

CAPITOLUL 6

APLICAREA ÎNCĂRCĂRILOR ȘI A RESTRICȚIILOR

După construirea geometrică a modelului și specificarea materialului din care acesta este format, etapa următoare în efectuarea unei analize cu element finit constă în aplicarea unor încărcări și restricții de deplasare astfel încât comportarea modelului să fie identică cu realitatea.

GEOSTAR oferă în acest scop un set de comenzi specifice, amplasate în meniul LOADSBC, grupate în submeniuri după tipul de încărcări (structurale - STRUCTURAL, termice - THERMAL, hidrodinamice - FLUID_FLOW sau electromagnetice - E_MAGNETIC).

Încărcările și restricțiile se aplică nodurilor sau elementelor asociate cu diferite tipuri de entități geometrice (puncte, curbe etc.). Vor fi tratate în continuare comenzile corespunzătoare analizei structurale (modulele STAR și NSTAR)

6.1. Aplicarea încărcărilor și restricțiilor structurale

Din grupul încărcărilor structurale pot fi evidențiate: deplasările (submeniul DISPLACEMENT), forțele și momentele (submeniul FORCE), presiunile (submeniul PRESSURE), restricțiile rezultate prin cuplarea gradelor de libertate (submeniul COUPLING) și sarcinile datorate forței de gravitație (submeniul GRAVITY).

Sintaxele comenzilor referitoare la aplicarea deplasărilor, forțelor și presiunilor sunt similare, denumirea comenzii derivând din numele entității geometrice suport (ND, EL, PT, CR, SF, CT, RG) pentru nodurile în care se aplică sarcinile și un prefix semnificând tipul de încărcare (D - deplasări, F - forțe, P - presiuni).

6.1.1. Aplicarea deplasărilor

În cazul aplicării unor deplasări, cu ajutorul comenzilor corespunzătoare, utilizatorul este interogat prin ferestre de dialog (un exemplu este prezentat în figura 6.1) asupra opțiunilor respective: eticheta primei entități suport din seria de selecție, tipul de deplasare aplicat (specificat prin intermediul unei liste derulante), valoarea corespunzătoare, eticheta ultimei entități din serie, pasul de selecție și etichetele eventualelor deplasări suplimentare.

Semnificațiile etichetelor din lista derulantă referitoare la tipul deplasărilor sunt prezentate în tabelul 6.1.

Valorile se exprimă față de sistemul de referință activ (pentru rotații se folosesc radiani) iar în cazul unor valori diferite de zero, la utilizarea modului NSTAR, acestea trebuie asociate cu o curbă corespunzătoare de timp, folosind comanda CURDEF.

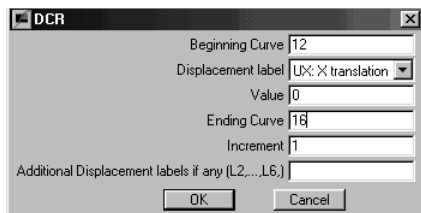


Fig. 6.1

Fereastra de dialog corespunzătoare comenzii DCR

Dacă sistemul de referință activ nu este cartezian etichetele deplasărilor nu se modifică dar semnificația axelor diferă funcție de sistem (de exemplu, în cazul sistemelor cilindrice, X se referă la direcția radială și Y la

cea tangențială).

Deplasările pot fi aplicate numai nodurilor rețelei de discretizare, fie direct (DND) fie specificând entitatea geometrică suport a acestora (DPT, DCR, DSF, DCT, DRG).

Tab. 6.1

SEMNIFICAȚIILE ETICHETELOR PENTRU DEPLASĂRI

ETICHETA	SEMNIFICAȚIE
UX	Translație pe axa X
UY	Translație pe axa Y
UZ	Translație pe axa Z
RX	Rotație în jurul axei X
RY	Rotație în jurul axei Y
RZ	Rotație în jurul axei Z
AU	Translațiile pe cele trei axe
AR	Rotațiile în jurul celor trei axe
AL	Toate rotațiile și translațiile
SX	Simetrie față de planul y0z (UX=RY=RZ=0)
SY	Simetrie față de planul x0z (UY=RX=RZ=0)
SZ	Simetrie față de planul x0y (UZ=RX=RY=0)
AX	Antisimetrie față de planul y0z (RX=UY=UZ=0)
AY	Antisimetrie față de planul x0z (RY=UX=UZ=0)
AZ	Antisimetrie față de planul x0y (RZ=UX=UY=0)

Orice deplasare aplicată poate fi anulată prin utilizarea comenzilor de ștergere corespunzătoare. Denumirea acestor comenzi derivă din denumirea comenzii de aplicare corespunzătoare și sufixul DEL (DNDEL, DPDEL, DCDEL, DSDEL etc.). Ferestrele activate de comenzi sunt identice cu cele corespunzătoare comenzilor de aplicare, având câmpuri similare.

GEOSTAR oferă posibilitatea controlului deplasărilor aplicate prin intermediul a două comenzi ce permit afișarea sau listarea acestora: DPLOT și DLIST.

La activarea comenzii DPLOT se deschide o fereastră de dialog (figura 6.2) în care utilizatorul specifică seria de noduri pentru care se vor afișa deplasările aplicate precum și tipul acestora.

Fereastra de dialog corespunzătoare comenzii de listare DLIST (figura 6.3) conține numai câmpuri referitoare la nodurile pentru care urmează a se lista deplasările.

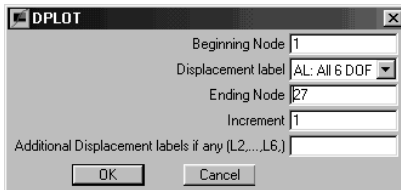


Fig. 6.2

Fereastra de dialog corespunzătoare comenzii DPlot

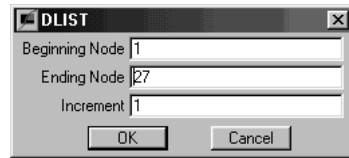


Fig. 6.3

Fereastra de dialog corespunzătoare comenzii DList

6.1.2. Aplicarea forțelor și momentelor

Comenzile de aplicare a forțelor și momentelor respectă aceeași sintaxă ca și cele corespunzătoare aplicării deplasărilor. La activarea unei comenzi de acest tip se deschide o fereastră de dialog (similară pentru toate cazurile - figura 6.4) în care utilizatorul specifică seria de entități geometrice suport, tipul forței (momentului) și valoarea corespunzătoare.

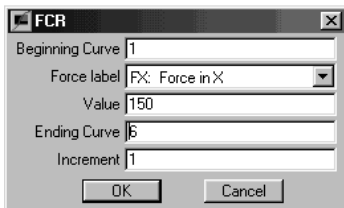


Fig. 6.4

Fereastra de dialog corespunzătoare comenzii FCR

Pentru tipul forței este disponibilă o listă derulantă cu

etichete, a căror semnificații sunt prezentate în tabelul 6.2.

Valorile pozitive corespund sensului pozitiv al axelor sistemului de referință activ.

Sunt valabile aceleași observații referitoare la semnificația axelor ca și în cazul deplasărilor.

O forță sau un moment vor fi efectiv aplicate numai dacă nodul respectiv are grade corespunzătoare de libertate. Este lipsită de sens, de exemplu, aplicarea sarcinilor pe un nod conectat numai cu elemente de tip SOLID.

Tab. 6.2

SEMNIFICAȚILE ETICHETELOR PENTRU FORȚE ȘI MOMENTE

ETICHETA	SEMNIFICAȚIE
FX	Forță paralelă cu axa X
FY	Forță paralelă cu axa Y
FZ	Forță paralelă cu axa Z
MX	Moment paralel cu axa X
MY	Moment paralel cu axa Y
MZ	Moment paralel cu axa Z
AF	Forțe paralele cu cele trei axe
AM	Momente paralele cu cele trei axe
AL	Toate forțele și momentele

Forțele sau momentele pot fi șterse cu ajutorul unor comenzi specifice, a căror denumire derivă din numele comenzii de aplicare corespunzătoare și sufixul DEL (FNDEL, FPDEL, FCDEL, FSDEL etc.). Ferestrele activate de comenzi sunt identice cu cele corespunzătoare comenzilor de aplicare, având câmpuri similare.

Ca și în cazul deplasărilor forțele și momentele pot fi afișate preferențial sau listate cu ajutorul unor comenzi corespunzătoare: FPLOT și FLIST. Câmpurile conținute în ferestrele de dialog deschise la activarea acestor comenzi au aceleași semnificații ca și în cazul deplasărilor.

6.1.3. Aplicarea presiunilor

Spre deosebire de deplasări, forțe și momente presiunile se aplică pe fațetele elementelor generate în urma operației de discretizare a

modelului. Presiunile pot fi paralele cu direcțiile axelor sistemului de referință activ sau pot fi normale la fațeta pe care sunt aplicate. Aplicarea poate fi făcută direct, prin specificarea elementelor și a fațetelor corespunzătoare (comanda PEL) sau prin specificarea unei entități geometrice suport pe care se află dispuse fațetele respective.

În cazul comenzii PEL în fereastra de dialog (figura 6.5) trebuie specificate: seria de elemente cărora li se aplică presiunea, valoarea acesteia (o valoare pozitivă corespunde unei presiuni îndreptate spre interiorul elementului), numărul de identificare al fațetei și direcția de aplicare a presiunii (alesă dintr-o listă derulantă - paralelă cu una din axele sistemului activ de referință sau normală la fațetă).

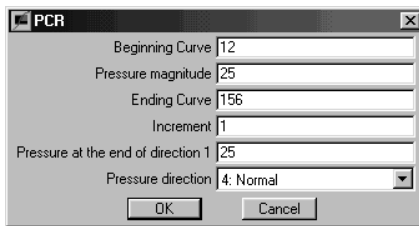


Fig. 6.6

Fereastra de dialog corespunzătoare comenzii PCR

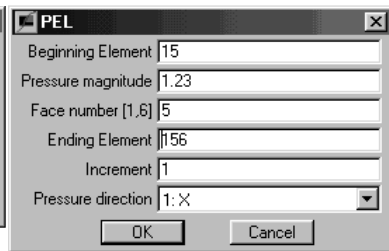


Fig. 6.5

Fereastra de dialog corespunzătoare comenzii PEL

Prin utilizarea comenzilor care permit aplicarea presiunilor pe fațete dispuse pe entități geometrice suport (PCR, PSF, PRG) se pot defini

gradiențe de presiune pe lungimea curbelor parametrice de definire a acestora.

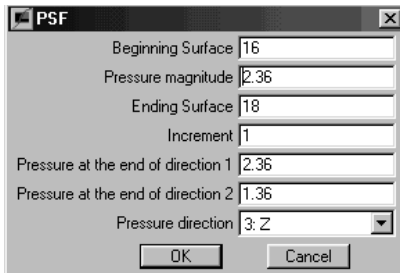


Fig. 6.7

Fereastra de dialog corespunzătoare comenzii PSF

De exemplu, în cazul comenzii PCR fereastra de dialog activată (figura 6.6) conține un câmp suplimentar (PRESSURE AT END OF DIRECTION 1) în care se poate specifica valoarea presiunii la sfârșitul curbei, în timp ce câmpul corespunzător mărimii

presiunii (PRESSURE MAGNITUDE) conține valoarea acesteia la începutul curbei.

În cazul suprafețelor gradientul de presiune poate fi definit după două direcții, corespunzătoare celor două curbe parametrice care descriu suprafața respectivă. Astfel, în fereastra de dialog deschisă la activarea comenzii PSF (figura 6.7) câmpul corespunzător mărimii presiunii conține valoarea acesteia în punctul de origine al curbelor de definiție, existând alte două câmpuri corespunzătoare valorilor presiunii în punctele de sfârșit a celor două curbe.

Presiunile aplicate pot fi afișate preferențial pe ecran sau listate cu ajutorul comenzilor PLOT și PLIST. În ferestrele de dialog utilizatorul trebuie să specifice numai seria de elemente pentru care se dorește vizualizarea sau listarea presiunilor (etichetele primului, respectiv ultimului element din serie și pasul de selecție).

6.1.4. Cuplarea restricțiilor aplicate gradelor de libertate

GEOSTAR permite introducerea unor legături între condiționările impuse gradelor de libertate, legături constând în restricții comune sau ecuații având ca termeni aceste restricții.

Legăturile pot fi stabilite direct între noduri folosind comanda CPDOF care definește un set de legătură. Activarea comenzii conduce la deschiderea a trei ferestre de dialog consecutive (figura 6.8), în care utilizatorul specifică: eticheta setului de legătură (un număr cuprins între 1 și 1500), gradul de libertate la care se referă legătura (translații sau rotații raportate la axele sistemului de referință activ), numărul nodurilor care participă la legătură (maximum zece noduri) și etichetele acestora.

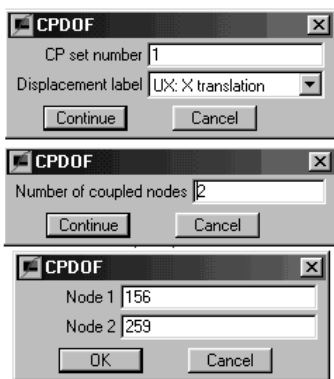


Fig. 6.8

Ferestre de dialog corespunzătoare comenzii CPDOF

Primul nod din serie are atributul de nod-stăpân, restricțiile aplicate acestuia (pe gradul de libertate specificat) transmițându-se și celorlalte

noduri (noduri sclav). Dacă un nod-sclav apare în mai multe seturi de legătură el va fi cuplat cu ultimul set de legătură definit.

Seturile de legătură definite cu ajutorul comenzii CPDOF pot fi redefinite prin comanda CPCNS, dacă la rularea acesteia din urmă se folosește aceeași etichetă pentru setul respectiv (cele două comenzi utilizează aceeași bază de date). Comanda este folosită pentru definirea unor legături între entități geometrice (punct-punct, punct-curbă, punct-suprafață).

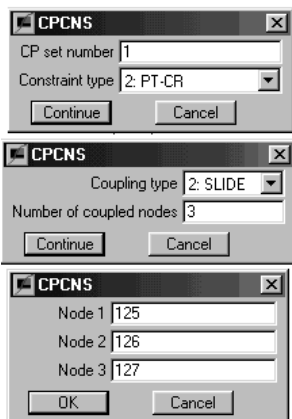


Fig. 6.9

Ferestre de dialog corespunzătoare comenzii CPCNS

Activarea comenzii conduce la deschiderea a trei ferestre de dialog consecutive (figura 6.9) în care trebuie specificate: eticheta setului de legătură (un număr cuprins între 1 și 500), tipul entităților geometrice participante (punct-punct, punct-curbă, punct-suprafață), varianta de

legătură (semnificațiile etichetelor sunt prezentate în tabelul 6.3 iar variantele posibile în tabelul 6.4), numărul de noduri participante (variază funcție de varianta de legătură), etichetele nodurilor respective (primul fiind considerat nod-stăpân).

Tab. 6.3

SEMNIFICAȚIILE ETICHETELOR PENTRU LEGĂTURI

ETICHETA	SEMNIFICAȚIE
TIE	Impune o distanță constantă între noduri
MATCH	Impune deplasări egale pentru două noduri
RIGID	Impune rotații egale pentru două noduri
ATTACH	Impune translații și rotații egale pentru două entități geometrice (punct-curbă sau punct-suprafață)
SLIDE	Impune alunecarea unui punct pe o curbă sau pe o suprafață
ROTATE	Impune rotația unui punct față de o curbă având translații egale cu aceasta

Tab. 6.4

VARIANTE DE LEGĂTURI ÎNTRE ENTITĂȚI GEOMETRICE

ENTITĂȚI	PUNCT-PUNCT	PUNCT-CURBĂ	PUNCT-SUPRAFAȚĂ
VARIANTA			
Varianta I	TIE	ATTACH	ATTACH
Varianta I	MATCH	SLIDE	SLIDE
Varianta I	RIGID	ROTATE	-
Număr de noduri implicate	2	3 sau 4	între 4 și 10

Pentru declararea unor ecuații având ca termeni valorile deplasărilor pe gradele de libertate corespunzătoare diferitelor entități geometrice sunt disponibile comenzile CPEQN și CPEQNVAL. Comanda CPEQN permite definirea unei astfel de ecuații cu membrul al doilea nul, în timp ce CPEQNVAL permite declararea unei valori pentru cel de-al doilea membru al ecuației respective.

Aspectul general al unei ecuații de acest tip (de exemplu pentru trei noduri: i, j, k) este:

$$C_i * D_i + C_j * D_j + C_k * D_k = 0 \quad (6.1)$$

unde:

- C - coeficient numeric corespunzător nodului respectiv, impus de utilizator;
- D - tipul de deplasare corespunzător nodului respectiv, ales de utilizator dintr-o listă derulantă (translații paralele cu axele sistemului de referință activ - UX, UY, UZ, respectiv rotații față de aceste axe - RX, RY, RZ).

Comanda CPEQN permite declararea a unei serii de maximum zece termeni la o singură rulare. Pentru ecuații cu mai mult de zece termeni, comanda trebuie rulată, în mod corespunzător, de mai multe ori.

Activarea comenzii conduce la deschiderea a două ferestre de dialog consecutive (figura 6.10) în care utilizatorul trebuie să specifice: eticheta ecuației de legătură (un număr cuprins între 1 și 1500), numărul primului termen din seria ce urmează a fi declarat, numărul total de termeni

din serie, etichetele nodurilor, tipul de deplasare și valorile coeficienților corespunzători.

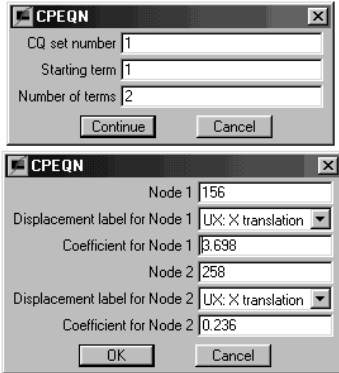


Fig. 6.10

Ferestre de dialog corespunzătoare comenzii CPEQN

contrar această valoare va fi considerată nulă.

Restricțiile aplicate gradelor de libertate, legăturile și ecuațiile corespunzătoare pot fi listate sau anulate cu o serie de comenzi a căror denumire derivă din numele comenzii respective și unul din sufixele LIST sau DEL.

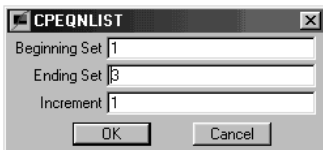


Fig. 6.11

Fereastra de dialog corespunzătoare comenzilor CP**

preferențială pe ecran cu ajutorul comenzii CPDOFPLOT.

Activarea acestei comenzi conduce la deschiderea unei ferestre de dialog similare cu cea prezentată în figura 6.11, în care utilizatorul identifică seturile de legături ce vor fi afișate.

În cazul în care membrul drept al ecuației are o valoare constantă diferită de zero, aceasta poate fi declarată cu ajutorul comenzii CPEQNVAl. Activarea comenzii generează apariția unei ferestre de dialog (figura 6.11) în care se poate introduce numărul ecuației de legătură și valoarea numerică corespunzătoare.

Dacă ecuațiile definite cu ajutorul acestor comenzi sunt folosite la analize cu modulul NSTAR, valoarea membrului drept trebuie asociată cu o curbă de timp corespunzătoare (definită cu ajutorul comenzii CURDEF). În caz

Ferestrele de dialog deschise de aceste comenzi sunt identice (un exemplu este prezentat în figura 6.11), utilizatorul trebuind să specifice seturile cărora li se vor aplica operațiile respective.

Pentru legăturile stabilite direct, prin utilizarea comenzii CPDOF, este posibilă afișarea