SSNL504 - Faisceau de poutres multi-fibres

Résumé :

Ce test permet de valider l'élément multi-poutre décrit à l'aide de poutres multi-fibres.

Un premier calcul est effectué à l'aide d'un maillage de dix poutres, où des conditions aux limites équivalentes à une cinématique de poutres sont appliquées aux poutres. Cette solution est considérée comme celle de référence. Puis, un second calcul est effectué où l'élément multi-poutre décrivant dix sous-poutres est employé sur une seule maille.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Un faisceau de poutres d'Euler multi-fibres de longueur 1 m dans la direction X est décrit à l'aide de dix poutres d'Euler multi-fibres positionnées dans le plan YZ. Le tableau suivant présente la position de ces dix poutres :

Numéro Poutre	YP	ZP
1	0	0
2	0	-2
3	0	3
4	4	0
5	-1	0
6	-3	-1
7	-3	3
8	-2	-3
9	5	-3
10	1	-3

Toutes les poutres sont discrétisées à l'aide de 4 fibres de surface de 0,02m^2. Celles-ci sont positionnées, par rapport à la poutre (en m) :

Numéro Fibre	Position Y	Position Z
1	0,1	0
2	0	0,1
3	-0,1	0
4	0	-0,1

1.2 Propriétés du matériau

$E=2.0\,E11\,Pa$ Module de Young
$Gx=1\,Pa$ Module de flexion
$\nu=0,3$ Coefficient de Poisson

1.3 Conditions aux limites et chargements

Des conditions aux limites spécifiques sont imposées au faisceau poutres afin de les lier entre-elles à l'aide d'une cinématique de poutre centrée en (0,0) pour le déplacement et des rotations communes. En imposant des conditions aux limites au faisceau de poutre tel que :

Ux	Uy	Uz	θx	θy	θz
1	1	1	0,1	0,1	0,1

On obtient pour chacune des poutres les conditions aux limites suivantes :

Numéro Poutre	Ux	Uy	Uz	θx	θy	θz
1	1	1	1	0,1	0,1	0,1
2	-1	1	3	0,1	0,1	0,1
3	4	1	-2	0,1	0,1	0,1
4	-3	5	1	0,1	0,1	0,1
5	2	0	1	0,1	0,1	0,1
6	3	-2	2	0,1	0,1	0,1
7	7	-2	-2	0,1	0,1	0,1
8	0	-1	4	0,1	0,1	0,1
9	-7	6	4	0,1	0,1	0,1
10	-3	2	4	0,1	0,1	0,1

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence est déterminée à l'aide d'un calcul par éléments finis où les dix poutres sont modélisées à l'aide de dix éléments poutre d'Euler multi-fibre. Les efforts dans chacune des poutres sont par la suite homogénéisés à la manière de l'élément multi-poutre. Pour les efforts, on a donc :

$$\mathbf{F}_x=\sum_{p=1}^{N_p} F_x^p;\ \mathbf{V}_y=\sum_{p=1}^{N_p} V_y^p;\ \mathbf{V}_z=\sum_{p=1}^{N_p} V_z^p$$

Pour les moments :

$$\mathbf{M}_x=\sum_{p=1}^{N_p} M_x^p+\sum_{p=1}^{N_p} V_z^p Y^p-\sum_{p=1}^{N_p} V_y^p Z^p;\ \mathbf{M}_y=\sum_{p=1}^{N_p} M_y^p+\sum_{p=1}^{N_p} F_x^p Z^p;\ \mathbf{M}_z=\sum_{p=1}^{N_p} M_z^p-\sum_{p=1}^{N_p} F_x^p Y^p$$

où `Fx` est l'effort normal, `Vy` et `Vz` respectivement les efforts tranchants, `Mx` le moment de torsion et `My` et `Mz` respectivement les moments de flexion. Np = 10 car la modélisation est effectuée à l'aide de dix poutres.

2.2 Résultats de référence

Le calcul par éléments finis résulte en :

Pour le Noeud 1 homogénéisé :

Fx	Vy	Vz	Mx	Mx	Mz
-2337344934	-153812376	-168892021	-329490238	-117872556	-1912852934

Pour le Noeud 2 homogénéisé :

Fx	Vy	Vz	Mx	Mx	Mz
2337344934	153812376	168892021	329490238	286764577	1759040558

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Le calcul est cette fois-ci effectuée avec une seul élément poutre, auquel on affecte dix sous-poutres d'Euler multi-fibres d'Euler à l'aide de l'élément multi-poutre. Une référence est employée, car le couplage entre le calcul du terme de torsion est différent entre les poutres multi-fibres et les multi-poutres.

Tests des efforts aux deux nœuds de la multi-poutre :

Noeud 1	Valeur de référence	Tolérance (en %)	Référence
Fx	-2337344934.27	0.1	AUTRE_ASTER
Vy	-153812376.32	0.1	AUTRE_ASTER
Vz	-168892021.057	0.1	AUTRE_ASTER
Mx	-77252567160.6	100	AUTRE_ASTER
My	-117872556.363	0.1	AUTRE_ASTER
Mz	-1912852934.92	0.1	AUTRE_ASTER
Noeud 2	**Valeur de référence**	**Précision (en %)**	**Référence**
Fx	2337344934.27	0.1	AUTRE_ASTER
Vy	153812376.32	0.1	AUTRE_ASTER
Vz	168892021.057	0.1	AUTRE_ASTER
Mx	77252567160.6	100	AUTRE_ASTER
My	286764577.42	0.1	AUTRE_ASTER
Mz	1759040558.6	0.1	AUTRE_ASTER

4 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus sont excellents. Les valeurs obtenues à l'aide de plusieurs poutres d'Euler multi-fibres sont identiques aux valeurs obtenues à l'aide de l'élément multi-poutre.

Par contre les résultats ne sont pas en accord pour le terme de torsion, le couplage des différents efforts étant différent.