

Manuel de Validation**Fascicule V6.02 : Statique non linéaire des structures linéiques****Document : V6.02.108**

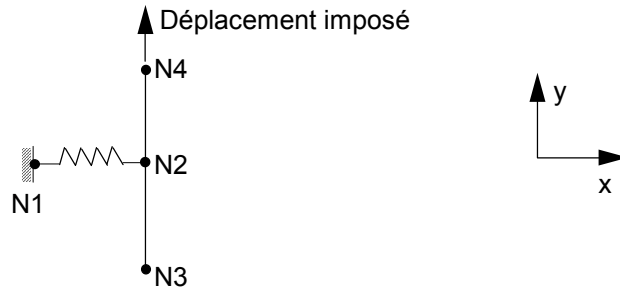
SSNL108 - Liaison tube-grille avec frottement de Coulomb

Résumé :

Ce problème bidimensionnel permet de tester la loi de comportement utilisée pour modéliser la liaison grille de mélange crayons combustibles des assemblages combustibles. Ce test de statique non linéaire n'a qu'une seule modélisation.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



1.2 Propriétés de matériaux

Rigidité élastique linéaire de la liaison (pour les trois directions de translation et de rotation) :

$$k_e = 10^3 \text{ N / m}$$

Tension initiale du ressort suivant la direction x : $R_{no} = -10^2 \text{ N}$

Module d'Young de la poutre : $E = 10^5$

Coefficient de poisson de la poutre : $\nu = 0.3$

Fonction d'évolution de la rigidité : $f(t) \equiv 1$

Coefficient de Coulomb : $\mu = 0.4$

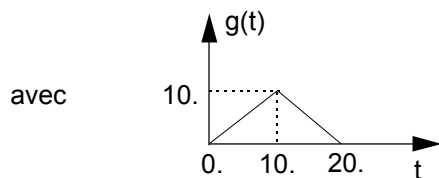
Module d'écrouissage : KTT=0, puis KTT=100N /m

1.3 Conditions aux limites et chargements

Nœud N1 encastré : $u = v = w = 0$ $\theta_x = \theta_y = \theta_z = 0$

Nœuds N2, N3, N4 mouvement selon y $u = w = 0$ $\theta_x = \theta_y = \theta_z = 0$

Nœuds N2, N3, N4 mouvement imposé selon y $v = 0.01 \text{ g}(t)$



Deux calculs sont effectués : l'un sans écrouissage, avec tout le trajet ci-dessus, l'autre avec écrouissage, pour la première partie du trajet ($0 < t < 10$).

1.4 Conditions initiales

A $t = 0$, le ressort de liaison est comprimé et la poutre est en position initiale.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence est obtenue analytiquement. Les trois nœuds de la poutre ayant le même déplacement imposé, la poutre est donc indéformable.

Le nœud N2 n'ayant pas de déplacement suivant x on a :

$$R_n = R_{no} \quad \forall t$$

D'autre part on a : $U_T = U_Y = 0.01 g(t)$

1^{ère} phase : $|R_T| = |k_e U_T| < \mu R_n = \mu R_{no}$, U_T augmente.

Dans cette phase, $|R_T|$ est strictement inférieur à μR_n et on n'a donc pas de frottement.

La limite t_1 de cette phase est définie par : $R_T = k_e U_T = \mu R_{no}$ c'est-à-dire pour $0.01 k_e g(t_1) = \mu R_{no}$.

On trouve $t_1 = 4$.

Sans écrouissage :

2^{ème} phase : $|R_T| = \mu R_n = \mu R_{no}$, U_T augmente.

La force tangentielle a atteint la valeur du seuil μR_{no} et on a donc glissement. Cette phase est délimitée par les instants $t_1 = 4$. et $t_2 = 10$. (instant où U_T commence à diminuer).

3^{ème} phase : $|R_T| = |k_e U_T| < \mu R_n = \mu R_{no}$, U_T diminue.

Dans cette phase, $|R_T|$ est inférieur à la valeur du seuil μR_n et on est donc dans une phase élastique $R_T = -k_e U_T + \mu R_{no}$.

Les limites de cette phase sont $t_2 = 10$. et t_3 défini par :

$$-0.01 k_e g(t_3) + \mu R_{no} = -R_{no} \quad t_3 > 10.$$

On trouve $t_3 = 18$.

4^{ème} phase : $|R_T| = \mu R_{no}$, U_T diminue.

Dans cette phase, on a atteint de nouveau le seuil de glissement. On a : $R_T = \mu R_{no}$. Cette phase est délimitée par les instants $t_3 = 18$. et $t_4 = 20$.

Avec écrouissage :

$$\mathbf{2^{ème} phase : } R_T = \mu R_n \left(1 - \frac{K_{Ti}}{K_{Te}} \right) + K_{Ti} U_T.$$

La force tangentielle a atteint la valeur du seuil μR_{no} et on a donc glissement. Cette phase est délimitée par les instants $t_1 = 4$. et $t_2 = 10$. Il y a un effet d'écrouissage.

2.2 Résultats de référence

Pour les différents instants remarquables, la valeur de R_T est égale à :

Sans écoulement :

$$t = 4. \quad R_T = 40.$$

$$t = 10. \quad R_T = 40.$$

$$t = 18. \quad R_T = -40.$$

$$t = 20. \quad R_T = -40.$$

Avec écoulement :

$$t = 4. \quad R_T = 40.$$

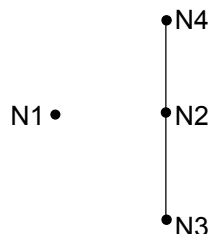
$$t = 10. \quad R_T = 46.$$

2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation



Caractéristiques des éléments

POUTRE : POU_D_E pour les mailles (N3 N2) et (N2 N4)

$$E = 10^5 \text{ Pa} \quad \nu = 0.3$$

DISCRET : K_TR_D_L pour la maille (N1 N2)

$$K_x = K_y = K_z = 10^3 \text{ N / m}$$

$$K_{rx} = K_{ry} = K_{rz} = 10^3 \text{ N / m}$$

Caractéristiques matériau de la liaison (maille (N1 N2)) :

Coefficient de Coulomb : COULOMB = 0.4

Tension initiale de compression : EFFO_N_INIT : -100. N

Fonction d'évolution de la rigidité : RIGI_N_FO : $f(t) \equiv 1$

Conditions aux limites

DDL_IMPO : (NOEUD : N1 DX : 0. DY : 0. DZ : 0.
 DRX : 0. DRY : 0. DRZ : 0.)
DDL_IMPO : (NOEUD : (N2, N3, N4) DX : 0. DY : 0.01 DZ : 0.
 DRX : 0. DRY : 0. DRZ : 0.)

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 4

Nombre de mailles et types : 3 SEG2

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

AFFE_MODELE	MODELISATION	MECANIQUE	POU_D_E
	MODELISATION	MECANIQUE	DIS_TR
AFFE_CARA_ELEM	POUTRE	GROUP_MA	'RECTANGLE'
	DISCRET	GROUP_MA	'K_TR_D_L'
DEFI_MATERIAU	DIS_CONTACT		
	ELAS		
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	NOEUD	
DEFI_FONCTION	NOM_PARA	'INST'	
STAT_NON_LINE	EXCIT	FONC_MULT	
	COMP_ELAS	GROUP_MA	'ELAS'
	COMP_INCR	GROUP_MA	'DIS_CONTACT'

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

On teste la composante VY du champ 'SIEF_ELGA' à différents instants :

Avec écrouissage :

Identification		Référence	Aster	% différence	Tolérance
Numéro d'ordre	Instant	VY (N)			
1	4.	40.	39.9999	0.	0.01
2	10.	40.	40.	0.	0.01
3	18.	-40.	-39.9999	0.	0.01
4	20.	-40.	-39.9999	0.	0.01

Sans écrouissage :

Identification		Référence	Aster	% différence	Tolérance
Numéro d'ordre	Instant	VY (N)			
1	4.	40.	39.9999	0.	0.01
2	10.	46.	46.	0.	0.01

5 Synthèse des résultats

Les résultats sont identiques à la solution de référence. Ce test valide le glissement avec frottement de Coulomb introduit par l'intermédiaire d'un élément discret. Ce développement permet en particulier de modéliser la liaison entre les grilles et les crayons combustibles.