

HSLA303 - Cylindre sous pression et dilatation thermique

Résumé :

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

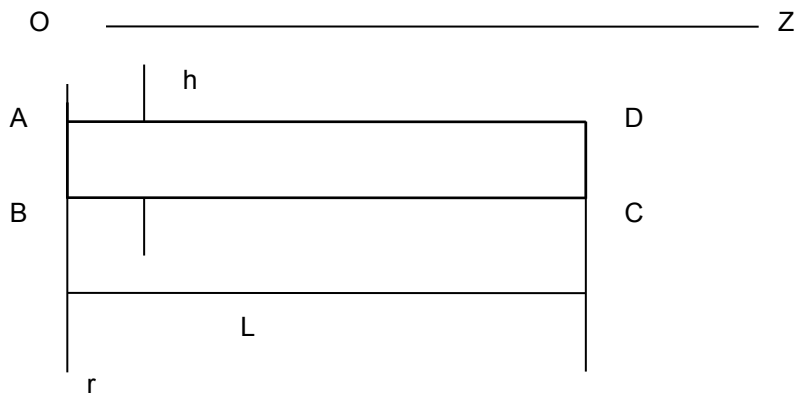
Le cylindre est soumis à une dilatation thermique homogène (ΔT constant).

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 : $L = 1 \text{ m}$
Épaisseur : $h = 0.0025 \text{ m}$
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 |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|
| Champ thermique U_1 | A | $U_r(DX)$ | 5.7×10^{-5} |
| | B | $U_r(DX)$ | 6×10^{-5} |
| | C | $U_r(DX)$ | 6×10^{-5} |
| | | DY | 1.2×10^{-3} |
| | D | $U_r(DX)$ | 5.7×10^{-5} |
| | | $U(DY)$ | 1.2×10^{-3} |
| | A , maille MI | ϵ_{rr} | 1.2×10^{-3} |
| | | $\epsilon_{\theta\theta}$ | 1.2×10^{-3} |
| | | ϵ_{zz} | 1.2×10^{-3} |
| | B , maille MI | ϵ_{rr} | 1.2×10^{-3} |
| | | $\epsilon_{\theta\theta}$ | 1.2×10^{-3} |
| | | ϵ_{zz} | 1.2×10^{-3} |
| | C , maille $M10$ | ϵ_{rr} | 1.2×10^{-3} |
| | | $\epsilon_{\theta\theta}$ | 1.2×10^{-3} |
| | | ϵ_{zz} | 1.2×10^{-3} |
| | Champ de pression U | D , maille $M10$ | ϵ_{rr} |
| | | $\epsilon_{\theta\theta}$ | 1.2×10^{-3} |
| | | ϵ_{zz} | 1.2×10^{-3} |
| C | | $U_{\theta}(DY)$ | 3.714×10^{-3} |
| D | | $U_{\theta}(DY)$ | 3.714×10^{-3} |
| C , maille $M10$ | | $\epsilon_{\theta\theta}$ | 3.714×10^{-3} |
| D , maille $M10$ | | $\epsilon_{\theta\theta}$ | 3.714×10^{-3} |
| Champ U_2 | | C | $U_{\theta\theta}$ |
| | D | $U_{\theta\theta}$ | 4.914×10^{-3} |
| | C , maille | $\epsilon_{\theta\theta}$ | 4.914×10^{-3} |
| | D , maille | $\epsilon_{\theta\theta}$ | 4.914×10^{-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} .

4 Synthèse des résultats

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