SSNL141 - Poutres multifibres et multimatériaux

Résumé :

L'objectif de ce test est de valider l'utilisation de section multimatériaux pour les poutres multifibres.
La poutre est constituée de deux matériaux.

Deux types de calcul sont faits :
- un calcul statique
- deux calculs modaux, un avec l'option MASS_MECA et l'autre avec l'option MASS_MECA_DIAG

Les solutions de référence sont issues de la théorie des poutres d'Euler.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On considère une poutre de longueur $2\,m$ orientée selon X .



1.2 Caractéristiques de section

1.2.1 Géométrie et fibres

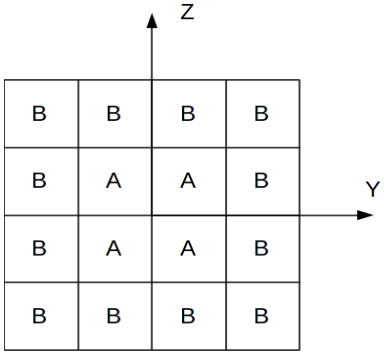
La section considérée est un carré de $10\,cm$ de côté. Elle est composée de 16 fibres, elles-mêmes de forme carré.

1.2.2 Matériaux

La section comporte deux matériaux différents qui sont décrits dans le tableau suivant.

Matériau	Béton	Acier
Module d'Young	$3\times10^{10}\,Pa$	$2\times10^{11}\,Pa$
Coefficient de Poisson	0.2	0.0
Masse volumique	$2500\,kg/m^3$	$7850\,kg/m^3$
Symbole sur la figure	B	A

Les matériaux sont affectés sur les fibres comme l'illustre la figure qui suit :



Cette structure a pour avantage de garder les centres de rigidité, de gravité, de torsion confondus à l'origine du repère local de la section et d'être symétrique par rapport à son centre et par rapport aux axes Y et Z .

1.3 Chargements

1.3.1 Conditions aux limites

Calcul statique :
Le nœud A est encastré et le nœud B est laissé libre.

Calcul modal :
Les déplacements du nœud A sont bloqués ainsi que la rotation autour de l'axe de la poutre.
Les déplacements en Y et en Z du nœud B sont bloqués ainsi que la rotation autour de l'axe de la poutre.

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

1.3.2 Forces appliquées

Calcul statique :
Une force répartie constante de $-1.0\mathrm{E}+04\,N/m$ selon Z est appliquée sur la poutre.

Calcul modal :
Aucune.

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

2 Solution de référence

2.1 Calcul statique : poutre encastrée

La théorie des poutres travaillant en flexion fournit une valeur de référence pour le déplacement maximal. Pour une poutre encastrée à une extrémité et libre de l'autre sous chargement réparti, le déplacement maximal à l'extrémité libre appelé flèche, est donné par :

$$f = \frac{-qL^4}{8\mathrm{EI}_{eq}}$$

- q : la force répartie en N/m .
- L : la longueur de la poutre en m .
- EI_{eq} : dans le cas mono-matériau c'est le produit du module d'Young et du moment quadratique.

Dans le cas multimatériaux, et avec la configuration décrite ci-avant, EI_{eq} se calcule ainsi :

$$EI_{eq} = \int_S E(s) z(s)^2 ds$$

Dans *Code_Aster* ce calcul est approché par une somme sur les fibres :

$$EI_{eq} = \sum_{i=1}^{nb_{fibres}} E_i z_i^2 A_i$$

où z_i est la coordonnées selon Z du centre de la fibre i et où A_i est sa surface.

2.2 Calcul modal : poutre en appui simple

Pour une poutre en appui simple, telle que définie dans le paragraphe 1.3.1, la théorie des poutres fournie des valeurs de référence pour les fréquence propres du calcul modal.

La première fréquence propre est : $f_1 = \frac{\pi}{2L^2}\sqrt{\frac{EI_{eq}}{m}}$.

où L est la longueur de la poutre et m est la masse linéique de la poutre.

2.3 Incertitudes sur la solution

Aucune.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Les éléments de poutres sont modélisés par des POU_D_TGM.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est constitué de 10 mailles SEG2 de même longueur.

3.3 Grandeurs testées et résultats

3.3.1 Calcul statique : poutre encastrée

Flèche au nœud B .

Nœud	Champ	Composante	Valeur de référence	Tolérance (%)
B	DEPL	DZ	$-6.64935064935\mathrm{E}-2$	0.5

3.3.2 Calcul modal : poutre sur appui simple

Calcul de la 1ère fréquence propre.

NUME_ORDRE	PARA	Valeur de référence	Tolérance (%)
1	FREQ	34.7665079762	0.5

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Les éléments de poutres sont modélisés par des POU_D_EM.

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est constitué de 10 mailles SEG2 de même longueur.

4.3 Grandeurs testées et résultats

4.3.1 Calcul statique : poutre encastrée

Flèche au nœud B .

Nœud	Champ	Composante	Valeur de référence	Tolérance (%)
B	DEPL	DZ	$-6.64935064935\mathrm{E}-2$	0.1

4.3.2 Calcul modal : poutre sur appui simple

Calcul de la 1ère fréquence propre.

NUME_ORDRE	PARA	Valeur de référence	Tolérance (%)
1	FREQ	34.7665079762	0.1

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

5 Synthèse des résultats

Les résultats calculés sont extrêmement de la solution théorique pour le calcul statique et pour la calcul modal. Cela valide l'utilisation des POU_D_TGM et des POU_D_EM en multi-matériaux.

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