

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).

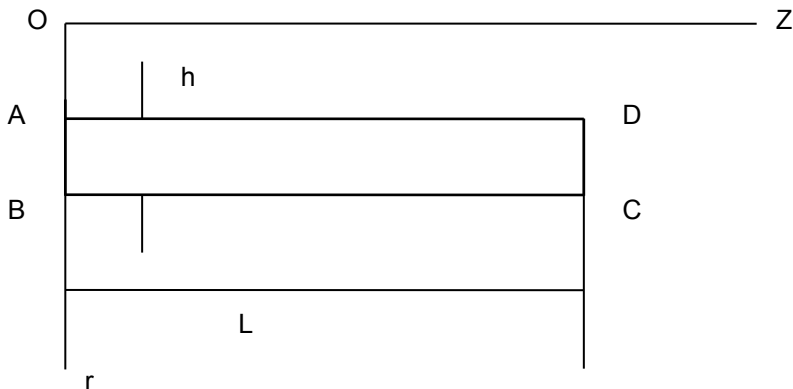
Le cylindre est soumis à une dilatation thermique homogène (ΔT constant).

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 : $Re = 0.05 \text{ m}$

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) : $\Delta T = 100 \text{ }^\circ \text{C}$
- 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	$U_r(DX)$	5.7×10^{-5}	5.7×10^{-5}	-6.42×10^{-11}
	B	$U_r(DX)$	6×10^{-5}	6×10^{-5}	-7.14×10^{-11}
	C	$U_r(DX)$	6×10^{-5}	6×10^{-5}	8.29×10^{-12}
		DY	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	3.9×10^{-10}
	D	$U_r(DX)$	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}
		$\epsilon_{\theta\theta}$	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}
		$\epsilon_{\theta\theta}$	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 $MI0$	ϵ_{rr}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	-3.74×10^{-11}
		$\epsilon_{\theta\theta}$	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 $MI0$	ϵ_{rr}	1.2×10^{-3}	1.2×10^{-3}	-3.98×10^{-11}
		$\epsilon_{\theta\theta}$	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}
$U_\theta(DY)$		3.714×10^{-3}	3.997×10^{-3}	7.614	
Champ de pression U	D	$U_\theta(DY)$	3.714×10^{-3}	3.997×10^{-3}	7.614
	C , maille $MI0$	$\epsilon_{\theta\theta}$	3.714×10^{-3}	3.996×10^{-3}	7.602
		D , maille $MI0$	$\epsilon_{\theta\theta}$	3.714×10^{-3}	3.996×10^{-3}
	Champ U_2		C	$U_{\theta\theta}$	4.914×10^{-3}
D		$U_{\theta\theta}$	4.914×10^{-3}	5.197×10^{-3}	5.754
C , maille		$\epsilon_{\theta\theta}$	4.914×10^{-3}	5.196×10^{-3}	5.746
D , maille		$\epsilon_{\theta\theta}$	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.