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).

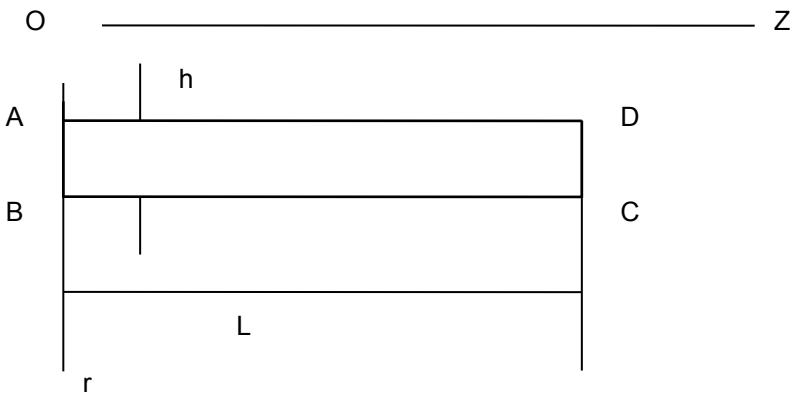
La procédure suivie est la suivante :

- soit ε_1 le champ de déformations issues d'un 1er 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 : $U_2 = U + U_1$.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Longueur : $L=1\,m$
Épaisseur : $h=0.0025\,m$
Rayon extérieur : $\mathrm{Re}=0.05\,m$

1.2 Propriétés de matériaux

$E=2.1\times10^{11}\,Pa$

$\nu=0.3$

$\alpha=0.12\,x\,10^{-4}/°C$

1.3 Conditions aux limites et chargements

- Section AB en appui (direction z),
- Dilatation thermique dans l'épaisseur (calcul 1) : $\Delta T=100\,°C$
- Pression interne (calcul 2) : $p=2\times10^{8}\,N/m^{2}$
- Prise en compte de l'effet de fond.

1.4 Conditions initiales

Sans objet pour l'analyse statique.

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 :

$$\varepsilon_{zz}=\frac{(1-2\nu)(2R_e-h)}{4Eh}p=3.714\times10^{-3},\ R_e=\text{ rayon extérieur}$$

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

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

- Les déformations dues au chargement thermique valent :

$$\varepsilon_{rr}=\varepsilon_{\theta\theta}=\varepsilon_{zz}=\alpha\Delta T=1.2\times10^{-3}$$

- Le déplacement radial dû au chargement thermique vaut :

$$U_r=r\varepsilon_{rr}=1.2\times10^{-3}r$$

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.

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

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

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

Champ	Localisation	Variables	Référence
Champ thermique U_1	A	$Ur(DX)$	5.7 x 10^{-5}
	B	$Ur(DX)$	6 x 10^{-5}
	C	$Ur(DX)$	6 x 10^{-5}
		DY	1.2 x 10^{-3}
	D	$Ur(DX)$	5.7 x 10^{-5}
		$U(DY)$	1.2 x 10^{-3}
	A , maille $M1$	ε_{rr}	1.2 x 10^{-3}
		$\varepsilon_{\theta\theta}$	1.2 x 10^{-3}
		ε_{zz}	1.2 x 10^{-3}
	B , maille $M1$	ε_{rr}	1.2 x 10^{-3}
		$\varepsilon_{\theta\theta}$	1.2 x 10^{-3}
		ε_{zz}	1.2 x 10^{-3}
	C , maille $M10$	ε_{rr}	1.2 x 10^{-3}
		$\varepsilon_{\theta\theta}$	1.2 x 10^{-3}
		ε_{zz}	1.2 x 10^{-3}
	D , maille $M10$	ε_{rr}	1.2 x 10^{-3}
		$\varepsilon_{\theta\theta}$	1.2 x 10^{-3}
		ε_{zz}	1.2 x 10^{-3}
Champ de pression U	C	$U_\theta(DY)$	3.714 x 10^{-3}
	D	$U_\theta(DY)$	3.714 x 10^{-3}
	C , maille $M10$	$\varepsilon_{\theta\theta}$	3.714 x 10^{-3}
	D , maille $M10$	$\varepsilon_{\theta\theta}$	3.714 x 10^{-3}
Champ U_2	C	$U_{\theta\theta}$	4.914 x 10^{-3}
	D	$U_{\theta\theta}$	4.914 x 10^{-3}
	C , maille	$\varepsilon_{\theta\theta}$	4.914 x 10^{-3}
	D , maille	$\varepsilon_{\theta\theta}$	4.914 x 10^{-3}

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} .

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

4 Synthèse des résultats

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

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