Aplicația nr. 3

ANALIZA STATICĂ LINIARĂ A STRUCTURILOR MECANICE ÎNCADRABILE ÎN STAREA PLANĂ DE TENSIUNI

A3.1. Introducere

Starea plană de tensiuni apare în structurile mecanice de tip placă plană cu grosimea, constantă, de valoare mică în raport cu celelalte două dimensiuni, solicitate de forțe cu direcțiile în planul plăcii. În acest caz, se consideră că tensiunile în direcție perpendiculară pe planul plăcii sunt nule. Această situație, întâlnită în practică sub forme diverse, se exemplifică prin cazul discurilor cu grosime variabilă, de lungime mică în raport cu diametrul, solicitate cu forțe (presiuni) la exterior şi/sau la interior, sau prin al pieselor de tip placă cu contur oarecare şi cu grosimea mică, solicitate de forțe cu direcții în planul acesteia. Pentru studiul cu programe performante care au la bază MEF, a problemelor de acest tip, modelările geometrică și cu elemente finite se realizează la nivelul suprafeței plane corespunzătoare planului median al structurii.

A3.2. Scopul aplicației

În această aplicație se urmărește determinarea caracteristicilor de rezistență și de rigiditate ale cuplajului rigid cu elemente flexibile, metalice, montate în pachet (fig. A2.1). Acest cuplaj are z = 5 elemente flexibile sub formă de discuri inelare și transmite momentul de torsiune M_t = 40000 Nmm.

Deoarece elementele active ale cuplajului, discurile flexibile, realizează transmiterea în paralel a fluxului de forță de la bolțurile montate în locașurile semicuplajului conducător la cele solidarizate cu semicuplajul condus, modelarea și



Fig. A3.1. Cuplaj rigid cu elemente flexibile



Fig. A3.2. Model de analiză a discului flexibil

analiza cu elemente finite se va realiza pentru un singur disc flexibil. Acesta este executat din otel de arc, 50VCr11A, caracterizat de modulul de elasticitate longitudinală $E = 2,1:10^5$ MPa și coeficientul contracției transversale v = 0,3, și are următoarele dmensiunii: $D_m = 95$ mm, $D_i = 80$ mm, $D_e = 110$ mm, $d_b = 10$ mm și grosimea g = 0,5 mm.

Modelarea și analiza cu elemente finite a discului flexibil se va realiza considerând cazurile execuției, montării și funcționării fară abateri a elementelor cuplajului.

A3. 3. Întocmirea modelului de analiză

Tinând cont că rigiditățile semicuplajelor și bolțurilor sunt mărite, neluând în considerare frecările dintre discurile flexibile, având în vedere că atât în stare nedeformată cât și în cea deformată - consecință a încărcărilor și legăturilor cu celelalte elemente - structura discului flexibil are simetrie față de două palne perpendiculare (fig. A3.2,a) și că forțele de încărcare sunt în planul frontal, modelul de analiză se poate reduce la structura plană din fig. A3.2,b. Astfel, modelul de analiză are la bază un sfert din discul flexibil rezemat în zona planelor de simetrie și încărcat prin intermediul unui sistem de bare rigide radiale pe axa alezajului bolțului. Valoarea forței de încărcare, obtinută din ecuatia de echilibru static al cuplajului, se calculează cu relația

$$\mathsf{F} = \frac{\mathsf{M}_{\mathsf{t}}}{\mathsf{z} \mathsf{D}_{\mathsf{m}}}.$$

(A3.1)

Condițiile limită impuse în zonele planelor de simetrie implică anularea deplasărilor de translație și de rotație după axe perpendiculare pe aceste plane. Punctul de aplicație al forței, pentru o bună apropiere de modelul real, este constrâns să efectueze deplasări pe circumferintă în raport cu sistemul de coordonate cilindric rt (fig. A3.2,b).

A3.4. Procesarea modelului de analiză

A3.4.1. Modelarea geometrică

Modelarea cu elemente finite a structurii din fig. A3.2,b se poate realiza automat,

Analiza statică liniară a structurilor mecanice încadrabile în starea plană de tensiuni 121



pornind de la conturul închis al domeniului plan al modelului de analiză. Obținerea acestui contur implică generarea unei frontiere, compusă din linii, care mărginește domeniul modelului de analiză atât la exterior cât și la interior.

În vederea obținerii cu mai multă uşurință a unor entități ale modelului se generează un sistem local de coordonate cilindrice, care are aceiași origine cu sistemul de coordonate global (XY) și axa radială în direcția centrului alezajului bolțului. În tabelul A3.1 se prezintă succesiunea compusă din meniul <u>Create</u>, comanda **Coord Sys...** și ferestrele de definire a tipului sistemului de coordonate local (Cylindrical), a metodei de obținere

Generare linii de tip arc de cerc Succesiuni meniu-comandă-ferestre • Create \rightarrow Arc \rightarrow Center-Start-End... \rightarrow Locate-Enter Location at Center of Arc $\underline{X} 0.0/0.0; \underline{Y} 0.0/0.0; \underline{Z} 0.0/0.0; \underline{OK} \rightarrow$ Locate-Enter Location at Start of Arc $\underline{X} 40.0/55.0; \underline{Y} 0.0/0.0; \underline{Z} 0.0/0.0; \underline{OK} \rightarrow$ Locate-Enter Location at End of Arc $\underline{X} 0.0/0.0; \underline{Y} 40.0/55.0; \underline{Z} 0.0/0.0; \underline{OK} \rightarrow$ Locate-Enter Location at Center of Arc $\underline{X} 0.0/0.0; \underline{Y} 40.0/55.0; \underline{Z} 0.0/0.0; \underline{OK} \rightarrow$ Locate-Enter Location at Center of Arc Cancel.

Tabelul A3.2

View → Options ... →
 View Options



(Angles), a coordonatelor centrului (X,Y, Z) și a unghiurilor axelor în raport cu sistemul de coordonate global (Rotations: X, Y, Z; v. fig. 1.16, pag. 20). După ieșirea din comandă, prin butonul **Cancel**, modelul se completează cu simbolul sistemului de coordonate local, marcat cu identificatorul 3, prezentat și în figura din tabelul A3.2.

Frontiera domeniului geometric al modelului din planul de lucru XY (setat implicit), se compune din linii de tip arc de cerc şi dreaptă, la exterior, şi dintr-o linie de tip cerc la interior.

În tabelul A3.2 se prezintă succesiunea de obținere a entităților de tip arc de cerc introducând coordonatele punctelor asociate centrului, în fereastra de dialog Locate-Enter Location at Center of Arc, și capetelor (început și sfârșit), în ferestrele Locate-Enter Location at Start of Arc și Locate-Enter Location at End of Arc. Aceste ferestre de dialog se parcurg pentru două seturi de date, separate de simbolul "/" (tabelul A3.2), corespunzătoare celor două arce de cerc care în final apar pe display, în zona de grafică, ca în figura din tabelul A3.2.

Linia de tip cerc, corespunzătoare alezajului bolțului, se obține cu succesiunea din tabelul A3.3 care conține ferestrele de introducere a coordonatelor centrului, Locate-



Enter Location at Center of Circle, in raport cu sistemul de coordonate local, 3..Local1, selectat în caseta <u>C</u>Sys, şi de introducere a razei, **Radius of Circle**.

Liniile drepte din conturul exterior al domeniului de analiză se obițin cu ajutorul comenzii **Points...**, conform tabelului A3.4. Prima succesiune din acest tabel, după selectarea codurilor Point și 1..ID în câmpurile Options și Label Mode, conduce la vizualizarea identificatorilor punctelor generate anterior. Cu cea de-a doua succesiune din tabelul A3.4 se generează linii drepte mărginite de două puncte ale căror identificatori se introduc, sau apar. în urma selectării cu mouse-ul, în câmpurile <u>F</u>rom Point și <u>T</u>o Point din fereastra **Create Line from Points**. Ultima succesiune activată de butonul cu simbolul, prezentat în tabelul A3.4, din bara comenzilor rapide, în urma dezactivării opțiunii Point din fereastra **View Quick Options**, conduce la anularea vizualizării punctelor modelului.

A3.4.2. Modelarea cu elemente finite

A3.4.2.1. Modelarea comportării materialului

Caracteristicile materialului (50VCr11A), necesare pentru analiză, se descriu cu ajutorul comenzii <u>Material...</u> din meniul <u>Create</u> (tabelul A3.5). În fereastra de dialog

Analiza statică liniară a structurilor mecanice încadrabile în starea plană de tensiuni 123

Tabelul A3.5	Tabelul A3.6
Generare proprietăți material	Generare proprietăți element finit
Succesiuni meniu-comandă-ferestre	Succesiuni meniu-comandă-ferestre
<u>Create</u> → <u>Material</u> → <u>Define Isotropic Material</u> Title 50VC11A; Stiffness: Young Modulus <u>E</u> 2.1e5, Poisson's Ratio n <u>u</u> 0.3; Limit Stress: Tension 90, Compression 100; <u>OK</u> → <u>Define Isotropic Material</u> Cancel.	• <u>Create</u> \rightarrow Property \rightarrow Define Property - PLATE Element Type <u>Title Placa; Material</u> \downarrow 150VC11A; Property values: Thicknesses, Tavg or T <u>1</u> 0.5; <u>OK</u> \rightarrow Define Property - PLATE Element Type Type \rightarrow Element/Property Type
Define Isotropic Material se introduc valori pentru modulul de elasticitate longitudinală Young Modulus, <u>E</u> = 210.000 MPa) și pentru coeficientul contracției transversale	Other Elements

pentru coeficientul contractiei transversale (Poisson's Ratio, nu = 0,3). În plus, pentruverificarea rezistentei structurii se introduc

valorile tensiunilor admisibile la tracțiune și la compresiune în câmpurile Tension și, respectiv, Compression din caseta Limit Stress.

A3.4.2.2. Alegerea elementelor finite și introducerea proprietăților acestora

Discretizarea în elemente finite a modelului geometric asociat discului flexibil. tinând cont de precizările anterioare, se poate realiza cu elementul finit plan de tip Plate. Acesta, conform ferestrei de dialog Define Property - PLATE Element Type (tabelul A3.6), este caracterizat de valorile grosimilor nodale (Thicknesses T1, T2, T3, T4) care în cazul grosimii constante a structurii se reduc numai la o valoare (Tavg or T1). Proprietatea elementului finit, numit Placa, este completă după ce, în această fereastră, se selectează setul proprietăților materialului (1..50VC11A) din lista Material.

Bolturile cuplajului, care vin în interacțiune cu discurile flexibile, considerte ca sisteme de bare rigide dispuse radial (fig. A3.2,b), se modelează cu elemente finite specifice. Pentru modelarea acestor sisteme de bare, pachetul MSC/NASTRAN for Windows are în bibliotecă elementul finit, numit Rigid, care nu are caracteristici specifice, dar este necesar să i se definească o proprietate distinctă, marcată printr-un identificator distinct. Aceasta se realizează în ultima parte a succesiunii din tabelul A3.6.

A3.4.2.3. Generarea structurii de elemente finite

Generarea nodurilor și elementelor finite (discretizarea), automat, preliminar, impune definirea unei frontiere, compusă din linii, care să mărginească prin contururi închise, atât la exterior cât și la interior, domeniul plan al modelului de analizat. În tabelul A3.7 se prezintă succesiunea ferestrelor de definire a frontierei mărginită la exterior de conturul închis compus din liniile 1, 5, 2, 4 (v. fig. din tabelul A3.4) și la interior linia închisă 3. După introducerea acestor linii în câmpurile ferestrelor Entity Selection-Select Curve(s) or Closed Boundary si, respectiv, Entity Selection-Select Curve(s) on Closed Hole, se generează frontiera marcată cu linie îngroșată (v. fig din tabelul A3.7).

Generarea efectivă, automat, a nodurilor și elementelor finite, presupune setarea preliminară a dimensiunii elementului finit ideal din punct de vedere geometric (triunghi



elemente finite la valori mai mici, se modifică valorile dimensiunii elementului finit ideal (Size) și numărului minim de elemente finite de-a lungul unei linii (Min Elem) în fereastra de dialog **Default Mesh Size** a comenzii **Mesh <u>Size</u>** (prima succesiune din tabelul A3.8).

pentru a se limita numerele de noduri și de

În figura din tabelul A3.8 se prezintă rețeaua de elemente finite obținută în urma execuției comenzii **Boundary Mesh...**, inclusă în meniul **Generate**, cu fereastra de definire a caracteristicilor de discretizare **Generate Boundary to Mesh**, în care din lista proprietăților (Property) se selectează codul 1..Placa, din lista sistemelor de coordonate (CSvs) se alege sistemul de coordonate global (0..Basic Rectangular) și se lasă nemodificate celelalte caracteristici.

Ultimele două succesiuni din tabelul A3.8 conduc la anularea vizualizării

Analiza statică liniară a structurilor mecanice încadrabile în starea plană de tensiuni 125

identificatorilor nodurilor și elementelor finite și la anularea vizualizării entităților de tip linie și frontieră prin activarea opțiunii 0..No Labels în castele ferestrei View Options și, respectiv, prin dezactivarea butoanelor corespunzătoare (Curve și Boundary) din fereastra View Quick Options, deschisă cu ajutorul butonului cu simbolul prezentat la începutul ultimei succesiuni.

Elementul finit de tip Rigid, utilizat pentru modelarea boltului, care este în interactiune cu structura modelului de analiză, se obține parcurgând cea de-a doua succesiune din tabelul A3.9 după ce, preliminar, s-a generat nodul din centrul alezajului, conform primei succesiuni din acest tabel. Generarea acestui element finit presupune activarea gradelor de libertate (DOF) care definesc rigidizările între nodul independent (Independent Node), din centrul alezajului boltului, şi nodurile dependente (Dependent Nodes) de circumferinta acestuia. Nodurile pe mentionate în câmpurile ferestrei de dialog Define RIGID Element - Enter Nodes or Select with Cursor, a comenzii Element se pot selecta prin introducerea de la tastatură a identificatorilor sau, mai practic, cu ajutorul mouse-ului. În figura din acest tabel se prezintă structura de elemente finite, inclusiv cel de tip Rigid.

A3.4.2.4. Introducerea condițiilor limită

Analiza modelului cu elemente finite se va realiza pentru o singură schemă de rezemare (condiții limită), setată sub denumirea Reazem1 (tabelul A3.10).

Introducerea efectivă a nodurilor și a gradelor de libertate "înghețate" (cu deplasări nule) asociate acestora se face în fereastrele de dialog Enter Selection -Enter Node(s) to Select și, respectiv, Create Nodal Constraint/DOF.
 Tabelul A3.9

 Generare element finit de tip Rigid

Succesiuni meniu-comandă-ferestre • <u>C</u>reate → <u>Node...</u> →

Locate - Enter Coordinates or Select with Cursor CSys↓ 3.Local1; R 47.5; T 0.0; Z 0.0; $OK \rightarrow$ Locate - Enter Coordinates or Select with Cursor Cancel. Oreate → Element... → **Define PLATE Element - Enter Nodes or** Select with Cursor Type... \rightarrow Element/Property Type Other Elements \odot Rigid; $OK \rightarrow$ **Define RIGID Element - Enter Nodes or** Select with Cursor DOF: X TX, X TY, X TZ, X RX, X RY, $\boxtimes RZ;$ Independent Node 167; Dependent Nodes: 68, 69, 70,61; $OK \rightarrow$ Define RIGID Element - Enter Nodes or Select with Cursor Cancel. Imaginea rezultată

Pentru apropierea modelării de condițiile reale, nodului independent al elementului finit de tip **Rigid**, asociat bolțului, i se anulează translația radială și rotațiile după axele sistemului de coordonate cilindric (3..Local1) cu centrul pe axa discului. Deci, nodul asociat axei bolțului poate efectua rotiri proprii și în jurul axei discului flexibil, astfel, simulând mișcările relative datorate deformațiilor elastice care apar în timpul funcționării. În figura din tabelul A3.10 se prezintă structura de elemente finite cu precizarea simbolurilor rezemărilor și a codurilor numerice asociate, formate din numerele asociate gradelor de libertate anulate (1, 2, 3 pentru translații și 4, 5, 6 pentru rotiri în raport cu axele sistemului de coordonate considerat). Ultima succesiune din tabelul A3.10 a condus la eliminarea vizualizării nodurilor structurii prin dezactivarea opțiunii Node din fereastra View Quick Options.

A3.4.2.5. Introducerea încărcărilor

Valoarea forței cuplului, echivalent momentului de torsiune transmis de cuplaj, care acționeză în nodul independent al elementului finit de tip **Rigid**, asociat bolţului, se calculează cu relația (A3.1), care după evaluare, devine F = 84.2 N.

Încărcarea structurii obtinute, într-o singură variantă, numită Incarcare1 în câmpul de text Title din fereastra Create or Activate Load Set a comenzii Set ... cuprinsă în prima succesiune din tabelul A3.11, presupune ataşarea nodului independent al elementului finit de tip Rigid a fortei F care actioneză tangențial fiind raportată la sistemul de coordonate cilindric, 3. Local1. Aceasta se realizază parcurgerea celei prin de-a doua succesiuni din tabelul A3.11.

A3.4.3. Verificarea modelului cu elemente finite

Deoarece discretizarea s-a realizat automat, cu setarea preliminară intuitivă a dimensiunii elementului finit ideal, este necesară verificarea elementelor finite din de vedere al formei cu ajutorul punct comenzii Distorsion... din meniul Check. În cazul în care după execuția acestei comenzi rezultă elemente finite cu abateri de la valorile limită ale factorilor de formă, mentionate si în fereastra de dialog Check Element Distortions, se recomandă o rediscretizare cu o nouă setare а parametrilor de discretizare. Identificarea elementelor finite cu abateri se poate face analizând lista care apare în zona de

Tabelul A3.10

Introducere condiții limită

Succesiuni meniu-comandă-ferestre

• Create \rightarrow Cons<u>traint</u> \rightarrow <u>Set...</u> \rightarrow Create or Activate Constraint Set Title Reazem1; OK. • Create \rightarrow Constraint \rightarrow Nodal... \rightarrow Enter Selection - Enter Node(s) to Select 7 1, 56, 57,58, 59, 60 (selectare cu mouseul a nodurilor de pe axa X); $OK \rightarrow$ Create Nodal Constraint/DOF Coord Sys 🛓 0..Basic Rectangular; DOF: \boxtimes TY, \boxtimes RX, \boxtimes RY; **OK** \rightarrow Enter Selection - Enter Node(s) to Select 7 22, 23, 24, 25, 26, 27 (selectare cu mouse-ul a nodurilor de pe axa Y); $\mathbf{OK} \rightarrow$ Create Nodal Constraint/DOF Coord Sys 🛓 0..Basic Rectangular; DOF: \boxtimes TX, \boxtimes RX, \boxtimes RY; \bigcirc K \rightarrow Enter Selection - Enter Node(s) to Select 7 167 (selectare cu mouse-ul a nodului de pe axa alezajului boltului); $OK \rightarrow$ Create Nodal Constraint/DOF Coord Sys 🛓 3..Local1; DOF: 🗵 TR, 🗵 RR, 🗵 RT; $OK \rightarrow$ Enter Selection - Enter Node(s) to Select Cancel. View Quick Options Node, Done. Imaginea rezultată 145

245

Analiza statică liniară a structu,

Verificare model cu elen

Succesiuni meniu-comand-

Check → Distortion... →
 Entity Selection Enter Element(s) to
 Check

Select All; OK \rightarrow

Check Element Distortions Make Group with Distorted Elements; OK.

 Check → Constraints... → MSC/NASTRAN for Windows

Include Nodal Permanent Constraints? No.

mesaje sau vizualizând grupul obținut consecință a activării opțiunii Make Group with Distorted Elements din fereastra de dialog **Check Element Distortions**.

Pentru verificarea suficienței conditiilor limită. deci. a tipurilor si numerelor de deplasări elementare anulate pentru evitarea miscărilor de rigid ale modelului cu elemente finite, se execută comanda Constraints... din meniul Check (a doua succesiune din tabelul A3.12) și se analizează lista rezultată în zona de mesaje (fig. A3.3). Valorile mult mai mari decât unu ale tuturor factorilor asociați gradelor de mobilitate posibile indică o schemă de rezemare redundantă а modelului cu elemente finite întocmit.

A3.5. Rezolvarea modelului

Analiza, rezolvarea și pregătirea datelor pentru postprocesare a modelului cu elemente finite întocmit se realizează parcurgând succesiunea din tabelul A3.13. Activarea comenzii **Analyze...**, din meniul **File**, conduce la fereastra de dialog **MSC/NASTRAN Analysis Control** în care sunt selectate implicit tipul analizei (1...Static), setul încărcării (1...Incarcare1) și setul condițiilor limită (1...Reazem1). După salvarea modelului în forma finală într-un fișier cu extensia "mod" în fereastra **MSC/NASTRAN Manager** se pot urmării etapele de rezolvare și mesajele intermediare (Start, Beginning Analysis, Beginning Solution, Link, Estimate time for Solution, Beginning results processing). În fereastra de dialog **Message Review** se evidențiază inexistența erorilor fatale, și existența a câte o eroare de atenționare și de informare (0 Fatal Error(s), 1...Warning Message(s) și 1...Information Message(s)). Vizualizarea mesajului de atenționare din caseta <u>D</u>etails, consecință a activării butonului **Show Details....**, și a textului: * * USER WARNING MESSAGE 5491 (EQD4D), evidențiază depășirea coeficientului admisibil de distorsiune a formei pentru elementul finit cu identificatorul 91



Constraint Factor	's for Se	t 1				
Translation	X =	6.79711	Υ =	6.79711	Z =	13.
Rotation	X =	12.	¥ =	13.4142	Z =	12,
Max Separation	of X Con	straints X	= 33.5875	7 Y = 21	41243	Z = Ø.
Max Separation	of Y Con	straints X	= .21 .4124	3 Y = 33	.58757	Z = Ø.
Max Separation	of Z Con	straints X	= 55.	Y = 55		Z = 0.

Fig. A3.3. Lista factorilor condițiilor limită

* USER WARNING MESSAGE 5491 (EQD4D) BAD GEOMETRY FOR QUAD4 ELEMENT ID = 91 THE TAPER OF 0.668701 EXCEEDS THE MAX USER ACTION: THE TOLERANCE MAY BE ADJUSTED WITH Q4TAPER KEYWORD ON THE NASTE

Fig. A3.4. Mesajul de atentionare

(fig. A3.4). Este posibil ca în cazul unor nesemnificative ale depăsiri valorilor admisibile ale factorilor de formă. rezultatele obținute să fie postprocesabile și deci, mesajul final: DDE Completed (Ending Conversation with MSC/NASTRAN Results Reader...) ... Please Continue, care apare după activarea butonului Yes fereastra MSC/NASTRAN for din Windows, să confirme aceasta. În cazul în rezultatele obtinute nu sunt care situatie indicată de postprocesabile, existența unui mesaj de eroare, este necesar să se refacă modelul cu elemnte finite.

A3.6. Postprocesarea rezultatelor

Verificarea în principiu a modelului de analiză se poate face urmărind structura în stările deformată și animată, rezultate în urma parcurgerii succesiunii din tabelul A3.14. În figura din acest tabel se prezintă structura modelului în starea deformată suprapusă peste cea nedeformată. Vizualizarea animată a

Analiza modelului cu elemente finite Succesiune meniu-comandă-ferestre • File \rightarrow Analyze... \rightarrow MSC/NASTRAN Analysis Control Analysis Condition: Analysis Type 1...Static, Loads, 1...Incarcare1, <u>Constraints</u> \downarrow 1...Reazem1; OK \rightarrow MSC/NASTRAN for Windows OK to Save Model Now? Yes → MSC/NASTRAN Manager ~ Message Review Show Details... \rightarrow Message Review Messages * * * USER WARNING MESSAGE 5491 (EQD4D). Details (v. lista asociată mesajului de atentionare, fig. A3.4); $\mathsf{OK} \rightarrow$ MSC/NASTRAN for Windows OK to Begin Reading File MSCN4W20\I100.xdb? Yes.

procesului de deformare a structurii presupune parcurgerea aceleiași succesiuni, dar cu selectarea în caseta Deformed Style din fereastra **View Select** a opțiunii Ani<u>m</u>ate. În fereastra **Select Postprocessing Data**, după selectarea codului 1..Total Translation din câmpul Output Set, apar mesaje de informare privind nodurile în care parametrul asociat codului selectat are valori extreme (Node Maximum 59 0.0251034, Minimum 42 0.000788). Verificarea în principiu a modelului de analiză constă în studiul procesului de deformare urmărind concordanța cu cel intuit, descris de condițiile limită și încărcare.

Vizualizarea câmpului de variație a tensiunilor echivalente (VonMises), corespunzătoare elementelor finite ale structurii, conform primei succesiuni din tabelul A3.15 presupune vizualizarea structurii în starea nedeformată și suprapunerea câmpului peste aceasta, prin activarea opțiunilor <u>N</u>one - Model Only și Conto<u>u</u>r, în casetele

Tabelul A3.13





Deformed Style și, respectiv, Contur Style din fereastra View Select. După selectarea codului tensiunii echivalente de tip VonMises, 7233..Plate Bot VonMises Stress, din lista Conturs a ferestrei de dialog Select Postprocessing Data, în aceasta, apar mesaje de informare privind elementele finite în care acest parametru are valori extreme (Element Maximum 89 53.62328, Minimum 80 2.860754). După activarea butonului de execuție (OK), pe display, apare câmpul tensiunilor echivalente și legenda asociată acestuia.

În tabelul A3.16 se prezintă vizualizarea sub formă de grafic a variației tensiunii echivalente VonMises în direcția radială corespunzătoare axei X. Pentru aceasta se impune generarea unui grup, numit Grup1 (prima succesiune), cu elementele finite care au laturile pe această direcție, selectate după identificatori în fereastra de dialog Entity Selection - Enter Element(s) for Group din cea de-a doua succesiune. În ultima succesiune din tabelul A3.16, pentru vizualizarea sub formă de grafic, se selectează opțiunea XY vs Position din caseta XY Style, codul 7233. Plate Bot Von Mises Stress din lista Output Vector, setul de rezultate codificat cu 1..MSC/NASTRAN Case 1 din lista Output Set și grupul de elemente finite 2..Grup1 în ferestrele View Select și Select XY Curve Data. Și în graficul obținut, prezentat în figura din tabelul A3.16, se obsevă poziția maximului tensiunilor echivalente în zona interioară a discului flexibil.

Lista cu valorile parametrilor asociați unui nod se poate obține cu ajutorul comenzii Query... din submeniul <u>Output</u> inclus în meniul <u>List</u>. În fig. A3.5 se prezintă lista parțială a parametrilor nodului independent al elementului finit rigid asociat bolțului, obtinută cu

List Output Query				
Node 167				
Output Set 1 - MS	C/NASTRAN	Case 1		
Output Vector 1	-	Total Translation	=	8.013672
Output Vector 2	-	T1 Translation	=	0.0096675
Output Vector 3	-	T2 Translation	=	-0.0096675
Butput Vector 4	-	T3 Translation	=	8.
Output Vector 5		Total Rotation	=	0.00064378
Output Vector 6	-	R1 Rotation	=	0.
Sutput Vector 7	-	R2 Rotation	=	6.
Output Vector 8	-	R9 Rotation	=	0.00064378

Fig. A3.5. Valorile deplasărilor nodale corespunzătoare nodului 167



Vizualizare parametri nodali Succesiune meniu-comandă-ferestre • List → Output → Query... → Output Query Entity O Node ID 10; OK.

ajutorul succesiunii din tabelul A3.17.

A3.7. Concluzii

Datele obtinute, în cazul acestei aplicații, se pôt utiliza, în proiectare, pentru verificări de rezistență și de rigiditate. Analiza câmpurilor și graficelor de tensiuni permite determinarea maximului acestora și compararea cu valorile admisibile corespunzătoare. Rigiditatea torsională, a discului flexibil, respectiv a cuplajului, se calculează cu relația

$$K_t = \frac{F}{\delta},$$
 (A3.2)

în care δ este deplasarea nodului de aplicație a forței F și, în cazul acestei aplicații, este egală cu deplasarea totală (Total Translation) din lista prezentată în fig A3.5. După evaluarea relației A3.2 cu datele acestei aplicații rezultă k_t = 7899,8 mărită a rigiditătii N/mm. Valoarea torsionale recomandă acest cuplaj pentru utilizarea în cadrul sistemelor mecatronice. Valoarea rigidității torsionale se poate folosi pentru compararea cu cea admisibilă în calcule de verificare și în relațiile de calcul a modulelor de comandă și control ale sistemului care contine cuplajul.

Tabelul MJ. 10				
Vizualizare câmp de tensuni sub formă de grafic				
Succesiune meniu-comandă-ferestre				
Create or Activate Group				
D 2 Title Crupt: OK				
Crown & Element & ID				
• Group \rightarrow Element \rightarrow ID \rightarrow				
Entry Selection - Enter Element(s) for				
71 112, 113, 120, 130, 131 (selectare cu				
mouse-ul a elementelor nimite cu tatun pe				
$dxd \wedge j, \underline{O}R$				
• view → Select →				
View Select				
Deformed Style None - Model Only;				
Contur Style O None - Model Only;				
XY Style \odot XY vs <u>P</u> osition; XY Data \rightarrow				
Selecte XY Curve Data				
Group (some for all Curves) © Select				
↓ 2Grup1; Output Set				
1MSC/NASTRAN Case 1;				
Output Vector <u>↓</u> 7233Plate Bot Von Mises				
Stress; <u>O</u> K →				
View Select				
<u>O</u> K.				
Imaginea rezultată				
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				
516				
db,/				
28.24				
19.78				
11.32				
2.861				
41,42 42,93 44,43 45,94 47,44 48,95 50,46 51,96 53,47 X Coordinate Station II				
A Containcie Oyoterin u				

۶.