SSLV304 – Cylindre sous pression extérieure variable

Résumé :

L'objectif de ce cas-test est de valider l'application d'une pression sur une structure axi-symétrique, à partir d'une décomposition en série de Fourier de la charge (modélisation AXIS_FOURIER).

La pression appliquée est fonction des trois coordonnées de l'espace (r, θ, z).

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

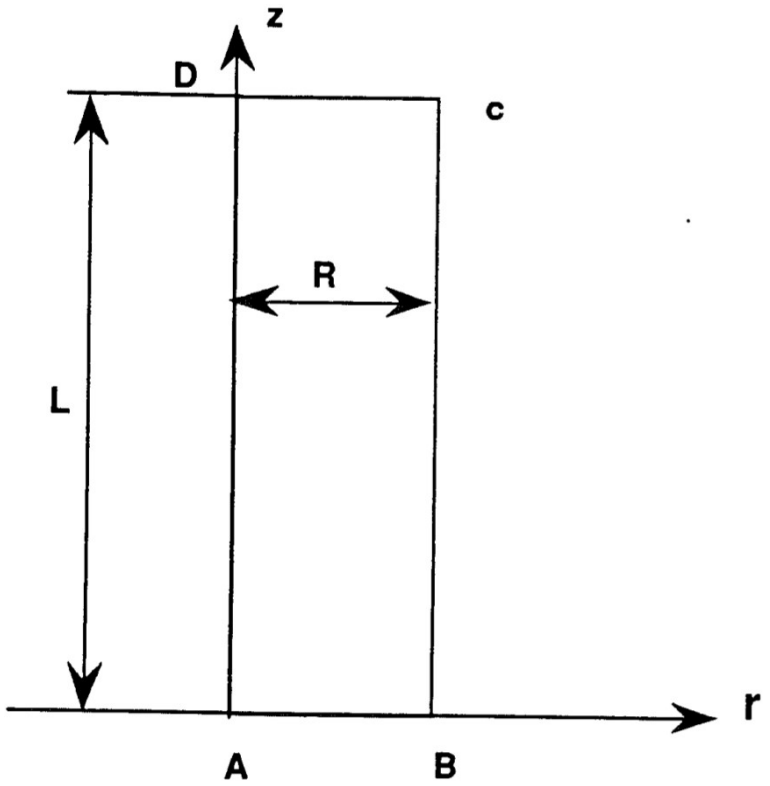

Figure 1.1 Géométrie du problème et système de chargement

Longueur : $L=0.24\,m$
Rayon : $R=0.006\,m$

1.2 Propriétés du matériau

Module d'Young	$E=2.1\times10^{11}\,Pa$
Coefficient de Poisson	$\nu=0.3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Déplacement imposé :

Encastrement sur le côté AB	$DX=0$, $DY=0$, $DZ=0$

Chargement imposé : $p_0=10\,000\,Pa$

Pression extérieure sur le côté BC	Composante radiale : $-p_0\frac{R}{L}\sin(\theta)$ (normale à la circonférence)

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

	Composante axiale : $p_0 \frac{z}{L} \sin(\theta)$ (suivant z)
Pression extérieure sur le côté DC	Composante radiale : $p_0 \sin(\theta)$ (suivant r) Composante circonférentielle : $p_0 \cos(\theta)$ (suivant θ) Composante axiale : $\frac{1-\nu}{\nu} \frac{p_0 r}{L} \sin(\theta)$ (normale à la section)

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La déformation due à la pression seule est donnée par :

$$u_r=\frac{p_0}{\nu E\, L}\times\frac{1}{1-2\,\nu}\times\frac{z^2}{2}\sin(\theta)\ ;\ u_z=\frac{-p_0}{\nu E\, L}rz\sin(\theta)\ ;\ u_\theta=\frac{p_0}{\nu E\, L}\times\frac{1}{1-2\,\nu}\times\frac{z^2}{2}\cos(\theta)\ .$$

Le champ de contraintes vaut :

$$\sigma_{rr}=-\frac{p_0 r\sin(\theta)}{L}\ ;\ \sigma_{zz}=-\frac{1-\nu}{\nu L}p_0 r\sin(\theta)\ ;\ \sigma_{\theta\theta}=-\frac{p_0 r\sin(\theta)}{L}\ ;$$

$$\sigma_{rz}=\frac{p_0 z\sin(\theta)}{L}\ ;\ \sigma_{r\theta}=0\ ;\ \sigma_{\theta z}=\frac{p_0 z\cos(\theta)}{L}\ .$$

2.2 Résultats de référence

Déplacements radiaux (DX), verticaux (DY) et ortho-radiaux (DZ) aux points C et D pour un angle $\theta=45°$.
Contraintes aux points A et B.

2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation A

Modélisation AXIS_FOURIER.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 455
Nombre de mailles et types : 400 TRIA3, 160 QUAD4

3.3 Grandeurs testées et résultats

Pour $\theta=45$,

Grandeur	Composante	Localisation	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
DEPL	DX	Point D (*N461*)	'ANALYTIQUE'	1.75099×10^{-8} m	3.7 %
DEPL	DY	Point D (*N461*)	'ANALYTIQUE'	0.0	9.E-3 Pa
DEPL	DZ	Point D (*N461*)	'ANALYTIQUE'	1.75099×10^{-8}	3.7 %
DEPL	DX	Point C (*N460*)	'ANALYTIQUE'	1.75099×10^{-8}	3.7 %
DEPL	DY	Point C (*N460*)	'ANALYTIQUE'	-3.5019×10^{-10}	8.8 %
DEPL	DZ	Point C (*N460*)	'ANALYTIQUE'	1.75099×10^{-8}	3.7 %
SIGM_ELNO	SIXX	Point B (*N5*)	'ANALYTIQUE'	-176.77	1.8 %
SIGM_ELNO	SIYY	Point B (*N5*)	'ANALYTIQUE'	-412.48	3.8 %
SIGM_ELNO	SIZZ	Point B (*N5*)	'ANALYTIQUE'	-176.77	3.2 %
SIGM_ELNO	SIXY	Point B (*N5*)	'ANALYTIQUE'	0.0	5.0 Pa
SIGM_ELNO	SIXX	Point A (*N1*)	'ANALYTIQUE'	0.0	45.0 Pa
SIGM_ELNO	SIYY	Point A (*N1*)	'ANALYTIQUE'	0.0	105.0 Pa
SIGM_ELNO	SIZZ	Point A (*N1*)	'ANALYTIQUE'	0.0	45.0 Pa
SIGM_ELNO	SIXY	Point A (*N1*)	'ANALYTIQUE'	0.0	30.0 Pa

3.4 Remarques

Le test fait apparaître la nécessité, dans des modélisations avec éléments linéaires, d'utiliser des maillages très fins pour parvenir à des résultats satisfaisants.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Synthèse des résultats

Les résultats sont en bon accord avec la solution analytique.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)