

Übersicht zu Elementformulierungen der neuen 18x Elemente

Ausgabe: 2 / 2003

Problem:

Bei den neuen Elementen der 18x Serie können verschiedene Elementformulierungen, wie b-Bar, URI und enhanced strain für die linearen Elemente angewählt werden. Die Ergebnisse können, je nach Randbedingung, sehr unterschiedlich sein.

Erläuterung:

ANSYS verwendet sog. isoparametrische Elemente. Die Ansätze für die Verschiebungen werden auch verwendet um die Elementkanten zu beschreiben. So eine lineare Verbindung zweier Knoten kann keine Biegelinie darstellen. Auf Biegung reagieren die linearen Elemente also zu steif. Man spricht von Schubblockieren (shear locking). Bei der Verwendung von nahezu inkompressiblen Materialien tritt auch noch ein anderer Effekt auf: Das Volumenblockieren (volumetric locking).

Um diese Blockiereffekte zu unterdrücken werden in ANSYS zwei Ansätze verfolgt.

Das Unterintegrieren und das Einführen von incompatible modes.

Reduced Integration:

Vor der Integration der Steifigkeitsmatrizen können die Integranden aufgeteilt werden in Anteile, die der Volumenänderung entsprechen und in Anteile, die der Verzerrung des Elements entsprechen. Durch gezieltes Unterintegrieren (Gaussintegration mit weniger Stützstellen als erforderlich) wird entweder dem volumenändernden Anteil (b-Bar Methode) oder beiden Anteilen (Uniform Reduced Integration, URI) Steifigkeit genommen. Die b-Bar Methode eignet sich also für Material mit nahezu inkompressiblem Verhalten. Die URI Formulierung eignet sich sowohl für Material mit nahezu inkompressiblem Verhalten als auch für biegedominante Probleme. Allerdings können die URI Elemente bei ungünstiger Lasteinleitung stark verzerrte Elemente aufweisen (Hourglass Modes). Durch Berechnung einer Hourglass Vergleichsenergie kann beurteilt werden, ob das Ergebnis akzeptabel ist. Der Quotient aus der Verformungsenergie des Systems und der Hourglassenergie sollte geringer als 5% sein. (siehe hierzu auch das Inputfile)

Ausserdem können URI Elemente zu weich reagieren. Dies kann mit einer feineren Diskretisierung umgangen werden.

Enhanced Strain:

Durch Einführen weiterer Freiheitsgrade („Knoten“, die nur in der Elementformulierung auftauchen) werden Biegeverformungen der Elementkanten ermöglicht. Da die Elementkanten nicht über Knoten gekoppelt sind, sich aber verbiegen können, könnte es theoretisch zu Überlappungen oder Spalten zwischen den Elementen kommen (incompatible Modes).

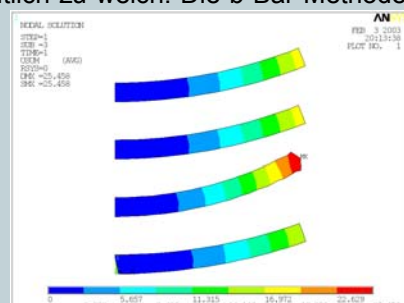
Mit dieser Formulierung können neben den biegedominanten Problemen auch Probleme mit nahezu inkompressiblen Materialien behandelt werden. Diese Formulierung ist aber sensibel gegen schlechte Elemente und kann nur in Quad oder Hex Netzen verwendet werden.

Bei quadratischen Elementen treten diese Probleme nicht auf. Quadratische Elemente benötigen allerdings deutlich mehr Rechenzeit und neigen bei grossen Elementverzerrungen schneller zum „Turning inside out“.

Beispiel:

Im Beispiel wird ein eingespannter Biegebalken durch ein Moment belastet. Das Moment wird durch ein Kräftepaar aufgebracht. Die enhanced strain Formulierung bildet das Verschiebungs-Ergebnis aus der Berechnung mit quadratischen Elementen sehr gut. Die URI Formulierung zeigt auf Grund der ungünstigen Lasteinleitung Hourglass Modes und ist deutlich zu weich. Die b-Bar Methode ist für diese Biegeproblem zu steif.

Formulierung	Max Verschiebung
quadratisch	18.85
Lin. / Enhanced strain	18.81
Lin. / URI	25.48
Lin. / B-Bar	16.99



Übersicht zu Elementformulierungen der neuen 18x Elemente

Ausgabe: 2 / 2003

ANSYS Eingabesatz (ANSYS 7.0):

```
fini
/clear

/prep7
mp,ex,1,3000
mp,prxy,1,.3

et,1,182 !Bbar Selective
et,2,182,1!URI
et,3,182,2!enhanced strain
et,4,183 !quadratisch

rectng,0,100,0,10
esize,5
agen,4,all,,0,30,0

type,1
amesh,1
type,2
amesh,2
type,3
amesh,3
type,4
amesh,4
```

```
nselect,s,loc,x,0
d,all,all,0
nselect,s,loc,y,10
nselect,a,loc,y,40
nselect,a,loc,y,70
nselect,a,loc,y,100
nselect,r,loc,x,100
f,all,fx,-100
```

```
nselect,s,loc,y,0
nselect,a,loc,y,30
nselect,a,loc,y,60
nselect,a,loc,y,90
nselect,r,loc,x,100
f,all,fx,100
```

```
/solu
alls
nlgeom,on
nsubst,3,3,3
solve
```

```
/post1
plns,u,sum
```

```
/wait,2
```

```
! Hourglass Vergleichsenergie
etable,stiffene,sene
etable,artene,aene
sexp,enecomp,stiffene,artene,-1,1
pletab,enecomp
```