SSLV120 - Étirement d'un parallélépipède orthotrope sous son propre poids

Résumé :

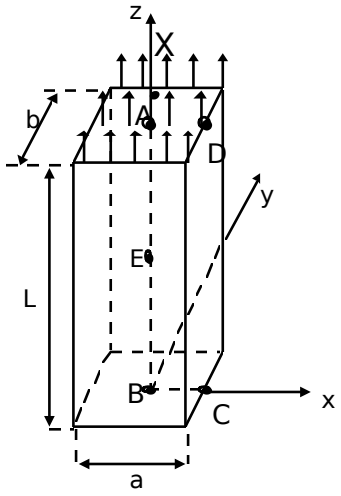
Ce test de mécanique des structures permet l'évaluation des déplacements et des contraintes d'un parallélépipède se déformant sous son propre poids. Le matériau est élastique linéaire orthotrope. La modélisation est tridimensionnelle. Le modèle est similaire au test VPCS SSLV07 (mais dans ce cas le matériau est isotrope) et au test SSLV121 (dans ce cas le matériau est isotrope transverse).

Les écarts des résultats obtenus par *Aster* se situent entre 0,00 et 0,5% de la référence calculée analytiquement.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Hauteur : L = 3 m Largeur : a = 1 m Epaisseur : b = 1 m

Coordonnées des points (en mètres) :

	A	B	C	D	E	X
x	0.	0.	0.5	0.5	0.	0.
y	0.	0.	0.	0.	0.	0.5
z	3.	0.	0.	3.	1.5	3.

1.2 Propriétés de matériaux

Modules de Young dans les directions x , y et z :

$$E_L=5.10^{11}Pa\ ,\ E_T=5.10^{11}Pa\ ,\ E_N=2.10^{11}Pa\ .$$

Coefficients de POISSON dans les plans xy , xz et yz :

$$\nu_{LT}=0.1\ ,\ \nu_{LN}=0.3\ ,\ \nu_{TN}=0.1\ .$$

Modules de cisaillement dans les plans xy , xz et yz :

$$G_{LT}=7.69231\,10^{10}Pa\ ,\ G_{LN}=7.69231\,10^{10}Pa\ ,$$
$$G_{TN}=7.69231\,10^{10}Pa\ .$$

Masse volumique : $\rho=7800\,kg/m^3$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

Point A : ($u=v=w=0$, $\theta_x=\theta_y=\theta_z=0$)

Poids propre suivant l'axe z : $\rho\,g\,z$
Contrainte uniforme à la traction pour la face supérieure :

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

$$\sigma_z = \rho\, g\, L = +229\,554.\, Pa$$

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence est issue de celle donnée dans la fiche SSLV07/89 du guide VPCS (en considérant en plus une matrice élastique orthotrope). L'expression analytique de la solution est la suivante :

Déplacements :

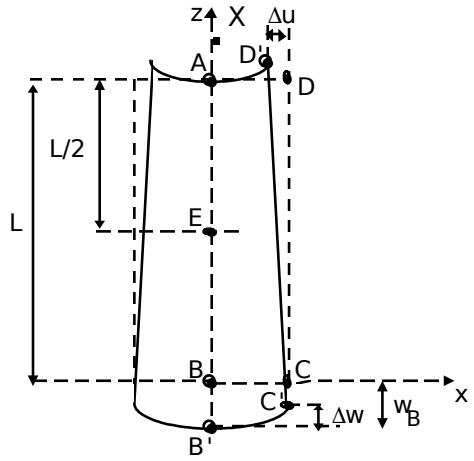
$$u = -\frac{\nu_{NL}\,\rho\, g\, x\, z}{E_N}$$

$$v = -\frac{\nu_{NT}\,\rho\, g\, y\, z}{E_N}$$

$$w = \frac{\rho\, g\, z^2}{2\, E_N} + \frac{\rho\, g}{2\, E_N}\left(\nu_{NL}\, x^2 + \nu_{NT}\, y^2\right) - \frac{\rho\, g\, L^2}{2\, E_N}$$

Contraintes :

$$\sigma_{zz} = \rho\, g\, z \quad \sigma_{zz} = \sigma_{yy} = \sigma_{xy} = \sigma_{yz} = \sigma_{zx} = 0$$



2.2 Résultats de référence

Déplacement des points B , C , D , E et X.

Contraintes σ_{zz} en A et E

2.3 Incertitude sur la solution

Résultats analytiques exacts.

2.4 Références bibliographiques

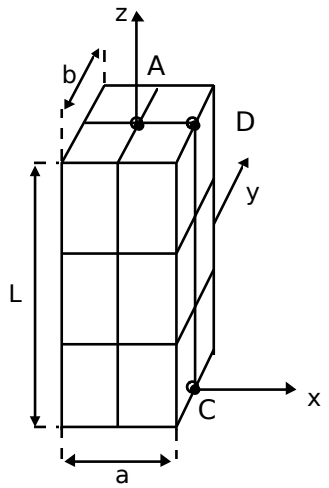
- TIMOSHENKO (S.P) Théorie de l'élasticité - Paris - Librairie Polytechnique Ch. Béranger , p.279 à 282 (1961)
- S.W. TSAI, H.T. HAHN - Introduction to composite materials. Technomic Publishing Company (1980).

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

3D mailles hexa20



Découpage :

3 éléments en hauteur
2 éléments en largeur et épaisseur

Conditions limites :
sur l'axe AB
en A et D

```
DDL_IMPO:    ( GROUP_NO:ABsansA  DX=0., DY=0.  )
             ( NOEUD:A   DX=0.,  DY=0., DZ=0. )
             ( NOEUD:D   DY=0.)
```

Noms des nœuds : $A=N59$ $B=N53$ $C=N12$
$D=N18$ $E=N56$ $X=N70$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 111

Nombre de mailles et types : 12 HEXA20

3.3 Valeurs testées

Identification	Référence
U_B	0.
V_B	0.
W_B	-1.721655 E-6
U_C	0.
V_C	0.
W_C	-1.715916 E-6
U_D	-6.88662 E-08
V_D	0.

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

W_D	5.73885 E-9
U_E	0.
V_E	0.
W_E	-1.29124125 E-06
(Pa)	
$\sigma_{zz}\ (A)$	2.29554 10 5
$\sigma_{zz}\ (E)$	1.14777 10 5
$\sigma_{zz}\ (X)$	2.29554 10 5
U_X	0.
V_X	–-2.29554 E-8
W_X	1.91295 E-9

3.4 Remarques

La modélisation en HEXA20 est tout à fait acceptable pour ce maillage grossier.

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

4 Synthèse des résultats

Les résultats concernant les déplacements et les contraintes sont très proches de la solution analytique avec la modélisation adoptée (< 0.2% pour les déplacements, < 0.5% pour les contraintes).

Les coefficients élastiques dans les 3 directions d'orthotropie ont été choisis de manière à obtenir les mêmes valeurs des déplacements aux points B, C, D et E que celles calculées pour un matériau isotrope (test SSLV007) ou isotrope transverse (test SSLV121). Numériquement, ces valeurs sont très proches de celles de ces tests aux points considérés (de l'ordre de 10^{-6}) la différence résultant du mode de construction des matrices de rigidité dans les différents cas. Au point X, ces valeurs diffèrent mais correspondent bien à la solution de référence.

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