

## Beulanalyse bei zyklisch symmetrischen Modellen

Ausgabe: 12 / 2002

### Problem:

In der Version 7.0 ist es möglich mit ANSYS eine Eigenwert Beulanalyse zyklisch symmetrischer Bauteile durchzuführen. Es soll das grundsätzliche Vorgehen dargelegt werden und auf die Grenzen der Methode hingewiesen werden.

### Erläuterung:

Für zyklisch symmetrische Modelle bietet ANSYS die Möglichkeit nur einen Sektor des Gesamt-modells zu berechnen und an den Begrenzungsflächen zyklisch symmetrische Randbedingungen aufzubringen. Seit der Version 7.0 kann damit auch das Eigenwertbeulen berechnet werden.

Nachdem bereits vor dem Vernetzen mit dem Befehl CYCLIC ANSYS angewiesen wurde, dass es sich um eine zyklisch symmetrische Analyse handelt und ANSYS daraufhin beim Vernetzen auf gleiche Knotenmuster an den beiden begrenzenden Seitenflächen achtet, entspricht die Analyse dem Vorgehen bei einer normalen Beuluntersuchung. Beim Postprocessing werden die Ergebnisse mit /CYEXPAND auf die vollen 360° expandiert.

Bei einer einfachen Scheibe kann man sich vorstellen, dass die Ergebnisse der Berechnung einer Modalanalyse (diese ist genauso eine Eigenwertanalyse wie das lineare Beulen) auf der Aussenkontour der Scheibe betrachtet eine Schwingung um die Geometrie herum darstellen. Hier wird der Begriff der Knotendurchmesser eingeführt, der die Anzahl der Nulldurchgänge dieser Schwingung repräsentiert. Die Berechnungsmethode legt die Ergebnisse zu jeder Anzahl an Knotendurchmessern in einem Lastschritt ab. Die Anzahl der Ergebnisse im Resultfile ergibt sich damit zu: Anzahl der Knotendurchmesser x Anzahl der angeforderten Moden. Diese Ergebnisse liegen nicht in nach Grösse des Lastniveaus geordneter Form vor. Dies kann mit der Option ORDER im SET Befehl erreicht werden.

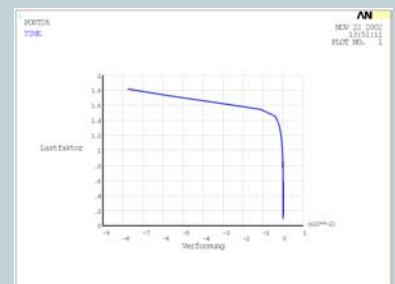
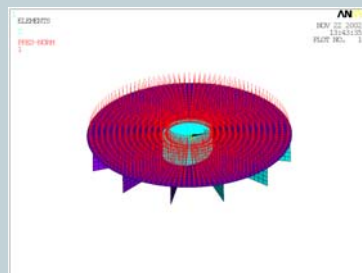
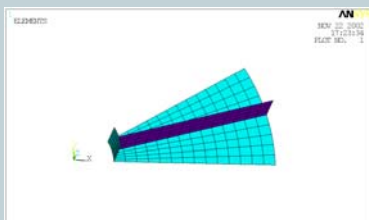
### Beispiel:

Es wird eine rippenversteifte Scheibe unter einer Einheits-Drucklast betrachtet. Es wird dazu die zyklische Symmetrie ausgenutzt und ein 30° Modell verwendet. Die Ergebnisse aus der linearen Beulanalyse kann man mit denen aus einer Berechnung am Vollmodell vergleichen.

Es ist zwar möglich bei zyklisch symmetrischen Randbedingungen eine geometrisch nichtlineare Rechnung anzustossen, die Aufbringung von Imperfektionen ist allerdings nur unter bestimmten Umständen an einem zyklisch symmetrischen Modell möglich. Will man also eine nichtlineare Beulanalyse durchführen empfiehlt es sich nachwievor auf die Modellierung des Gesamtmodells zurückzugreifen.

Ein weiterer Aspekt: Man kann man nur im Rahmen einer nichtlinearen Stabilitätsuntersuchung den Spannungszustand aus Rotation berücksichtigen, indem man die Rotation in einen vorgeschalteten Lastschritt stellt. Bei der linearen Analyse wird stattdessen ein Lastfaktor berechnet, der die gesamte Belastung (inkl. der Rotationsbelastung) skaliert.

In dem vorliegenden Beispiel erkennt man auch aus der nichtlinearen Beulanalyse, dass das Modell ein gutmütiges Verhalten aufweist. Bei Erreichen der Verzweigungslast stellt sich nicht Stabilitätsversagen ein, sondern es erfolgt eine starke Zunahme der Verformungen bei einer gewissen Reststeifigkeit.



SET	TIME/FREQ	LOAD STEP	SUBSTEP	CUMULATIVE	MOD-INDEX
19	1.6630	7	1	7	6
16	1.6628	6	1	6	5
17	1.6628	6	2	6	5
13	1.6657	5	1	5	4
14	1.6657	5	2	5	4
10	1.7202	4	1	4	3
11	1.7202	4	2	4	3
7	1.7291	3	1	3	2
8	1.7291	3	2	3	2
4	1.7410	2	1	2	1
5	1.7410	2	2	2	1
1	1.7417	1	1	1	0
20	2.2517	7	1	7	6
19	2.2515	6	1	6	5
15	2.2617	5	1	5	4
12	2.2675	4	1	4	3
9	2.3080	3	1	3	2
6	2.3035	2	1	2	1
2	2.3517	1	1	1	0
21	4.1377	7	1	7	6
3	4.2581	1	1	1	0

SET	TIME/FREQ	LOAD STEP	SUBSTEP	CUMULATIVE
1	1.6630	1	1	1
2	1.6628	1	2	1
3	1.6628	1	3	1

## Beulanalyse bei zyklisch symmetrischen Modellen

Ausgabe: 12 / 2002

### ANSYS Eingabesatz (ANSYS 7.0)

#### für die lineare Beulanalyse am Sektorenmodell:

```
fini
/clear
/prep7
et,1,181
r,1,.05

mp,ex,1,210000
mp,prxy,1,0.3
mp,dens,1,7.8e-8
```

```
csys,1
k,1,1,0,0
k,2,1,0,1
k,3,1,15,1
k,4,1,30,1
k,5,1,30,0
k,6,1,15,0
k,7,5,0,0
k,9,5,15,1
k,11,5,30,0
k,12,5,15,0
a,1,2,3,6
a,3,4,5,6
a,3,9,12,6
a,1,7,12,6
a,5,6,12,11
aglu,all
```

```
cyclic
mshkey,1
esize,.3
amesh,all
```

```
/solu
antype,static
asel,s,loc,z,0
alls,below,area
nsla,s,1
sf,all,pres,1
asel,s,loc,x,1
alls,below,area
nsla,s,1
```

```
d,all,ux,0,,,,,uy,zu
pstres,on
alls
cycopt,status
solve
fini

/solu
antype,buckle
bucopt,lanb,3
pstres,on
outres,all,all
cycopt,status

alls
solve
/post1
set,list,,,,,,order
set,first,,,,,order
/cycexpand,,on
plns,u,sum
```

Auf der nächsten Seite finden Sie den Inputfile zur nichtlinearen Stabilitätsuntersuchung am Vollmodell.

## Beulanalyse bei zyklisch symmetrischen Modellen

Ausgabe: 12 / 2002

### ANSYS Eingabesatz (ANSYS 7.0) für die nichtlineare Beulanalyse am Vollmodell:

```
Finis  
/clear  
/filna,luefter  
  
/prep7  
  
et,1,181  
r,1,.05  
  
mp,ex,1,210000  
mp,prxy,1,0.3  
mp,dens,1,7.8e-8  
  
csys,1  
  
k,1,1,0,0  
k,2,1,0,1  
k,3,1,15,1  
k,4,1,30,1  
k,5,1,30,0  
k,6,1,15,0  
  
k,7,5,0,0  
k,9,5,15,1  
k,11,5,30,0  
k,12,5,15,0  
  
a,1,2,3,6  
a,3,4,5,6  
a,3,9,12,6  
a,1,7,12,6  
a,5,6,12,11  
aglu,all  
  
mshkey,1  
esize,.3  
amesh,all  
agen,12,all,,,,,30  
nummrg,node  
nummrg,kp  
  
/solu  
antype,static  
asel,s,loc,z,0  
alls,below,area  
nsla,s,1  
sf,all,pres,1
```

```
asel,s,loc,x,1  
alls,below,area  
nsla,s,1  
d,all,ux,0,,,,,uy,zu  
pstres,on  
alls  
solve  
fini  
  
/solu  
antype,buckle  
bucopt,lanb,10  
pstres,on  
outres,all,all  
alls  
solve  
  
/post1  
set,first  
*get,LOADF,active,,set,freq  
fini  
/prep7  
alls  
upgeom,0.02,1,1,luefter,rst  
finish  
  
/solu  
antype,static  
pstres,on  
nlgeom,on  
lnsrch,on  
outres,all,all  
nsubst,20,1e5,20  
time,LOADF*1.1  
sf scale,all,LOADF*1.1  
solve  
alls  
save  
finish  
  
/post26  
nsol,2,1648,u,y, uy_2  
xvar,1  
plvar,2
```