SSNL504 – Elément squelette d'assemblage

Résumé :

Ce test permet de valider l'élément squelette d'assemblage 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 la cinématique de l'assemblage sont appliquées ainsi qu'un chargement en déplacement imposé. Cette solution est considérée comme celle de référence. Puis, un second calcul est effectué où l'élément squelette décrivant dix sous-poutres composant un assemblage de tubes-guides est employé sur une seule maille.

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

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
$A=1.\text{E-}11$	Constante
$B=10.\text{E-}10$	Constante
$C=0$	Constante
$CSTE_TPS=100$	Constante de temps
$ENER_ACT$	Énergie d'activation
$GRAN_FO=INTERGR$	Loi de grandissement

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

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-fibres. Les efforts dans chacune des poutres sont par la suite homogénéisés à la manière de l'élément squelette d'assemblage. Pour les efforts, on a donc :

$$N=\sum_{i=1}^{Np} N^i \quad V_y=\sum_{i=1}^{Np} V_y^i \quad V_z=\sum_{i=1}^{Np} V_z^i$$

Pour les moments de poutres :

$$M_x=\sum_{i=1}^{Np} M_x^i \quad M_y=\sum_{i=1}^{Np} M_y^i \quad M_z=\sum_{i=1}^{Np} M_z^i$$

Pour les moments de grilles :

$$M_{gx}=\sum_{i=1}^{Np} F_z^i Y^i-\sum_{i=1}^{Np} F_y^i Z^i \quad M_{gy}=\sum_{i=1}^{Np} N^i Z^i \quad M_{gz}=-\sum_{i=1}^{Np} N^i Y^i$$

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

2.2 Résultats de référence

Le résultat de référence est donné par le calcul sur le faisceau de poutres avec cinématique d'assemblage imposée.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Des chargements en déplacements imposés (u_i , θ_i) sont imposés au faisceau de poutres (déplacement calculé en introduisant des rotations de grille de liaison et rotations de poutres communes) afin de reproduire la cinématique employée dans l'élément squelette (U, θ,ω) :

$$u_x^i = U_x(x) - Y^i \omega_z(x) + Z^i \omega_y(x)$$
$$u_y^i = U_y(x) - Z^i \omega_x(x)$$
$$u_z^i = U_z(x) + Y^i \omega_x(x)$$
$$\theta_x^i = \theta_x(x)$$
$$\theta_y^i = \theta_y(x)$$
$$\theta_z^i = \theta_z(x)$$

avec :

U_x	U_y	U_z	θ_x	θ_y	θ_z	ω_x	ω_y	ω_z
1	1	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

On note que la rotation des grilles est prise égale à celle des poutres.

3.2 Résultats

Tests des efforts au nœud (X=0) de l'élément squelette :

Noeud 1	Valeur de référence	Valeur calculée	Précision (en %)	Référence
Fx	-2337344934.27	-2337344934.27	0	NON_REGRESSION
Vy	-152304411.85	-152304411.85	0	NON_REGRESSION
Vz	-159844234.21	-159844234.21	0	NON_REGRESSION
Mx	-1.0	-1.0	0	NON_REGRESSION
My	78665480.05	78665480.05	0	NON_REGRESSION
Mz	-77408842.98	-77408842.98	0	NON_REGRESSION
Mgx	-275203516.45	-275203516.45	0	NON_REGRESSION
Mgy	-201061929.83	-201061929.83	0	NON_REGRESSION
Mgz	-1834690109.7	-1834690109.7	0	NON_REGRESSION

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Des chargements en déplacements imposés (u_i , θ_i) sont imposés au faisceau de poutres (déplacement calculé en introduisant des rotations de grille de liaison et rotations de poutres communes) afin de reproduire la cinématique employée dans l'élément squelette (U, θ,ω) :

$$u_x^i = \boldsymbol{U}_x(x) - Y^i \boldsymbol{\omega}_z(x) + Z^i \boldsymbol{\omega}_y(x)$$
$$u_y^i = \boldsymbol{U}_y(x) - Z^i \boldsymbol{\omega}_x(x)$$
$$u_z^i = \boldsymbol{U}_z(x) + Y^i \boldsymbol{\omega}_x(x)$$
$$\theta_x^i = \theta_x(x)$$
$$\theta_y^i = \theta_y(x)$$
$$\theta_z^i = \theta_z(x)$$

avec :

U_x	U_y	U_z	θ_x	θ_y	θ_z	ω_x	ω_y	ω_z
1	1	1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	0,01

4.2 Résultats

Tests des efforts au nœud (X=0) de l'élément squelette :

Noeud 1	Valeur de référence	Valeur calculée	Précision (en %)	Référence
Fx	-2495681204.01	-2495681204.01	0	NON_REGRESSION
Vy	-144161403.688	-144161403.688	0	NON_REGRESSION
Vz	-158487066.188	-158487066.188	0	NON_REGRESSION
Mx	-76923076923.1	-76923076923.1	0	NON_REGRESSION
My	77986896.0327	77986896.0327	0	NON_REGRESSION
Mz	-73337338.9054	-73337338.9054	0	NON_REGRESSION
Mgx	-119129193.424	-119129193.424	0	NON_REGRESSION
Mgy	1337061833.37	1337061833.37	0	NON_REGRESSION
Mgz	42725660.0888	42725660.0888	0	NON_REGRESSION

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Des chargements sont appliqués progressivement sur les nœuds extrémité (X=1) du modèle de faisceau de poutres :

- pas 1 : chargement de pesanteur
- pas 2 : chargement thermique (montée de 20 à 300°C)
- pas 3 : chargement d'irradiation (fluence de 20 à 33.10^{24} neutrons/m²)
- pas 4 : chargement poutre effort normal Fx = $1e^{7}$N
- pas 5 : chargement poutre effort tranchant Fy = $1e^{7}$ N
- pas 6 : chargement poutre effort tranchant Fz = $1e^{7}$ N
- pas 7 : inversion chargement poutre effort normal Fx = - Fx
- pas 8 : inversion chargement poutre effort tranchant Fy = - Fy
- pas 9 : inversion chargement poutre effort tranchant Fz = - Fz

L'extrémité opposée (X=0) est l'objet d'une condition de corps solide permettant un couplage entre les rotations unitaires des poutres et les rotations généralisées de l'ensemble (i.e. les rotations de grille dans le modèle d'élément squelette).

5.2 Résultats

Le champ d'efforts homogénéisé calculé au nœud (X=0) à l'aide du modèle de faisceau de poutres s'établit comme suit pour les neuf pas de temps :

Pas	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Mgx	Mgy	Mgz
1	483.85	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-290.315	-48.385
2	483.85	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-290.315	-48.385
3	483.85	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-290.315	-48.385
4	-4999516	0.	0.	0.	0.	0.	0.	2999709	499951
5	-4999516	-5000000	0.	0.	2.908	-4043821	-3000000	2999706	377106
6	-4999516	-5000000	-5000000	0.	4043827	-4043824	-3500000	3122548	377109
7	5000483	-5000000	-5000000	0.	4043827	-4043824	-3500000	-2877451	-622890
8	5000483	5000000	-5000000	0.	4043821	4043818	2500000	-2877445	-377200
9	5000483	5000000	5000000	0.	-4043827	4043824	3500000	-3123129	-377206

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

6 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 squelette.

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