

HSLA303 - Cylindre sous pression et dilatation thermique

Résumé :

Le calcul est réalisé en axisymétrique. Le but du test est de valider les pre-déformations (mot-clé `PRE_EPSI`).

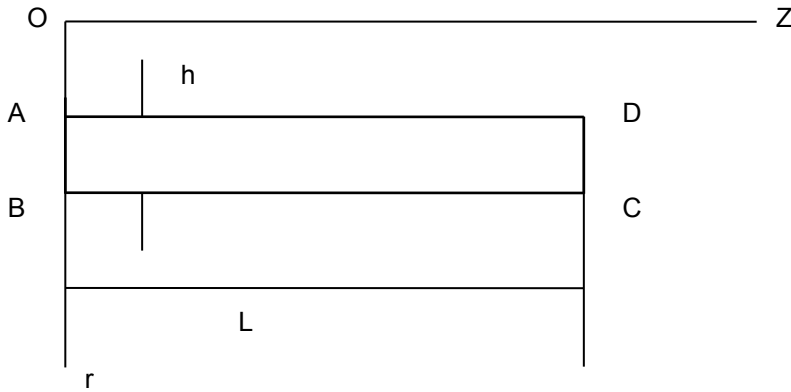
Le cylindre est soumis à une dilatation thermique homogène (ΔT constant).

La procédure suivie est la suivante :

- soit ε_1 le champ de déformations issues d'un 1^{er} calcul, le cylindre étant soumis à une dilatation thermique homogène ΔT (U_1 le champ de déplacements résultants),
- dans un deuxième calcul, le cylindre est soumis à une pression interne, avec comme pré-déformations le champ de déformations ε_1 (soit U_2 le champ de déplacements résultant),
- on compare alors les résultats avec le champ U , obtenu avec cylindre sous pression, mais sans pré-déformations. On doit avoir la relation : $U_2 = U + U_1$.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Longueur : $L = 1 \text{ m}$
Epaisseur : $h = 0.0025 \text{ m}$
Rayon extérieur : $R_e = 0.05 \text{ m}$

1.2 Propriétés de matériaux

$$E = 2.1 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

$$\nu = 0.3$$

$$\alpha = 0.12 \times 10^{-4} / ^\circ \text{C}$$

1.3 Conditions aux limites et chargements

- Section AB en appui (direction z),
- Dilatation thermique dans l'épaisseur (calcul 1) : $\Delta T = 100 ^\circ \text{C}$
- Pression interne (calcul 2) : $p = 2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
- Prise en compte de l'effet de fond.

1.4 Conditions initiales

Sans objet pour l'analyse statique.

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 :

$$\varepsilon_{zz} = \frac{(1-2\nu)(2R_e - h)}{4Eh} p = 3.714 \times 10^{-3}, \quad R_e = \text{rayon extérieur}$$

- Le déplacement axial dû à la pression est donné par :

$$U_z = Z \varepsilon_{zz}$$

- Les déformations dues au chargement thermique valent :

$$\varepsilon_{rr} = \varepsilon_{\theta\theta} = \varepsilon_{zz} = \alpha \Delta T = 1.2 \times 10^{-3}$$

- Le déplacement radial dû au chargement thermique vaut :

$$U_r = r \varepsilon_{rr} = 1.2 \times 10^{-3} r$$

2.2 Résultats de référence

- Déformation et déplacement radial et axial aux points A, B, C, D dus au chargement thermique.
- Déformation et déplacement axial aux points A, B, C, D dus à la pression.

2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

AXIS, maille $Q8$

Découpage : 10 éléments suivant la longueur
1 élément dans l'épaisseur

Conditions limites :

en A , B $DDL_IMPO = (GROUP_NO = 'A' , DY = 0.)$
 $DDL_IMPO = (GROUP_NO = 'B' , DY = 0.)$

Pression + effet de fond : champ U

$PRES_REP :$ $(GROUP_MA = cont_pr , PRES = 2.E8)$
 $FORCE_CONTOUR :$ $(GROUP_MA = effond , FY = 1.95E9)$

Dilatation thermique : champ U_1

$char_no :$
 $CREA_CHAMP$ $(AFFE = (TOUT = 'OUI' , NOM_CMP = 'TEMP' , VALE = 100.))$

$char_th :$
 $AFFE_MATERIAU$ $(AFFE_VARC = F (TOUT = 'OUI' , CHAM_GD = CHAR_NO , VALE_REF$
 $= 0. , NOM_VARC = 'TEMP' ,)$

Pré-déformations : champ U_2

$PRE_EPSI :$ $(TOUT = 'OUI' , EPXX = 1.2E-3 , EPYY = 1.2E-3 ,$
 $EPZZ = 1.2E-3 , EPXY = 0.)$

Noms des nœuds :

$A=N1$ $B=N2$ $C=N3$ $D=N4$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 53

Nombre de mailles et types : 10 QUAD8, 22 SEG3

3.3 Grandeurs testées et résultats

Résultats concernant les champs U_1 , U_2 , U

Champ	Localisation	Variables	Référence	Aster	% Référence
Champ thermique U_1	A	$Ur(DX)$	5.7×10^{-5}	5.7×10^{-5}	-6.42×10^{-11}
	B	$Ur(DX)$	6×10^{-5}	6×10^{-5}	-7.14×10^{-11}
	C	$Ur(DX)$	6×10^{-5}	6×10^{-5}	8.29×10^{-12}
		DY	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	3.9×10^{-10}
	D	$Ur(DX)$	5.7×10^{-5}	5.7×10^{-5}	1.19×10^{-11}
		$U(DY)$	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	3.9×10^{-10}
	A , maille MI	ε_{rr}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	-1.91×10^{-10}
		$\varepsilon_{\theta\theta}$	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	5.54×10^{-10}
		ε_{zz}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	-1.12×10^{-10}
	B , maille MI	ε_{rr}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	-1.89×10^{-10}
		$\varepsilon_{\theta\theta}$	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	5.57×10^{-10}
		ε_{zz}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	-1.16×10^{-10}
	C , maille $M10$	ε_{rr}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	-3.74×10^{-11}
		$\varepsilon_{\theta\theta}$	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	1.08×10^{-10}
		ε_{zz}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	-4.74×10^{-12}
	D , maille $M10$	ε_{rr}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	-3.98×10^{-11}
		$\varepsilon_{\theta\theta}$	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	1.12×10^{-10}
		ε_{zz}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	-2.93×10^{-12}
Champ de pression U	C	$U_{\theta}(DY)$	3.714×10^{-3}	3.997×10^{-3}	7.614
	D	$U_{\theta}(DY)$	3.714×10^{-3}	3.997×10^{-3}	7.614
	C , maille $M10$	$\varepsilon_{\theta\theta}$	3.714×10^{-3}	3.996×10^{-3}	7.602
	D , maille $M10$	$\varepsilon_{\theta\theta}$	3.714×10^{-3}	3.996×10^{-3}	7.602
Champ U_2	C	$U_{\theta\theta}$	4.914×10^{-3}	5.197×10^{-3}	5.754
	D	$U_{\theta\theta}$	4.914×10^{-3}	5.197×10^{-3}	5.754
	C , maille	$\varepsilon_{\theta\theta}$	4.914×10^{-3}	5.196×10^{-3}	5.746
	D , maille	$\varepsilon_{\theta\theta}$	4.914×10^{-3}	5.196×10^{-3}	5.746

3.4 Remarques

- Le but du test n'est pas d'obtenir une grande précision au niveau des résultats, mais simplement de vérifier la relation : $U_2 = U + U_1$; de ce fait, le calcul n'a été réalisé qu'avec un maillage grossier.
- On constate que la relation recherchée est bien vérifiée à l'extrémité libre du cylindre.
- On vérifie par ailleurs que le champ de déformation issu de la dilatation thermique est uniformément égal à 1.2×10^{-3} .

4 Synthèse des résultats

L'option PRE_EPSI (pré-déformations en constant) fournit des résultats tout à fait satisfaisants.