E+05	-0.12105E+05
14	0.27000E+03	0.12000E+00	0.13104E+00	-0.27000E+03	-0.13072E+05	0.90271E+05
15	0.27000E+03	0.12000E+00	0.12000E+00	-0.27000E+03	-0.13072E+05	-0.90271E+05

U E P L A S A K I L E N U D U K I L U K
A Y ALFA

MJU	A	Y	ALFA
1	.15400E-46	-.15847E+00	.27003E-43
2	.20730E-02	-.12300E+00	.25250E-02
3	.45802E-02	.27000E-02	.73337E-03
4	.18000E-01	-.72723E-43	-.22277E-43
5	-.27207E-43	-.19082E+00	.70023E-43
6	-.27207E-03	-.17773E+00	.24752E-02
7	-.10340E-02	-.12243E+00	.33375E-02
8	-.73207E-02	-.28070E-01	.43307E-02
9	-.25077E-02	-.17077E+01	.20833E-02
10	.75600E-02	-.14773E+00	.17023E-02
11	.27774E-02	-.43020E-01	.22270E-02
12	.10302E-01	-.12433E+00	-.07707E-03
13	-.27607E-02	-.12421E+00	-.10272E-02
14	.17643E-01	-.27230E-02	.72758E-02
15	.02072E-02	.18377E-02	-.04040E-03

CALCULUL DE CADRU SUBAPRAGMA INCLINATA

D A I E J V I T I M L E

NUMARUL BAKELUM 14
 NUMARUL NODURILOR 15
 NUMARUL NODURILOR KEZEMATE 5
 NUMARUL NODURILOR INCARCATE 6
 MODUL DE ELASTICITATE 21UE+UF DAN/LM2

COORDONATELE NODURILOR	NOD	X (CM)	Y (CM)
	1	.00000	.00000
	2	17.20000	.00000
	3	35.00000	.00000
	4	47.00000	.00000
	5	59.11000	.00000
	6	63.11000	29.00000
	7	.00000	51.00000
	8	12.20000	51.00000
	9	23.00000	51.00000
	10	37.00000	51.00000
	11	48.00000	51.00000
	12	59.11000	51.00000
	13	52.00000	15.00000
	14	28.00000	59.00000

TUPOLOJIE CAR. GEOM.	BAKA	NUD ST.	NUD DR.	AKIA (CM2)	MUM. INER. (CM4)
1	1	1	2	252.00	226.00
2	2	2	3	222.00	226.00
3	3	3	4	222.00	226.00
4	4	4	5	222.00	226.00
5	5	5	6	278.00	224.00
5	5	5	12	278.00	224.00
7	7	7	13	271.00	228.80
8	8	8	14	276.00	202.50
9	9	9	14	421.20	274.90
10	10	10	5	604.00	225.50
11	11	11	7	640.00	225.50
12	12	12	10	270.00	229.20
13	13	13	11	275.00	208.80
14	14	14	12	271.00	274.60

NUDURILE REZEMATE 1 0 1

DEPLASARI IMPUZE (CM)
 :UUUUUUUU :UUUUUUUU :UUUUUUUU
 :UUUUUUUU :UUUUUUUU :UUUUUUUU
 :UUUUUUUU :UUUUUUUU :UUUUUUUU

NUDURILE	FX (DAN)	FY (DAN)	MZ (DAN-CM)
1	.00	-8500.00	.00
2	.00	-16500.00	.00
3	.00	-15080.00	.00
10	.00	-12723.00	.00
11	.00	-9987.00	.00
12	.00	-4346.00	.00

S U L T A I A K I L A C A P E T E U E B A K A

BAKA	N	I	M	N	T	M
1	-0.64201E+00	0.12072E+00	-0.20400E+00	0.44201E+00	-0.20172E+00	0.50400E+00
2	-0.64201E+00	-0.12072E+00	-0.20400E+00	0.44201E+00	0.37250E+00	0.50400E+00
3	-0.27040E+00	-0.30777E+00	-0.32200E+00	0.27040E+00	0.30777E+00	-0.44201E+00
4	-0.27040E+00	-0.30777E+00	0.47311E+00	0.27040E+00	0.30777E+00	-0.44201E+00
5	-0.34400E+00	0.22744E+00	0.42471E+00	0.34400E+00	-0.23154E+00	0.22744E+00
6	0.40700E+00	0.20811E+00	0.47020E+00	-0.40700E+00	-0.20811E+00	0.47020E+00
7	0.33700E+00	0.10730E+00	0.20627E+00	0.33700E+00	-0.10730E+00	-0.33700E+00
8	0.33700E+00	0.10730E+00	0.20343E+00	0.33700E+00	-0.10522E+00	0.16021E+00
9	0.33700E+00	0.10730E+00	0.20727E+00	0.33700E+00	-0.10522E+00	-0.16022E+00
10	0.64201E+00	-0.20707E+00	-0.27570E+00	-0.64201E+00	0.27967E+00	0.27000E+00
11	0.64201E+00	-0.20707E+00	-0.27001E+00	-0.64201E+00	0.24537E+00	-0.17070E+00
12	0.27040E+00	-0.30777E+00	-0.20771E+00	-0.27040E+00	0.30777E+00	0.10270E+00
13	0.27040E+00	-0.30777E+00	-0.10570E+00	-0.27040E+00	0.21370E+00	-0.30777E+00
14	0.27040E+00	-0.30777E+00	0.20727E+00	-0.27040E+00	0.31370E+00	-0.30777E+00

D E P L A S A K I L E N U U R I L U K

	A	Y	ALFA
1	.14742E-42	-.16751E+00	.24776E-43
2	.14742E-02	-.15207E+00	.13790E-02
3	.67462E-02	-.78240E-01	.27774E-02
4	.22724E-02	-.66477E-01	.21222E-02
5	.42007E-02	-.59172E-03	.10247E-02
6	.72247E-02	-.10720E-42	-.27743E-43
7	-.27702E-42	-.15437E+00	.42552E-43
8	-.27702E-02	-.12471E+00	.14770E-02
9	-.07422E-02	-.10727E+00	.20796E-02
10	-.10820E-02	-.09770E-01	.20722E-02
11	-.13043E-02	-.33608E-01	.3278E-02
12	-.17304E-02	-.21474E-02	.17433E-02
13	-.00422E-02	-.10742E+00	-.72777E-03
14	.22712E-02	-.78052E-01	-.27051E-03

051020