SSLV307 - Cylindre oblique sous charge axiale uniforme

Résumé :

Le test a pour but de valider les divers types de relations linéaires, définis par les mots-clés LIAISON_DDL , LIAISON_OBLIQUE , LIAISON_GROUP .

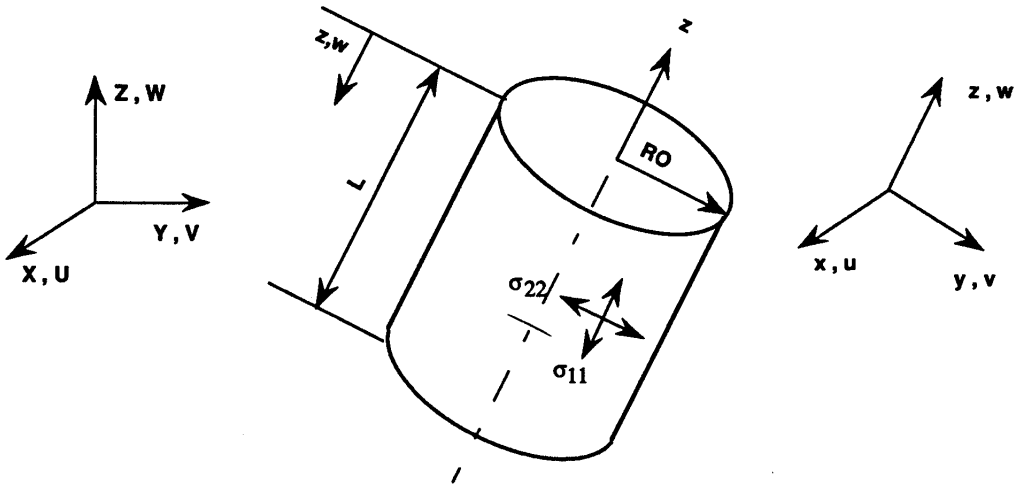
Il permet aussi de tester l'option « symétries cycliques » à partir de la modélisation d'un secteur du cylindre.

L'analyse est réalisée en 3D.

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



Rayon moyen : $R_o = 1\,m$
Épaisseur : $h = 0.02\,m$
Hauteur : $L = 4\,m$

Cosinus directeurs de l'axe du cylindre : $(0.0\,,0{,}5\,,\frac{\sqrt{3}}{2})$

Axe local x parallèle à l'axe global X.

1.2 Propriétés de matériaux

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

$\nu = 0.3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

- Déplacement axial nul à l'extrémité basse $(w = 0)$
  Pour les autres conditions aux limites (relations linéaires), voir paragraphe [§3].
- Charge axial uniforme par unité de longueur $q = 10000\,N/m$, appliquée à l'extrémité haute.

1.4 Conditions initiales

Sans objet pour l'analyse statique.

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

- Déplacement radial en repère local (x, y, z) :

$$u_r = \frac{qvRo}{Eh} = -\left[U^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}V - 0.5\,W\right)^2\right]^{1/2}$$

où U, V, W = composantes du déplacement dans le repère global (X, Y, Z).

- Si $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}\ \sigma_{zz} = \sigma_{11}$ sont les contraintes dans le repère local, les contraintes exprimées dans le repère global valent :

$$\sigma_{xx} = \sigma_{xx}$$
$$= 3/4\sigma_{yy} + 1/4\sigma_{11} \qquad \sigma_{11} = q/h$$
$$\sigma_{zz} = 1/4\sigma_{yy} + 3/4\sigma_{11}$$
$$\sigma_{yz} = -\frac{\sqrt{3}}{4}\sigma_{yy} + \frac{\sqrt{3}}{4}\sigma_{11}$$

Dans le plan local (x, z), $\sigma_{yy} = 0$ (contrainte circonférentielle),

d'où $\sigma_{yy} 1/4\ \sigma_{11}, \sigma_{zz} = 3/4\ \sigma_{11}$

2.2 Résultats de référence

- Déplacement radial : $u_r = -7.14\times10^{-7}\,m$
- Dans le plan local (x, z), $\sigma_{yy} = 1.25\times10^{5}\,Pa$, $\sigma_{zz} = 3.75\times10^{5}\,Pa$

2.3 Incertitude sur la solution

- Solution analytique

2.4 Références bibliographiques

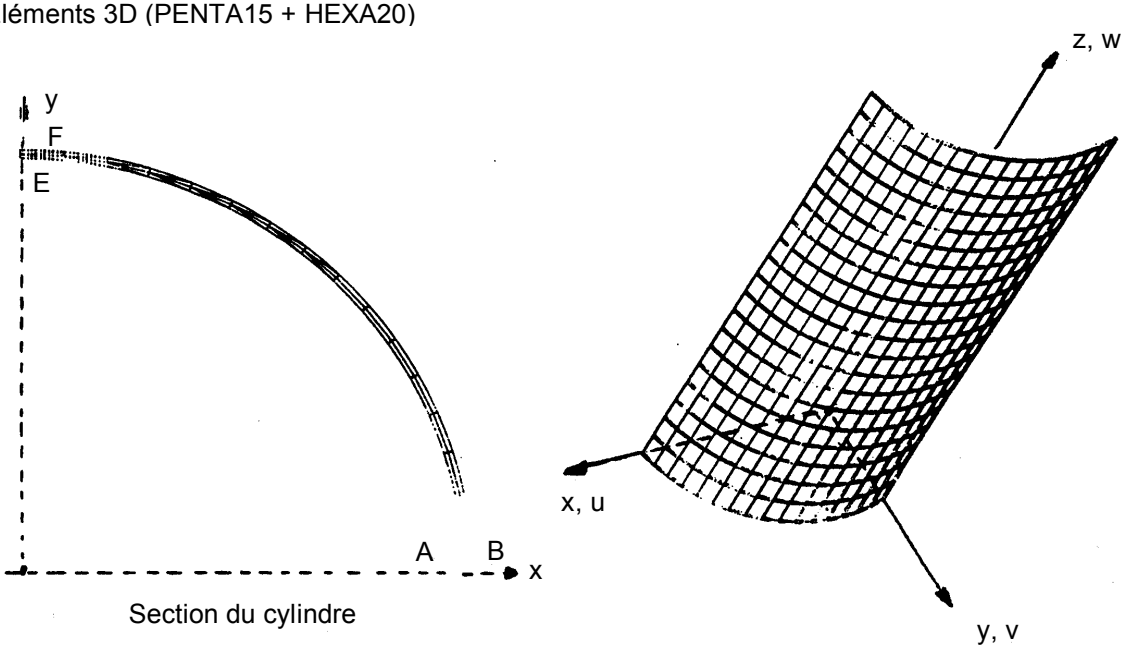
1) R. J. ROARK et W. C. YOUNG : Formulas for stress and strain, 5 è édition. New-York, Mc Graw-Hill, 1975

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

Eléments 3D (PENTA15 + HEXA20)



Modélisation :

1/4 du cylindre suivant la circonférence
2 zones : zone 1 = partie inférieure $(0 \le z \le L/2)$
zone 2 = partie supérieure $(L/2 \le Z \le L)$

Découpage :

20 éléments suivant la longueur
16 éléments suivant la circonférence
2 éléments dans l'épaisseur

Coordonnées des points (r, θ, z)

	A	G	B	E	G1	F	A2 A'2	H H'	B2 B'2	E2 E'2	H1 H'1	F2 F'2	A3	I	B3	E3	I1	F3
r	Ri	R	Re	Ri	R	Re	Ri	R	Re	Ri	R	Re	Ri	R	Re	Ri	R	Re
θ	0.	0.	0.	90.	90.	90.	0.	0	.0.	90.	90.	90.	0.	0.	0.	90.	90.	90.
z	0.	0.	0.	0.	0.	0.	L/2	L/2	L/2	L/2	L/2	L/2	L	L	L	L	L	L

Ri = rayon intérieur
Re = rayon extérieur

les points $A2, H, B2, E2, H2, F2$ sont dans la section $z = L/2$ de la zone 1
les points $A'2, H', B'2, E'2, H'2, F'2$ sont les vis-à-vis respectifs dans la zone 2

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

Conditions aux limites :

- Conditions d'appui $w=0$ à la base (section $z=0.$) introduits par le mot-clé LIAISON_OBLIQUE
- Conditions de symétrie $v=0.$ sur la face AB introduites par le mot-clé LIAISON_OBLIQUE
- Conditions de symétrie $u=0.$ sur la face EF introduites par le mot-clé LIAISON_OBLIQUE
- Identification des nœuds communs aux 2 zones (section $z=L/2$) par le mot-clé LIAISON_GROUP.

Chargement :

Charge surfacique $p=q/h=500000\,N/m2$, suivant l'axe, soit en repère global :

$$Fx=0.$$

$$Fy=p/2$$

$$Fz=p\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Nom des nœuds :

plan $z=0.$ $A=N1$ $B=N321$ $E=N1740$ $F=N1541$ $G=N1540$

plan $z=2$ (zone 1) $A2=N961$ $B2=N993$ $E2=N2141$ $F2=N2122$ $H=N962$ $H1=N2121$

plan $z=2$ (zone 2) $A'2=N3361$ $B'2=N3364$ $E'2=N215$ $F'2=N215$ $H'=N3360$ $H'1=N2156$

plan $z=4$ $A3=N3359$ $B3=N3355$ $I=N3356$ $E3=N2151$ $F3=N2154$ $I1=N2150$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 4298

Nombre de mailles et types : 160 HEXA20, 320 PENTA15

3.3 Valeurs testées

Valeurs des déplacements U,V,W lues sur fichier

Localisation	Type de valeur	Référence
Point G	$U(m)$	–7.143 x 10^{-7}
	$V(m)$	0.
	$W(m)$	0.
Point H,H'	$U(m)$	–7.143 x 10^{-7}
Point I	$U(m)$	–7.143 x 10^{-7}
Point $G1$	$U(m)$	0.
Points $H1,H'1$	$U(m)$	0.

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

Valeurs des déplacements u, v, u_r en repère local calculés à partir de U, V, W

Localisation	Type de valeur	Référence
Point G	$u_r(m)$	– 7.143 x 10^{-7}
	$v(m)$	0.
Point H, H'	$u_r(m)$	– 7.143 x 10^{-7}
	$v(m)$	0.
Point I	$u_r(m)$	– 7.143 x 10^{-7}
	$v(m)$	0.
Point $A2, A'2$	$v(m)$	0.
Points $B2, B'2$		
Point $G1$	$u(m)$	0.
	$u_r(m)$	– 7.143 x 10^{-7}
Points $H1, H'1$	$u(m)$	0.
	$u_r(m)$	– 7.143 x 10^{-7}
Point $I1$	$u(m)$	0.
	$u_r(m)$	– 7.143 x 10^{-7}
Points $E2, E'2$	$u(m)$	0.
Points $F2, F'2$	$u(m)$	0.
Points A, B, G $A2, B2, H$ $A'2, B'2, H'$ $A3, B3, I$	$\sigma_{YY}(Pa)$	1.25 x 10^5
Points A, B, G $A2, B2, H$ $A'2, B'2, H'$ $A3, B3, I$	$\sigma_{ZZ}(Pa)$	3.75 x 10^5

3.4 Remarques

- Le déplacement radial ur est obtenu avec une bonne précision.
- Les conditions de symétrie sur la face AB ($v=0$ en local, soit $\frac{\sqrt{3}}{2}V - 05W = 0$) sont vérifiées aux points $A2, A'2, G, B2, B'2, H, H', I$ considérés.

De même, les conditions de symétrie sur la face EF ($u=U=0$) sont vérifiées aux points $E2, E'2, F2, F'2, G1, H1, H'1, I1$ envisagés.

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

Le mot-clé LIAISON_OBLIQUE est ainsi validé.

- L'identification des nœuds communs aux 2 zones par le mot-clé LIAISON_GROUP est également validée : les déplacements U, V, W sont identiques aux points $A'2, B'2, H', E'2, F'2, H'1$ en comparaison des déplacements aux vis-à-vis respectifs $A2, B2, H, E2, F2, H1$.

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