SSLV139 - Flambement d'une plaque circulaire soumise à une force de compression uniformément répartie sur son contour

Résumé :

Ce test représente un calcul de stabilité d'une plaque circulaire soumise à une force de compression uniformément répartie sur son contour. Nous déterminons la charge critique conduisant au flambement élastique d'Euler ainsi que la déformée modale associée.

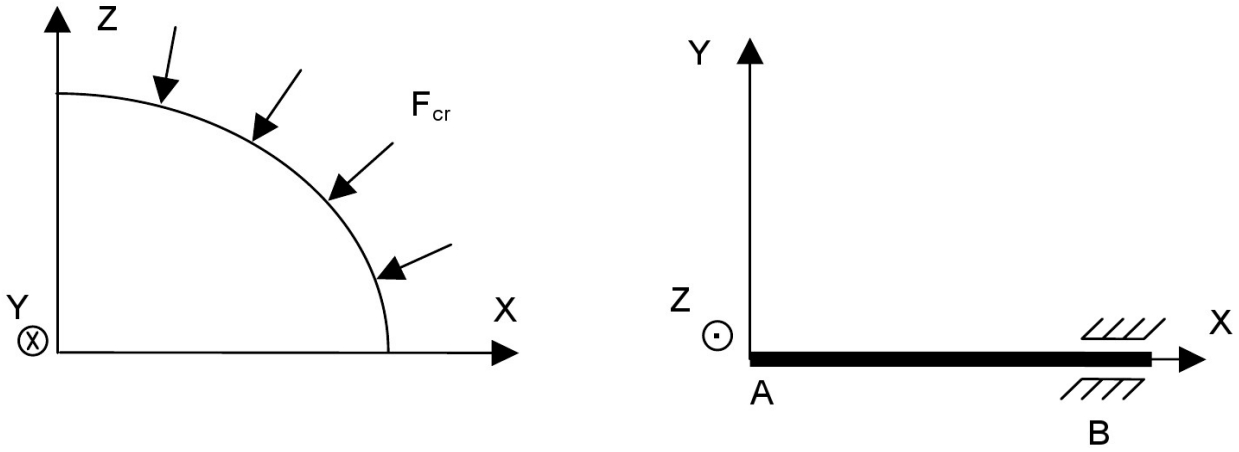
Ce test valide la modélisation AXIS_FOURIER pour le flambement linéaire avec des mailles QUAD8 et TRIA6 (mode circonférentiel égal à zéro), et la modélisation AXIS avec des mailles QUAD8.

La charge critique obtenue est comparée à une solution de référence analytique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



- Epaisseur de la plaque : $h=0.0005\,m$
- Rayon de la plaque : $R=0.115\,m$

1.2 Propriétés du matériau

Les propriétés du matériau constituant la plaque sont :

$E=2.1\,10^{11}\,Pa$	Module de Young
$\nu=0.3$	Coefficient de Poisson

1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites :

- sur le contour de la plaque (point B) : déplacement suivant $Y=0$ et rotation autour de $Z=0$

Chargement : on applique une force de compression uniformément répartie F sur le contour externe de la plaque.

1.4 Conditions initiales

Sans objet.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

La valeur de la charge critique est donnée en [bib1] par l'expression suivante :

$$F_{cr} = \frac{14.68\, D}{R^2}$$

avec : D la rigidité à la flexion de la plaque (en $N.m$) définie par l'expression suivante :

$$D = \frac{E\, h^3}{12\,(1-\nu^2)}$$

Cette charge critique est associée à un mode circonférentiel égal à 0.

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Pour les caractéristiques données, la charge critique vaut :

$F_{cr} = 2668.315\, N/m$

2.3 Incertitudes sur la solution

Solution analytique

2.4 Références bibliographiques

1) S.P. TIMOSHENKO, J.M. GERE : Théorie de la stabilité élastique, deuxième édition, DUNOD (1966)

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation AXIS_FOURIER (QUAD8) : 3 degrés de liberté par nœud (DX, DY, DZ)

Conditions limites :
- groupe de mailles AD : $DX=0, DZ=0$
- groupe de mailles BC : $DY=0, DZ=0$

Caractéristiques de la discrétisation
- Côtés AB et CD : 460 éléments
- Côtés AD et BC : 4 éléments

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 6449
Nombre de mailles : 1840 (QUAD8)

3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence
Pression critique ($n=0$)	$8.4935\,10^5\,Pa$
Déplacement DY au nœud D	1

3.4 Remarques

- La pression critique P_{cr} de référence, utilisée dans le fichier de commande, a été obtenue à partir de la charge critique référencée au paragraphe [§2.2] :

$$P_{cr}=\frac{F_{cr}}{2\pi h}=849350.94\,N/m^2$$

- La normalisation du mode propre pour la plus grande des composantes de translation implique une valeur de référence égale à 1 pour le déplacement DY au nœud D.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation AXIS (QUAD8) : 2 degrés de liberté par nœud (DX, DY)

Conditions limites :
- groupe de mailles AD : $DX=0$
- groupe de mailles BC : $DY=0$

Caractéristiques de la discrétisation
- Côtés AB et CD : 460 éléments
- Côtés AD et BC : 4 éléments

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 6449
Nombre de mailles : 1840 (QUAD8)

4.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence
Pression critique ($n=0$)	$8.4935\,10^5\,Pa$
Déplacement DY au nœud D	1

4.4 Remarques

- La pression critique P_{cr} de référence, utilisée dans le fichier de commande, a été obtenue à partir de la charge critique référencée au paragraphe [§2.2] :

$$P_{cr}=\frac{F_{cr}}{2\pi h}=849350.94\,N/m^2$$

- La normalisation du mode propre pour la plus grande des composantes de translation implique une valeur de référence égale à 1 pour le déplacement DY au nœud D.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation AXIS_FOURIER (TRIA6) : 3 degrés de liberté par nœud (DX, DY, DZ)

Conditions limites :

- groupe de mailles AD : $DX=0$, $DZ=0.$
- groupe de mailles BC : $DY=0$, $DZ=0.$

Caractéristique de la discrétisation

- Côtés AB et CD : 690 éléments
- Côtés AD et BC : 6 éléments

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 17 964
Nombre de mailles : 8 280 (TRIA6)

5.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence
Pression critique ($n=0$)	$8.4935\,10^5 Pa$
Déplacement DY au nœud D	1

5.4 Remarques

- La pression critique P_{cr} de référence, utilisée dans le fichier de commande, a été obtenue à partir de la charge critique référencée au paragraphe [§2.2] :

$$P_{cr}=\frac{F_{cr}}{2\pi h}=849350.94\,N/m^2$$

- La normalisation du mode propre pour la plus grande des composantes de translation implique une valeur de référence égale à 1 pour le déplacement DY au nœud D.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont très satisfaisants pour les mailles QUAD8 indépendamment de la modélisation utilisée (AXIS ou AXIS_FOURIER) : les incertitudes sur la pression critique ne dépassent pas 0.104 %.

Toutefois, on notera que la modélisation AXIS_FOURIER est nettement moins précise avec des mailles TRIA6 qu'avec des mailles QUAD8.

Ce test à permis de tester et comparer les modélisations AXIS et AXIS_FOURIER en flambement linéaire d'Euler d'une structure mince circulaire soumise à une force externe de compression uniformément répartie sur son contour.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)