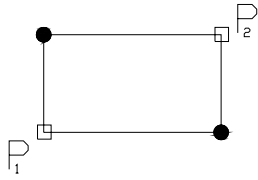


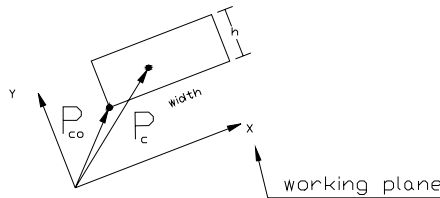
KDIST, Kp1, Kp2, Order.

Definição de Retângulos

RECTNG, X_1, X_2, Y_1, Y_2 define retângulo por dois vértices. Lados paralelos aos eixos XY.



BLC4, Xcorner, Ycorner, width, height, espessura - define retângulo como área se espessura for nula. Se for dada espessura define um volume. P_{co} é a coordenada do vértice, (Xcorner, Ycorner).



BLC5, Xcenter, Ycenter, width, height, espessura - idem para blc4, porém da coordenada do centro.

BLOCK, $X_1, X_2, Y_1, Y_2, Z_1, Z_2$ - define bloco por 3 pontos.

Definição de Círculos

Pcirc, rad1, rad2, theta1, theta2 - define setor de círculo pelos raios interno e externo e os ângulos inicial e final teta1 e teta2, medidos em graus a partir do eixo X do sistema em uso. Origem de Teta é o eixo X, cresce no sentido anti-horário em torno de Z, no “working plane”.

Cyl4, Xcenter, Ycenter, rad1, theta1, rad2, theta2, espess - define setor de círculo como área, pela coordenada do centro, raios interno e externo e ângulos. Se espessura for não nula define uma entidade sólida.

Cyl5, Xedge1, Yedge1, Xedge2, Yedge2, espess h - define círculo por dois pontos, de coordenadas 1 e 2, que definem pontos diametralmente opostos. Se espessura for não nula define uma entidade sólida.

CYLIND, r1, r2, z1, z2, teta1, teta2 - define cilindro com base no “working plane”, centro na origem.

LARC, P1, p2, pc, raio - faz arco de círculo. P1 e P2 são os kp's de início e fim do arco. PC é o kp que define o lado do centro. RAIIO é o raio do arco.

Extrusão:

Adrag - gera área transladando (“extrude”) um conjunto de linhas.

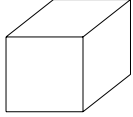
Autor: Prof. Paulo de Tarso R. Mendonça, Ph.D.,

GRANTE - Grupo de Análise e Projeto Mecânico - Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - Florianópolis, SC 88040-900, CP 476. - Fone: 55 (0) 48 3721-9899, Fax 234-1519; Net: www.grante.ufsc.br

Ldrag - gera linha, transladando kp's.
 Vdrag - gera volume transladando áreas.

Definição de Volumes Elementares

V, p₁, p₂, ... p₈ - Cria Volume por KP's (até 8 vértices, primeiro a base, depois o topo)

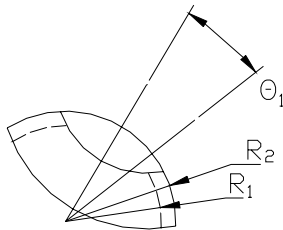


VA, A₁, A₂, ... A₁₀ - Cria Volume por áreas, até 10 delas se usado comando de linha. Pode ter furos

VA, all - usa todas as áreas pré-selecionadas.

SPH4, xcentro, ycentro, raoint, raioext - cria esfera completa oca

SPHERE, raoint, raioext, θ_1 , θ_2 - cria calota vazada. +-90 graus em torno do eixo X, entre +Z e -Z. Teta = 0 é em torno do eixo Z, e cresce a partir de X.



SPH5, XEDGE1, YEDGE1, XEDGE2, YEDGE2 - cria esfera completa definida por dois planos normais aos vetores indicados.

II – SELEÇÃO DE ENTIDADES E ACESSO A VALORES

Todas as operações podem ser realizadas sobre entidades (kp's, linhas, áreas, volumes) individualmente ou sobre todos os elementos de um conjunto previamente selecionado. Uma vez que um conjunto de entidades tenha sido selecionado, todas as operações realizadas a posteriormente se aplicarão apenas àqueles elementos.

LSEL, TYPE, item, Comp, Vmín, Vmáx, Vinc, Kswp - Seleciona linhas

S - novo conj. LINE, ,linha inicial, final, increm

A - adiciona mais elementos a um conjunto previamente selecionado.

U - unselect

All

R - re-seleciona dentro do conjunto previamente selecionado.

Exemplo: NSEL,s,loc,y, -0.21 - seleciona todos os nos de coordenadas y=-0.21.

NSEL,s,loc,y,-0.31 - Seleciona todos os nós de coordenada y = -0.31

NSLE, R - Reseleciona os nós do conjunto de elementos já previamente selecionados.

KSEL, TYPE, KP, , Comp, Vmín, Vmáx, Vinc, Kswp - Selecciona KP'S. Os argumentos são semelhantes aos de LSEL.

ASEL, TYPE, AREA, , Comp, Vmín, Vmáx, Vinc, Kswp - Selecciona ÁREAS

VSEL, TYPE, VOLU, , Comp, Vmín, Vmáx, Vinc, Kswp - Selecciona VOLUMES
 ,MAT,
 ,REAL,
 ,TYPE,

***GET** é um comando extremamente versátil, usado para obter uma quantidade imensa de valores internos, como valores e posições de nos, linhas, kp's, áreas, elementos, etc.

Exemplo: Para obter o valor de um volume de número N:

- VSUM - realiza internamente os cálculos de todos os volumes selecionados.
- *GET, volume, volu, N, volu - o parâmetro VOLUME passa a conter o valor.

***GET, nomeVariavel, KP** ,NUM, LOC, X - obtém coordenada X do kp de número NUM, e aloca essa coordenada na variável *nomeVariavel*. O mesmo pode ser obtido para direção Y e Z.

***GET, nomeVariavel, NODE** ,NUM, LOC, X - obtém coordenada X do nó de número NUM, e aloca essa coordenada na variável *nomeVariavel*. O mesmo pode ser obtido para direção Y e Z.

***GET, nomeVariavel, NODE** ,NUM, U , X - obtém deslocamento na direção X do nó de número NUM, e aloca essa coordenada na variável *nomeVariavel*. O mesmo pode ser obtido para direção Y e Z.

***GET, label, NODE, 0, NUM, MAX** – obtém o número máximo de nó já definido e aloca esse número na variável label definida pelo usuário.

Para obter volume de um volume N, primeiro

VSUM - faz a soma

*GET, volume, VOLU,N,VOLU - define parâmetro volume.

NUMSTR, label, value - Indica o número da próxima entidade gerada pelos comandos de geração (vgen, egen, ngen, amesh, etc.) ou após operações booleanas. Label pode ser NODE,ELEM, KP, LINE, AREA, VOLU, DEFA.

*VGET, similar a *get, mas recupera conteúdo em grupo, alocando em uma matriz.

*VPUT, toma valores de uma matriz e introduz dentro do banco de dados do Ansys.

FUNÇÕES

SIN(X), COS, TAN, ASIN, ACOS, ATAN, ABS,

EXP, LOG, LOG10, SQRT, SINH, COSH, TANH

Ângulos em radianos, por

default. Para mudar para graus, usar AFUN, RAD ou AFUN, DEG.

NINT(X) igual ao inteiro mais próximo.

MOD(X,Y) resto de X/Y. Caso Y = 0, dá 0.

PROGRAMAÇÃO

É possível fazer programação de forma bastante similar ao FORTRAN. A seguir uma lista dos comandos básicos disponíveis.

*DIM, *nomeMatriz*, ARRAY, numI, NumJ, NumK define uma matriz, de forma similar ao “dimension do Fortran, com até três dimensões. NumI, etc. é o número de linhas da matriz *nomeMatriz*. O mesmo para NumJ e NumK.

*IF, *nomeVar*, EQ, *Var1*, THEN
COMANDOS

*ENDIF Se *nomeVar* = *Var1*, então realiza os comandos. Outras relações além de EQ são disponíveis.

*DO, *contador*, valorInicial, valorFinal, Incremento
COMANDOS

*ENDDO Faz *contador* assumir valores desde “valorInicial“ até “valorFinal“, com incremento “Incremento“, e realiza os laços.

III - OPERAÇÕES COM AS ENTIDADES GEOMÉTRICAS

Linhas, áreas e volumes podem ser operados para definir novas entidades. As entidades originais podem às vezes serem mantidas ou deletadas.

Intersecção de Linhas, Areas e Volumes

AINA, Na1, Na2, Na3, ... Na9 - define área pela intersecção das areas Nai.
AINA, all - usa todas as areas pré-selecionadas.

VINV, Nv1, Nv2, ... Nv9 - volume da intersecção dos volumes Nvi.

LINL, NI1, NI2, ... NI9 - linha da intersecção entre as linhas Nli.

Soma de Linhas, Areas e Volumes

VADD, Nv1, ... Nv9 - volume da soma dos volumes Nvi

AADD, Na1, ...Na9 - área da soma áreas Nai.

LCOMB, NI1, NI2, KEEP - combina duas linhas adjacentes. Keep= KEEP ou DELETE para manter ou deletar as linhas originais.

LDIV, nl ratio,pdiv,ndiv,keep - divide linha.

Subtrai de Linhas, Areas e Volumes

VSbv, Nv1, Nv2, SEPO, KEEP1, KEEP2 subtrai volumes. Faz a subtração do volume Nv1 menos a intersecção entre os dois volumes.

VSBA – para área.

ASBA, Na1, Na2, SEPO, KEEP1, KEEP2 idem para as áreas Na1 e Na2.

LSBL, nl1, nl2, Idem para as linhas nl1 e nl2.

Cola (glue) e overlap de Linhas, Areas e Volumes

VGLUE, Nv1, Nv2, ... Nv9 Em caso de áreas adjacentes, elimina as duas linhas comuns e cria novas áreas separadas por uma única linha. Elimina as áreas anteriores. Este comando é necessário para que a geração de nós crie nós comuns na interface.

AGLUE idem para áreas.

LGLUE idem para linhas

VOVLAP - overlap de volumes que possuem intersecção.

Definições para operações booleanas

Por default, quando se operam duas entidades, soma de dois volumes, por exemplo, é criada uma nova entidade, com novo número, e as originais são deletadas. É possível alterar este default com:

BOPTN, lab,value lab = KEEP (default é NOKEEP), value = NO (é o default),
ou
YES. Lab = DEFA, retorna setagens ao original.

III - GERAÇÃO DE ENTIDADES E ESCALAMENTO

Estes comandos permitem que sejam gerados conjuntos de entidades a partir de um conjunto previamente definido, um padrão, que é repetido e ampliado de varias maneiras.

VGEN, - gera um conjunto de volumes (ou áreas, linhas), a partir de um conjunto
AGEN, - previamente existente de volumes (o padrão).
LGEN,

KPSCALE, - Gera um conjunto de kp's escalados a partir de uma malha de kp's.
argumentos:
np1, np2, ninc, - define o conjunto de kp's do padrão.
rx, ry, rz, - incremento nas coordenadas.
Kinc, - incrementa a numeração dos KP's gerados
noelem, - KP's ou nós e elementos
imove, - gera novo conjunto e mantém o padrão ou move
padrão.

LSSCALE, - gera linhas a partir de um padrão.
Argumentos:
NL1, NL2, NINC - define o padrão, que será usado na geração.
rx, ry, rz,kinc,noelem,imove - como os argumentos de kpscale.

ARSCALE, Na1,na2,ninc - gera áreas a partir de padrão. Na1,na2,ninc define o padrão, que será usado na geração. Outros argumentos como acima.

VLSCALE, - gera volumes a partir de padrão. Idem.

V - SISTEMAS DE COORDENADAS

CSYS, Kcn - ativa como global um sistema de coordenadas previamente definido, onde
Kcn = 0 - cartesiano

Kcn = 1 - cilíndrico
 Kcn = 2 - esférico
 Kcn = 4 - working plane
 Kcn = n - outro, $n > 10$, é o número de um outro sistema, definido pelo usuário com o comando LOCAL.

RSYS, kcn - defina um sistema de coordenadas em relação ao qual os resultados serão mostrados (tabelas e gráficos). Kcn = solu -> resultados vem como calculados (no sistema de coordenada do elemento ou do nó). No caso de laminados, se LAYER = 0, os dados vem no sistema do elemento. Se LAYER=NL, tensões vem no sistema da lamina, e esforços no sistema do elemento. Ver por exemplo help do SHELL91.

LOCAL,
 kln, - define sistema local de coordenadas. Os argumentos são:
 - número atribuído a este sistema. $Kcn > 10$.
 KCS, - tipo de coordenadas. Kcs=0 - cartesiano, etc., como acima.
 XC, YC, ZC, - coordenadas da origem em relação ao sistema global.
 Tetaxy, tetayz, tetazx, - 1ª rotação em torno de Z, etc.
 par1, par2 -

CS, , , , , , - semelhante a LOCAL, mas usa coordenadas de 3 nós em vez de ângulos.

/PNUM - mostra o número do sistema de coordenadas do elemento.

/PSYMB, label, key - se label = cs, desenha os eixos em cada elemento.
 Key = 0 -> sem símbolo;
 Key = 1 -> com símbolo;
 Key = N, número da lâmina, se label = LAYR.

ESYS, kcn - identifica o número do sistema de eixos para os elementos definidos subsequentemente. Este sistema é usado como sistema do elemento em vez do sistema default proveniente dos nós I, J, etc. As propriedades de material serão nestas direções. Util em elementos laminados.

WORKING PLANE e SISTEMA LOCAL DE COORDENADAS

É o plano xy onde são construídas entidades como círculos, e arcos.

WPAVE, x1,y1,z1, x2,y2,z2, z3,y3,z3, - trasladar sistema de eixos.
 WPROTA, thxy, thyz, thzx - rotacionar workplane em torno do eixo Z, X e Y respectivamente, em graus.

WPLANE, wn, x0, y0, z0, xx,yx,zx, xplan, yplan, zplan - define WP. $W_n = 1$, (x0, y0, z0) é a coordenada da origem, (xx,yx,zx) é o ponto que define eixo x, e (xplan, yplan, zplan) é o 3º ponto, necessário p/ definir o plano xy.

WPCSYS, wn, kcn - define sistema de coordenada kcn = cs definido previamente. WN é o número do "window", por default = 1.

CSWPLA, kcn, kcs, par1,par2 - cria e ativa sistema local de coordenada, coincidente com o WP anteriormente definido. KCN é o novo número do sistema gerado, maior ou igual a 11. KCS = 0 para sistema cartesiano, =1 para cilíndrico, etc.

VTRAN, kcinto, nv1,nv2,ninc, kinc,noelem,imove - transfere coordenadas dos kp's do sistema ativo para sistema KCINTO. nv1,nv2,ninc define padrão.

VSKP – gera CS por KP's previamente definidos.

O procedimento geral é de primeiro definir um sistema KCN = 11 como local. Segundo, define WP com comandos WPCSYS no sistema kcn = 11. Opcionalmente, define-se o WP com WPLANE e o ativa com CSYS,4, e, quando necessário, retorna ao global com CSYS=0.

EXEMPLO:

wpcsys,-1,0 ! faz wp coincidir com sist.global.

wprota,0,0,-90 ! rotacao do WP em torno eixo y

wprota,0,-90,0 ! rot.do WP em torno de x

CSWPLA,11,0,1,1, ! cria local sist.11 coinc.c/wp, que sera usado como sist.de elem.p/area 4

wprota,0,-90,0 ! rot.do WP em torno de x

CSWPLA,12,0,1,1, ! cria local sist.12 coinc.c/wp, que sera usado como sist.de elem p/area 6

VI - GERAÇÃO DE MALHAS

E, i,j,k,l,m,n,o,p - define elemento através dos nós i,j, etc. O número é gerado de forma seqüencial. (Ver NUMSTR para definir o número da próxima entidade a ser gerada.)

En, n, i,j,k,l,m,n,o,p - o mesmo que E, porém atribui o número N ao elemento gerado.

LATT, MAT, REAL, TYPE, ESYS - atribui atributos de elementos a linhas selecionadas. A malha gerada posteriormente terá os atributos acima ou os alores correntes, definidos em TYPE, MAT, RCAL, CSYS.

ESHAPE,KSHAPE, KSTR – COMANDO ANTIGO, ANTERIOR ÀS VERSÕES 7.0.

SUBSTITUIDO PELO CONJUNTO MSHAPE, MSHMID, MSHKEY. Controla a locação de nós internos e forma do elemento:

kshape=0 - “free mesh”, malha livre de elementos quadrangulares, e, onde necessário, elementos triangulares;

kshape=1 - malha de elementos triangulares;

kshape=2 - “mapped mesh”, malha mapeada de elementos quadrangulares, recomendada para áreas de 4 lados.

kshape=3 - mapped mesh, mas muda p/ free meshing se necessário.

MSHAPE, key, dim - key = 0, para elemento 2D quadrangular ou 3D de hexaédrico;

=1, para elemento 2D triangular ou 3D tetraédrico.

Dim = 2D ou 3D.

MSHKEY, kay – kay = 0 para malha livre, = 1 para malha mapeada, = 2 mapeada se possível.

MSHMID,key – key = 0 nós intermediarios no elemento seguem curvatura do contorno;]

= 1 são posicionados ao longo de uma reta;

= 2 não existem nós intermediários.

SMRTSIZE, sizlvl, fac, expnd, - no “free mesh”, indica o grau de refino. sizlvl é tamanho do elemento, sizlvl = 1(malha fina),...,10 (malha grosseira).

ESIZE, SIZE, NDIV - especifica o tamanho médio dos elementos no free mesh ou o número de divisões ou tamanho da divisão na borda.

LESIZE,N11,size,angsiz,ndiv,space,kforc - defini refino variável ao longo de uma linha N11 (ou de um conjunto de linhas selecionadas se N11 = all). Nas proximidades da linha os elementos terão as dimensões especificadas, e distantes os valores se aproximarão do especificado em ESIZE. Especifica-se ou size ou o número de divisões ndiv. Space é a relação entre o tamanho do último elemento sobre o primeiro, size.

MOPT, LAB, Value - especifica opções de malha.

AMESH, NA₁, NA₂, NINC - gera nós e elementos de área num conjunto de áreas definido por NA₁, NA₂, NINC.

LMESH, NL₁, NL₂, NINC - nos e elementos ao longo de linhas

VMESH, NV₁, NV₂, NINC - em volumes.

AATT,mat,real,type,esys - define o material, RAL, TYPE, dos elementos que serão gerados em seguida.

ET,numtipo,shell97, opt1,.....,opt6 - associa um número, numtipo, ao tipo de elemento que será gerado em seguida. Aplica até 6 “keyopt” do elemento. Para keyopt maior que 6, usar comando KEYOPT.

KEYOPT, numtipo,numkey,valor- entrada de parâmetro **valor** para os elementos de tipo num tipo.

R,numR,.... - entrada de dados reais de elemento, que forma um conjunto de número numR.

MP, lab, mat, valor - associa propriedade a um material. Lab = EX, Ey, ou nuxy, etc.
MAT = numero do conjunto de propriedades sendo definido.

RMODIF,numR,posicao,valores - alteração dos valores de constantes reais. Caso não caiba numa

RMORE,... linha, adicionar RMORE e colocar os demais.

NUMMRG,label,toler,gtoler - “merge”, colapsa numeração de nós ou itens próximos.

TYPE, nt - incica que os próximos elementos gerados haverão de ser dos TYPE,

MAT, nm MAT e REAL de números previamente criados nos comandos R,MP, e ET.

REAL, nr

REFINO

LREFINE, NL₁, NL₂, NINC, NSPLT, DEPHT, SMOOTH - refina em torno das linhas

KREFINE,... - refina em torno de KP's.

CHECAGEM DE MALHA E REFINO

Após gerar a malha, verificar distorção dos elementos. Usar:

1. CHECK, esel,warn – para selecionar elementos com “warning”.
2. CM,nomedoset, WARN – gera um SET com erros de elementos ou
3. CMSEL,ALL - gera um SET dos números dos elementos ruins.
4. ESEL,ALL
5. EREFINE, nomedoset, , ,1 - refina malha em torno dos elemenos ruins.

Outra estratégia:

1. Idem.
2. EDELE,ALL - simplesmente remove os elementos ruins.
3. ESEL,ALL

CONDIÇÕES DE CONTORNO E CARREGAMENTO

Carregamentos e condições de contorno podem ser aplicadas sobre kp's e transferidos para linhas e posteriormente transferidos aos nós associados.

DK,kpoi,lab,valor1,valor2,kexpnd - aplica restrição de deslocamento em kp's. Kpoi é o número do kp, ou kpoi=all para um conjunto previamente selecionado. Lab é o grau de liberdade. Pode ser UX, UY, UZ, ROTX,ROTY, ROTZ. Valor é o valor aplicado. Kexpnd = 0 ou 1. Será 1 se for para expandir posteriormete para os nós gerados.

FK, kpoi,lab,valor1,valor2 - aplica força concetrada no kp kpoi. Os argumentos são os mesmos que DK.

DTRAN,.... - Após a aplicação de condições de contorno em kp's de uma linha, este comando faz a transferência para os nós.

FTRAN,... - Após a aplicação de forças nos kp's de uma linha, este comando faz a transferência para os nós.

DLDELE,.....

DKDELE,.....

DDELE,.... - estes comandos fazem deleção de condições de contorno, de força.

SFL,line,lab,vaII,vaIJ - aplica pressão ao longo de uma linha line. lab = PRES. VaII e vaIJ são os valores de pressão nos kp's I e J da linha. Permite variação linear da pressão.

SFA, ... idem para áreas.

SFE,.... idem para elemento.

SFTRAN - transfere pressão para os nós.

F,node,Fx,value,va2,nend,ninc - aplica força concentrada no nó node, ou faz geração. Usa Fx para força em x, ou Fy para y, etc.

D,node,Ux,value,va2,nend,ninc - aplica condição de contorno de deslocamento no nó node, ou faz geração. Usa Ux para deslocamento em x, ou Uy para y, etc.

CE, neq, Const, no1,lab1,c1, no2,lab2,c2, , , , - equação de constringção de graus de liberdade entre vários nós.

$$\text{Const} = \sum \{ c_i * \text{dof}.i \}$$

CP, nset, lab, no1,, no17 - define conjunto de dof's acoplados. Lab = UX, ou UY, etc. no1 é o nó máster., o que fica.

ACEL, acelx, acely, accelz - acelerações da gravidade. Recomendado montar o modelo em metros, newtons, segundo (isto é, SI).

SFGRAD, PRES, z, zmax, Pmax/h - Aplica pressão variando linearmente ao longo do eixo Z.

Autor: Prof. Paulo de Tarso R. Mendonça, Ph.D.,

GRANTE - Grupo de Análise e Projeto Mecânico - Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - Florianópolis, SC 88040-900, CP 476. - Fone: 55 (0) 48 3721-9899, Fax 234-1519; Net: www.grante.ufsc.br

z_{max} é onde a pressão = 0. h é a altura da coluna d'água.

EXTRACÇÃO DE RESULTADOS

É possível definir colunas de valores de diversos tipos de resultados, como forças, tensões e deslocamentos, que são mantidas na memória. A cada coluna pode ser associado um nome text de até 8 caracteres. Posteriormente estas colunas podem ser operadas diretamente pelo Ansys uma com as outras, podem ser usadas para plotar os valores e podem ser listadas em janelas e gravadas em arquivos para posterior edição pelo usuário.

/POST1 entra no pós-processador.

SET, Lstep, SBSTEP, FACT, KIMG, TIME, ANGLE, NSET define o conjunto de dados, (set) a ser lido do arquivo de resultados. Por exemplo, numa análise modal, serão produzidos resultados para 5 modos. Assim, se desejamos plotar a deformação do modo 3, deve-se entrar com SET, 3. Em análise dinâmica deve-se especificar qual o instante de tempo. Em análise não-linear, deve-se especificar qual o passo de carga.

/DSCALE, wn, rfact - "rfact" é o fator de escala na plotagem, multiplicando os deslocamentos. WN é o número da janela, default é 1.

/CONTOUR, wn, nb, Vmin, Vmax - controla o valor mínimo e máximo nas bandas de plotagem de deslocamentos e tensões. NB é o número de faixas.

SHELL, top - faz com que os resultados apresentados sejam da superfície superior de uma casca. Também pode ser MID ou BOT. O "top" é o lado com normal na direção z do sistema do elemento.

RSYS, kcn - defina um sistema de coordenadas em relação ao qual os resultados serão mostrados (tabelas e gráficos). Kcn = solu -> resultados vem como calculados (no sistema de coordenada do elemento ou do nó). No caso de laminados, se LAYER = 0, os dados vem no sistema do elemento. Se LAYER=NL, tensões vem no sistema da lamina, e esforços no sistema do elemento. Ver por exemplo help do SHELL91.

1) VIGAS - BEAM 44 (ver também BEAM1)

em todos os comandos abaixo, **nome** é o nome dado pelo usuário à tabela para posterior referência em plotagem, listagem ou outras operações..

ETAB,nome,ls,1 - produz tabela com tensão axial nos nós 1.
ETAB,nome,ls,6 - produz tabela com tensão axial nos nós 2.

ETAB,nome,ls,2 - produz tabela com tensão de flexão devida ao momento M_y nos nós 1.
ETAB,nome,ls,7 - produz tabela com tensão de flexão devida ao momento M_y nos nós 2

.
ETAB,nome,ls,4 - produz tabela com tensão de flexão devida ao momento M_z nos nós 1.
ETAB,nome,ls,9 - produz tabela com tensão de flexão devida ao momento M_z nos nós 2.

ETAB,nome,nmisc,1 - produz tabela com tensão de flexão máxima nos nós 1.

ETAB,nome,nmisc,3 - produz tabela com tensão de flexão máxima nos nós 2.

ETAB,nome,smisc,1 - produz tabela com força axial nos nós 1.

ETAB,nome,smisc,7 - produz tabela com força axial nos nós 2.

VER EXEMPLO NA SECAO DE SHELL91 MAIS A SEGUIR

Uma vez definidas as tabelas, um conjunto delas pode ser escolhido para serem plotados ou listados pelos seguintes comandos:

PLLS, nome1,nome2,fat - plota curvas com os valores definidos nas tabelas nome1, nome2, etc. nome1 é aplicado ao nó I, nome2 ao nó J.

PRETAB, nome1,nome2,...etc - mostra tabela com colunas formadas pelos valores definidos nas tabelas nome1, nome2, etc.

PLETAB, nome1,nome2,... etc - plota valores de tabela nome.

OPERADORES DE PLANÍLHA DE CÁLCULO

Diversas operações podem ser feitas entre as colunas definidas por ETAB.

SADD, labr, lab1, lab2, F1, F2, C - soma colunas de nomes lab1 e lab2 para criar coluna de nome

labr através de
 $labr = F1 * lab1 + F2 * lab2 + C$

SMULT, labr, lab1,lab2, F1, F2 - multiplica colunas lab1 e lab2, através de
 $Labr = F1 * lab1 * F2 * lab2$

SEXP, labr, lab1, lab2, E1,E2 - Potenciação:
 $Labr = Abs(lab1)**E1 * Abs(lab2)**E2$.
 E1 e E2 podem ser -1 ou -0,5, o que resulta em inversa ou raiz quadrada. Lab2 pode ser vazio.

2) ELEMENTOS PLACA/CASCA SHELL 63 (4 ou 3 nós)

Ver também SOLID45 e SOLID95, elementos 3D linear (8 nós) e quadrático (20 nós). E SOLID64, sólido anisotrópico.

Para o elemento de casca alguns resultados que podem ser extraídos são os seguintes:

ETAB,nome, NMISC,1,6,11, 16 - tensões sig1 nos nós I,J,K,L da superfície superior.
 ETAB,nome, NMISC,2,7,12, 17 - tensões sig2 nos nós I,J,K,L da superfície superior.
 ETAB,nome, NMISC,5,10,15,20 - tensões sigma equiv. nos nós I,J,K,L da superfície superior.

Para a superfície inferior,

ETAB,nome, NMISC,21,26, 31,36 - tensões sig1
 ETAB,nome, NMISC,22,27, 32,37 - tensões sig2
 ETAB,nome, NMISC,25,30, 35,40 - tensões sig equivalente.

3) ELEMENTOS PLACA/CASCA SHELL 93

Para o elemento de casca de 8 nós, alguns resultados que podem ser extraídos são os seguintes:

ETAB,nome, SMISC,7 - cortante Q_x , considerado constante no elemento.
 ETAB,nome, SMISC,8 - cortante Q_y , considerado constante no elemento
 ETAB,nome, SMISC,1 - esforço normal N_x .
 ETAB,nome, SMISC,2 - esforço normal N_y
 ETAB,nome, SMISC,13- esforço normal N_{xy} .

ETAB,nome, NMISC,1,6,11,16 - tensões sig1 nos nós I,J,K,L da superfície superior

4) BARRA - LINK8 3-D Spar

Ver também LINK1, o elemento de barra 2D.

ETAB,nome,ls,1 - produz tabela com tensão axial nos nós 1.
 ETAB,nome,smisc,1 - produz tabela com força axial nos nós 1.
 ETAB,nome,lepel,1 - produz tabela com deformação axial nos nós 1.

5) CASCA DE MATERIAIS COMPOSTOS DE 16 LÂMINAS - SHELL91

Este é um elemento não linear. O SHELL99 é semelhante, porém linear.

O ângulo THETA de cada lamina é em graus, medido a partir do eixo x do elemento. Para visualizar a tríade de cada elemento, usar /PSYMB,ESYS. Em cascas fica complicado identificar THETA para cada lâmina. O melhor é criar um sistema local de coordenadas (CS), e em seguida indica-lo como sistema a ser usado em um certo conjunto de elementos, usando ESYS,KCN antes de gerar o conjunto, onde KCN é o numero do CS local. Assim, todo um conjunto de elementos terão eixos xyz seguindo o mesmo padrão, o que fazilita a definição dos THETA em R. Ver EXEMPLO abaixo.e na seção de geração de sistema de coordenadas locais.

PRESOL,S,X - lista tensões e deslocamentos dos nós dos elementos. Usar X, Y, etc. para Listar os valores de sigx, sigy, etc.

PLESOL,S,X - plota tensões e deslocamentos dos nós dos elementos.

ETABLE, ,item,comp - cria tabela de valores. Onde item e comp podem ser respectivamente S e X.

Caso RSYS,SOLU, os casos mais usados são:

-SX, SY, SXY - para tensões nas direções da lamina;
 -TX, TY, TXY - esforços na casca nas direções do elemento.
 -MX, MY, MXY - momentos nas direções do elemento
 -NX, NY - cortantes nas direções do elemento

Previamente deve-se usar comandos de menu: LIST -> RESULTS -> OPTIONS, para escolher o numero da lâmina . (Ou usar o comando de linha LAYER, numero da lamina). Porém, para conseguir estes valores, durante o processamento é necessário que se sinalize ao programa que eles devem ser calculados e armazenados. Isto é feito entrando nos dados dos elementos:

KEYOPT(5) = 2 - para o cálculo nas superfícies superior e inferior da lâmina,
 KEYOPT(8) = 1 - para armazenar os resultados em todas as lâminas.

KEYOPT, itype,knum,value - entra KEYOPT(knum) = value. Itype éo numero do elemento, que aparece em ET.

PATH OPERATIONS

PDEF, lab, item, comp, avglab interpola itens ao longo de um segmento.
Lab = nome para a curva,
Etab = table já definida;
Comp = Qy por exemplo. É o nome da variavel já definida, em ETAB.
Avglab = avg, para vazer media dos valores nas interfaces entre elementos.

COMANDOS PARA ANÁLISE DINÂMICA

- ANTYPE, antype** - especifica o tipo de análise. Antype pode ser **STATIC** (ou 0), **BUCKLE** (ou 1), **MODAL** (ou 2), **HARMIC** (ou 3), ou **TRANS** (ou 4), dependendo de ser análise estática, flambagem, modal, harmônica ou transiente. Em seguida usa **HROPT**, ou **TRNOPT**, ou **HROPT**, conforme tipo de análise.
- HROPT, method, NMODE, MINMODE** especifica opções de resposta harmônica.
 -Method = **FULL**, **REDUC**, **MSUP**, para método full, reduzido ou por sobreposição modal.
 NMODE = num.de modos a serem usados no cálculo. O default é o número Total usado na análise modal.
 MINMODE = núm.do menor modo considerado. Default = 1.
- TRNOPT, method, NMODE, dmpkey, MINMODE** especifica opções de resposta transiente.
 Method como em **HROPT**.
 NMODE, MINMODE como em **HROPT**. Usados só em sobr.modal.
 Dmpkey = **DAMP** ou **NODAMP**. Inclui ou não o amortecimento, mesmo que tenham sido entrados dados. Usado só em **REDUC**. Default = **DAMP**.
- MODOPT, Method, NMODE, FreqA, FreqB, prmode, Nrmkey** Opções para análise modal.
 (Antype = **MODAL**)
 Method = **SUBSP** para método de iteração subespacial.
 = **LANB** para block Lanczos.
 = **REDUC** para Householder (reduzido)
 = **DAMPED**
 NMODE = num.de modos a serem extraídos. Caso Method = **SUBSP**, NMODE deve ser menor que num.graus de lib. Total do modelo/2.
 FreqA, FreqB = em vez de NMODE, pode-se definir a faixa de frequências para a determinação dos modos. FreqA é também usado para **SHIFT** no caso Method=**SUBSP**.
 Nrmkey = **OFF** (default), para normalizar modos pela matriz massa. **ON** norma = 1.
- HROUT, Reimky, Clust, Mcount** Especifica opções de saída para análise harmônica.
 Reimky = **ON** (default), para produzir deslocamentos complexos em parte real e imag.
 = **OFF**, para mostrar deslocamentos em amplitude e fase.
 Clust = **OFF** (default), varre frequências em espaçamento uniforme.
ON, aglomera as frequências em torno das naturais. Usado só em **MSUP**.
 Mcount = **OFF** (default), não produz saída p/cada frequência.. **ON**, produz. Ambos usados apenas para **MSUP**.
- OUTPR, Item, FREQ, Cname** Controla saída da solução. (Para análise estática, transiente ou full harmonica).
 Item = **BASIC** (default)(solução nodal, de elemento, reações), ou **NSOL**, ou **RSOL**, **ESOL**.
 FREQ = Imprime solução do Item para cada FREQ-ésimo substep de cada interv.de carga.
 Para análise modal, usa **ALL**.
 Cname = nome do componente, criado com comando **CM**, definindo conj.de nós ou elemento a que se refere este comando. Comando pode ser repetido.
- OUTRES, Item, Freq, Cname** Controla valores de solução escritos no database.

Item = ALL (default)
 = BASIC, para valores nodais, cargas, tensões.
 = NSOL, ou RSOL (em /post26, usar RFORCE), ou NLOAD (cargas nodais), ou

STRS.

Freq = N, para escrever a cada N substep de cada intervalo de carga. ALL p/todos.
 Se antype=TRANS, default é escrever só último substep de cada interv.de carga.
 Se antype = HARMIC, default é em todo substep.
 Se análise transiente com sobreposição modal, a cada 4 substep, mais prim. e último.

EQSLV, Lab, TOLER, MULT Especifica tipo do solver. Lab pode ser FRONT, JCG (Jacobi Conj.Grad.), JCGOUT, ICCG (Incomplete Cholesky Conj.Grad.), PCG (Preconditioned Conj.Gradient)

NSUBST, NSBSTP, NSBMX, NSBMN, Carry, Especifica numero de substeps neste intervalo de carga. (Comando similar a DELTIM)
 NSBSTP = num.de substeps de tempo ou de frequencia. Caso se use comando AUTOTS (ver), o valor de NSBSTP definirá apenas o primeiro intervalo.

AUTOTS, key Especifica se usa tamanho automático de intervalo de tempo (ou freq.)
 Key = OFF (default) ou ON.

HARFRQ, freqA, freqB Define intervalo de frequencias na análise harmonica (HARMIC).
 FreqA, freqB = freq. do inicio e fim do interfalo, em Hz. A varredura ocorre em intervalos Definidos em NSUBST.

DMPRAT, RATIO Define razão de amortecimento constante, para uso em resposta harmônica e resposta transiente por sobreposição modal. RATIO não é percentagem.

ALPHAD, alfa
 BETAD, beta Define constantes alfa e beta para definição de matriz de amortecimento como

$$C = \text{alfa } M + \text{beta } K.$$

MDAMP, STLOC, V1,...V6 Define tabela com razões de amortecimento modal. Usado em Caso uso de sobreposição modal junto a análise harmônica ou transiente.
 Cria tabela com duas colunas, a primeira com o número do modo, a Segunda com valor do amortecimento. STLOC indica o número da linha a partir de onde se carrega os 6 valores V1 a V6. Os modos não definidos, são tomados do amortecimento constante definido por DMPRAT.

NCNV,2, 0.15 - Não fecha o programa em caso de erro. Para o processo se deslocamento >0.15.

=====

DEFINIÇÃO DE CARGAS

TIME,time Associa as condições de contorno (deslocamento e força) ao final de um “load step”, com um particular valor de “time”. Estabelece um instante na definição do histórico de carga. Não usado p/ MODAL ou HARMIC.

a Time = tempo ao fim do intervalo de carga. (Obs. Entra-se com o TIME, e em seguida com a definição do carregm.naquele instante. Em seguida, outro TIME, seguida pela carga,etc).

DELTIM, DTIME,DTMIN,DTMAX,Carry Especifica tamanho do time step a ser usado neste intervalo de carga. (Comando similar a NSUBST)

DTIME = tamanho do intervalo. Se AUTOTS usado, DTIME é p/ prim.intervalo.

DTMIN, DTMAX = se usado tamanho automático, tamanho min. e max.

KBC,key Tipo do intervalo de carga, se “step” ou “rampa”.

Key = 0 (default), rampa. Carga é interpolada linearmente do valor anterior ao do final deste intervalo, de instante TIME.

Key = 1, intervalo em forma de “step”. Em todo o intervalo a carga tem valor constante, dado no instante final TIME.

Usado para transiente.

Exemplos:

a) Patamar de $F=0$ entre $t=0$ e $t=1$, seguido de patamar de $F=1000$ entre $t=1$ e $t=2$.

kbc,1 ! intervalos tipo step.

time,1.0

deltim,0.5 ! intervalo de integracao, cte.em todos os intervalos de carga.

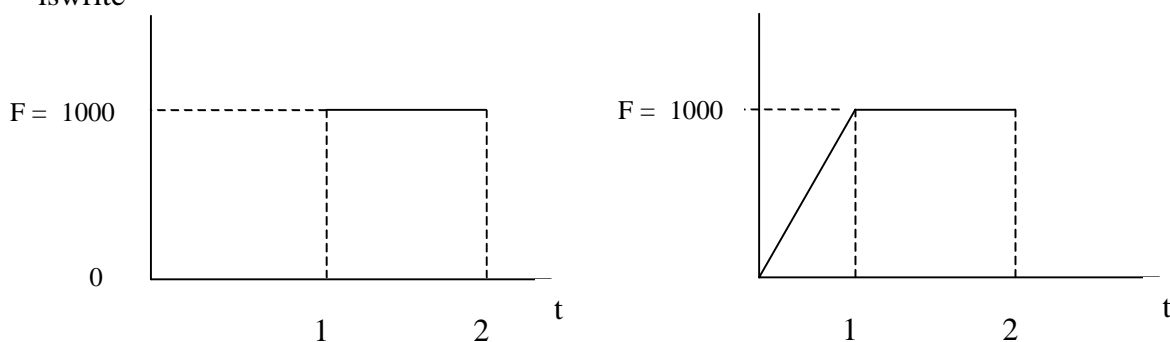
F,2,fx,0.0 ! forca no 2.

lswrite

time,2.0 ! segundo intervalo de carga. Usa o mesmo kbc e deltim anterior.

F,2,fx,1000

lswrite



b) Rampa com $F=0$ em $t=0$ e $F=1000$ em $t=1,0$, e patamar de $F=1000$ entre $t=1$ e $t=2$.

kbc,0 ! intervalo tipo rampa.

time,1.0

deltim,0.5 ! intervalo de integracao, cte.em todos os intervalos de carga.

F,2,fx,1000 ! forca no 2 no instante t=1

lswrite

time,2.0 ! segundo intervalo de carga. Usa o mesmo kbc e deltim anterior.

kbc,1 ! intervalo tipo patamar.

F,2,fx,1000

lswrite

EXEMPLO DE ANÁLISE DINÂMICA LINEAR, POR INTEGRAÇÃO DIRETA

Arq. /PauloDoc/Manuais.../Viga-L-Trans.txt

! Analise dinamica de viga em L.

! Unidades [N,m,kg]

Autor: Prof. Paulo de Tarso R. Mendonça, Ph.D.,

GRANTE - Grupo de Análise e Projeto Mecânico - Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - Florianópolis, SC 88040-900, CP 476. - Fone: 55 (0) 48 3721-9899, Fax 234-1519; Net: www.grante.ufsc.br

```

! Limpa memoria
fini
/clear

! Entra no pre-processamento
/prep7

! Tipo de elemento (Element Type,
! grupo1, tipo viga-BEAM3)
ET,1,BEAM3

! Define parametros
bb=0.1
hh=0.1
carga=500
area=bb*hh
mominer=bb*hh*hh*hh/12

! Prop. de material
mp,ex,1,2.0e11
mp,dens,1,7860
mp,nuxy,0.29

! Prop. Geometrica
!(Area, Mom. de Inercia,altura)
r,1,area,mominer,h/2

! Coordenadas dos keypoints
k,1,0,0
k,2,0,3
k,3,2,3

! Linhas
l,1,2
l,2,3

! Tamanho dos elementos
esize,0.1

! Gera malha
lmesh,all

! Condicao de contorno
dk,1,ux,0
dk,1,uy,0
dk,3,uy,0

! -----

! Integracao direta (transiente)
/solu

```

```
antype,trans
trnopt,full
outpr,basic,all
outres,nsol,all
!dmprat,0.1
betad,0.001
```

```
fk,3,Fx,100000
TIME,0.01
DELTIM, 0.0001
KBC,1
solve
```

```
fk,3,fx,0
TIME,0.7
DELTIM, 0.001
KBC,1
solve
```

```
/post26
nsol,2,17,u,x
plvar,2
```

=====

Exemplo de Definição de solução estática não-linear.

O carregamento dado corresponde ao máximo, associado ao tempo $t = 1$.
Esse carregamento é dividido em $n_{subss} = 5$ substeps, e a solução é obtida em cada substep e gravada.

```
!-----  
/SOLU  
ANTYPE,0    ! análise estática  
NLGEOM,1    ! grandes deslocamentos  
nsubss = 5   ! subdivide carregamento em pelo menos 5 substeps  
NSUBST,nsubss,4000,1    ! máximo de substeps eh 4000.  
OUTRES,ERASE  
OUTRES,ALL,ALL  
AUTOTS,1  
TIME,1  
SAVE  
FINISH  
SOLVE
```

PÓS-PROCESSAMENTO

/POS26 Processador para gerar saidas ao longo do tempo ou frequencias. Identificado um certo nó e grau de liberdade, ux, por exemplo, pode-se plotar ux x tempo ou ux x freq. dependendo do tipo de análise.

/POST1 Num dado instante (ou frequencia, dependendo do tipo de análise), plota ou lista a solução em todo o modelo.

FILE, Fname, Ext, Dir Especifica nome do arq. onde programa de pos-process. Acha os resultados. Usado para /POST26.

Fname = até 32 caract. Default é o Jobname.

Ext = até 8 caract. Extensao. Default p/TRANS é Ext=rdsp, p/HARM é

Ext=rfrq, p/FULL é Ext=rst.

Dir = diretório. Até 64 caract. Default diretório atual.

NSOL, NVAR, NODE, ITEM, Comp, Name Especifica dados nodais a serem armazenados, Tirados do arq. de resultados.

NVAR = num. Arbitrario de referencia do usuário para esta variável.

NODE = num. do nó.

ITEM = U para desloc.nodal, ROT para rotaçao nodal, TEMP, ou PRES.

Comp = Componente: X, Y, ou Z conforme necessário.

Name = Nome (até 8 caract.) p/ identificar item nos gráficos e listas. Default =

ITEM+Comp.

Exemplo:

/post26

nsol,2,3,u,y ! coleta respostas de UY no no 3.

nsol,3,5,u,y ! coleta respostas de UY no no 5.

plvar,2,3 ! grafico UY x tempo para os nos 3 e 5. O eixo x eh o Tempo que varia de 0 a 1.

RFORCE, NVAR, NODE, ITEM, Comp, Name Especifica forças nodais a serem armazenadas, Tirados do arq. de resultados.

(Em /SOLU, deve ter sido usado OUTRES, RSOL,ALL)

NVAR = num. Arbitrario de referencia do usuário para esta variável.

NODE = num. do nó.

ITEM = f para força nodal, M para momento nodal.

Comp = Componente: X, Y, ou Z conforme necessário.

Name = Nome (até 8 caract.) p/ identificar item nos gráficos e listas. Default =

ITEM+Comp.

PLTIME, TMIN, TMAX Define faixa de tempo (ou frequencia) para os dados sendo plotados ou listados. (Comando semelhante a PRTIME, usado para listagem.)

PLVAR, NVAR1, NVAR2,... NVAR10 plota até 10 curvas num gráfico. Cada NVARj é o num.de ref. De uma variavel previamente definido com comando NSOL. É possível fazer vários eixos Y com comando /GRYYP. Ver tambem comando XVAR, /GRID, /AXLAB.

XVAR, N Define o que é o eixo X.

N = 0 ou 1 (default), plota variaveis do PLVAR x tempo ou freq.

N = N, plota var. PLVAR x variavel N.

Autor: Prof. Paulo de Tarso R. Mendonça, Ph.D.,

GRANTE - Grupo de Análise e Projeto Mecânico - Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - Florianópolis, SC 88040-900, CP 476. - Fone: 55 (0) 48 3721-9899, Fax 234-1519; Net: www.grante.ufsc.br

/GRTYP, kaxis para usar 1 ou mais eixos Y. Ver também **/GROPT, /GTHK**.
 kaxis = 0 ou 1, (default), p/ um só eixo Y. Até 10 curvas.
 Kaxis = 2 ou 3 para 2 ou três eixos. Até 3 curvas.

/GRID, key Grades no gráfico
 key = 0 (default), sem grade.
 key = 1, grade em X e Y.
 key = 2 ou 3, para grade só em X ou só em Y.

/AXLAB, Axis, Lab Especifica labels nos eixos X e Y.
 Axis = X ou Y
 Lab = legenda do eixo, até 30 caracteres.

SET, LSTEP, SBSTEP, FACT, KIMG, TIME, ANGLE, NSET Define o conj.de dados a ser lido do arq. de resultados. Usado em **/POST1**.
LSTEP = N, o núm.da carga N.
 = **FIRST**, ou **LAST** ou **NEXT**, primeiro, último ou próximo conj.de dados de substep do carregamento N. Ignora arg. **SBSTEP** definido a seguir.
SBSTEP = num.do substep. Em análise modal (antype = **MODAL**), isto é o nun. do modo.
KIMG = 0 ou **1**, para a parte real ou imaginária do resultado.
FACT,
TIME = instante (ou freq.) onde se quer os dados. Se estiver entre dois pontos, é feita uma interpolação linear. Se for análise harmônica, **TIME** corresponde ao valor da frequência.

PLCPLX, kay Escolhe p/plotar.
 key = 0 p/ amplitude (default)
 key = 1 p/ ângulo de fase
 key = 2 p/ parte real
 key = 3 p/ parte imaginária

PRCPLX, kay Escolhe p/listar.
 key = 0 p/ parte real e imaginária
 key = 1 p/ amplitude e ângulo de fase

/GROPT,lab,key Estabelece várias opções para gráficos.

EXPANSSÃO

EXPASS,key Especifica passo de expanssão em **REDU** ou **SUBSP**. Usado em **SOLU**.
 key = **OFF** (default) ou **ON**.

EXPSOL,step,substep,time, yes Especifica qual tempo ou substep se quer a solução "yes" é p/calcular resultados nos elementos , nos, reações. (Comando para **REDU** ou **SUBSP**.)

NUMEXP,Num, BEGRNG, ENGRNG,Elcalc Especifica soluções a serem expandidas da análise reduzida. Não usar se tiver sido usado opção de **CLUSTER** nos

substeps de integração. Neste caso usar EXPSOL.

Num = número de soluções a serem expandidas neste intervalo de carga.

BEGNRG,ENDRNG = início e final de faixa de tempo ou frequência.

Elcalc = Cálculo de resultados nos elementos. =YES ou NO.

Não usar NUMEXP quando se tem cluster option. Neste caso usar EXPSOL. Ou, se quiser, em um único valor.

HREXP, angle - especifica ângulo de fase em expansão em análise harmônica. Ângulo em graus. Usar ALL para obter 0 graus (real) e 90 graus (imag).

COMANDOS PARA ANÁLISE COM CONTATO

GP, no1, no2, lab, stiff, gap	condição de gap entre 2 nós.
COMBIN40	Elemento de contato, que combina mola, gap. Ver help.
SOLCONTROL,	Ver help. Entra parâmetros de controle do processo de solução
NLGEOM, on	Indica análise não linear em /SOLU.

SOLUÇÃO COM ARCLENGTH

```

/SOLUTION
NLGEOM,ON      ! grandes deslocamentos
OUTRES, ,1     ! escreve solução para todas os SUBSEPS
F,1,FY, -250   ! Carga máxima. E apenas valor de referência.
NSUBST, 30     ! Tenta 30 substeps no início do STEP
ARCLN,ON,4
NCNV,2, 0.15  ! Não fecha o programa em caso de erro. Para o processo se deslocamento >0.15.
SOLVE
FINISH

```