SDNL105 - Sous-structuration transitoire non linéaire : choc de 3 poutres entre elles

Résumé :

Le domaine d'application de ce test concerne la dynamique des structures, et plus particulièrement le calcul de réponse transitoire non linéaire par sous-structuration dynamique.

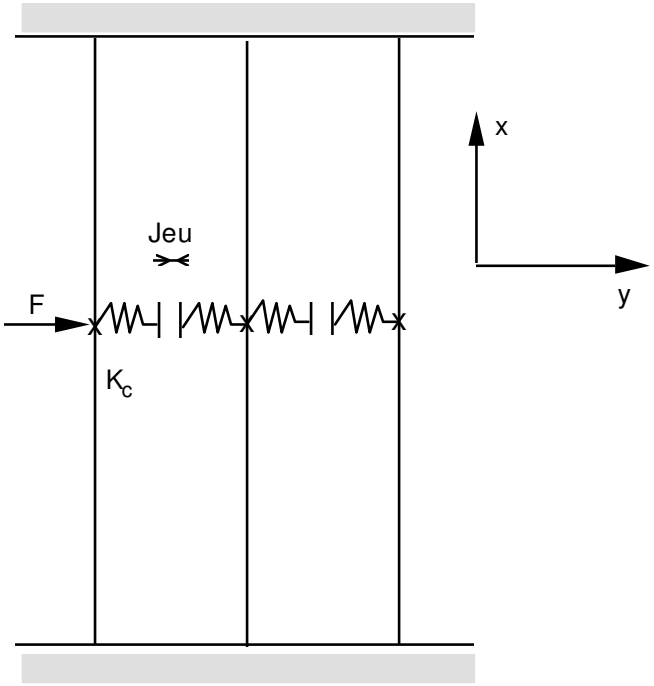
Il s'agit de calculer la réponse transitoire non linéaire de 3 poutres en flexion avec chocs au centre des poutres. Les poutres sont modélisées par des éléments de type POU_D_E (modèle d'Euler).

Les résultats de référence sont issus d'un calcul transitoire direct par recombinaison modale. Ce test permet donc de valider les outils de calcul de réponse transitoire par sous-structuration, dans le cas de la prise en compte de non-linéarités de type choc entre structures mobiles.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



La longueur des poutres vaut : $L=1\,m$

Les poutres sont de section circulaire :

- de rayon : $R=0.1\,m$
- d'épaisseur : $ep=0.01\,m$

Le jeu entre les poutres vaut : $Jeu=1\,10^{-3}\,m$

1.2 Propriétés de matériaux

$E=1.10^{10}\,Pa$

$\nu=0.3$

$\rho=1.10^{8}\,kg/m^{3}$

La raideur du ressort de contact vaut : $K_c=1.10^{8}\,N/m$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Sur toute la structure : $DX=DZ=DRX=DRY=0$.

Aux extrémités supérieur et inférieur des poutres : $DY=DRZ=0$.

Au milieu de la poutre de gauche : à partir de l'instant $t=0\,s$, $Fy=-1.10^{6}\,N$

1.4 Conditions initiales

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

Structure initialement au repos.

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 donnée par un calcul transitoire direct par superposition modale (modélisation A).

2.2 Résultats de référence

Valeur des déplacements et vitesse des nœuds des 3 poutres selon la direction Y et à l'instant $t=1\,s$.

	Déplacement (m)	Vitesse ($m.s^{-1}$)
Schéma d'intégration d'Euler		
Poutre de gauche	$1.64\ 10^{-2}$	$2.54\ 10^{-2}$
Poutre milieu	$1.12\ 10^{-2}$	$4.49\ 10^{-2}$
Poutre de droite	$5.90\ 10^{-3}$	$1.05\ 10^{-1}$
Schéma d'intégration de Devogelaere		
Poutre de gauche	$1.64\ 10^{-2}$	$2.54\ 10^{-2}$
Poutre milieu	$1.12\ 10^{-2}$	$4.41\ 10^{-2}$
Poutre de droite	$5.89\ 10^{-3}$	$1.05\ 10^{-1}$
Schéma d'intégration à pas de temps adaptatif d'ordre 2		
Poutre de gauche	$1.64\ 10^{-2}$	$2.55\ 10^{-2}$
Poutre milieu	$1.12\ 10^{-2}$	$4.41\ 10^{-2}$
Poutre de droite	$5.91\ 10^{-3}$	$1.05\ 10^{-1}$

2.3 Incertitude sur la solution

Solution numérique.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La poutre est maillée en segments auxquels sont affectés des éléments de type POU_D_E.

Le problème transitoire traité, projeté sur la base des 15 premiers modes propres de la structure, est résolu directement par l'opérateur de calcul transitoire par recombinaison modale.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 41

Nombre de mailles et types : 42 SEG2

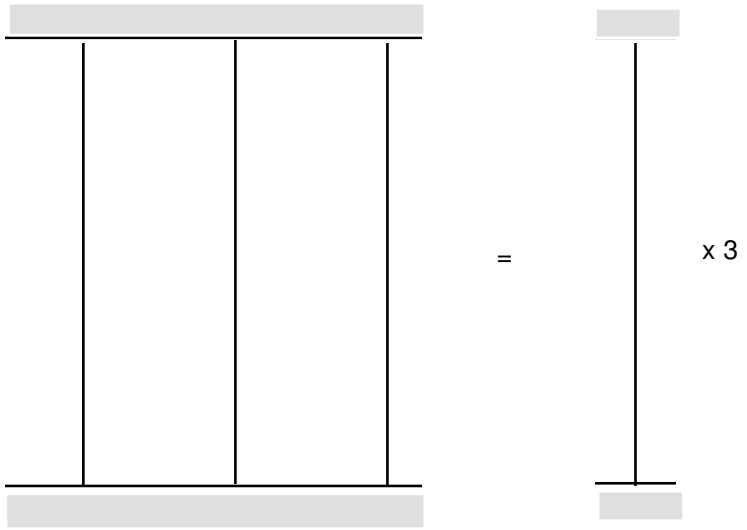
3.3 Valeurs observées : référence pour modélisation B

Identification	*Aster*
Schéma d'intégration d'Euler	
Poutre de gauche : Déplacement (m)	1.64 10^{-2}
Vitesse ($m.s^{-1}$)	2.54 10^{-2}
Poutre de milieu : Déplacement (m)	1.12 10^{-2}
Vitesse ($m.s^{-1}$)	4.43 10^{-2}
Poutre de droite : Déplacement (m)	5.90 10^{-3}
Vitesse ($m.s^{-1}$)	1.05 10^{-1}
Schéma d'intégration de Devogelaere	
Poutre de gauche : Déplacement (m)	1.64 10^{-2}
Vitesse ($m.s^{-1}$)	2.54 10^{-2}
Poutre de milieu : Déplacement (m)	1.12 10^{-2}
Vitesse ($m.s^{-1}$)	4.41 10^{-2}
Poutre de droite : Déplacement (m)	5.89 10^{-3}
Vitesse ($m.s^{-1}$)	1.05 10^{-1}
Schéma d'intégration à pas de temps adaptatif d'ordre 2	
Poutre de gauche : Déplacement (m)	1.64 10^{-2}
Vitesse ($m.s^{-1}$)	2.55 10^{-2}
Poutre de milieu : Déplacement (m)	1.12 10^{-2}
Vitesse ($m.s^{-1}$)	4.41 10^{-2}
Poutre de droite : Déplacement (m)	5.91 10^{-3}
Vitesse ($m.s^{-1}$)	1.05 10^{-1}

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation



La sous-structuration dynamique permet de calculer le comportement vibratoire des 3 poutres à partir des caractéristiques dynamiques d'une seule poutre. Celle-ci est maillée en segments auxquels sont affectés des éléments de type POU_D_E.

La structure est étudiée à l'aide de la méthode de sous-structuration avec interfaces de type "Craig-Bampton" (interfaces bloquées).

La base des 15 premiers modes propres de la structure complète est calculée par sous-structuration. Puis le problème transitoire, projeté sur cette base, est résolu par l'opérateur de calcul transitoire par recombinaison modale.

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 15

Nombre de mailles et types : 14 SEG2

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

4.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Référence	*Aster*	% différence
Schéma d'intégration d'Euler			
Poutre de gauche : Déplacement (m)	1.64 10^{-2}	1.64 10^{-2}	
Vitesse ($m.s^{-1}$)	2.54 10^{-2}	2.54 10^{-2}	
Poutre de milieu : Déplacement (m)	1.12 10^{-2}	1.12 10^{-2}	< 0.01 %
Vitesse ($m.s^{-1}$)	4.43 10^{-2}	4.43 10^{-2}	
Poutre de droite : Déplacement (m)	5.90 10^{-3}	5.90 10^{-3}	
Vitesse ($m.s^{-1}$)	1.05 10^{-1}	1.05 10^{-1}	
Schéma d'intégration de Devogelaere			
Poutre de gauche : Déplacement (m)	1.64 10^{-2}	1.64 10^{-2}	
Vitesse ($m.s^{-1}$)	2.54 10^{-2}	2.54 10^{-2}	
Poutre de milieu : Déplacement (m)	1.12 10^{-2}	1.12 10^{-2}	< 0.01 %
Vitesse ($m.s^{-1}$)	4.41 10^{-2}	4.41 10^{-2}	
Poutre de droite : Déplacement (m)	5.89 10^{-3}	5.89 10^{-3}	
Vitesse ($m.s^{-1}$)	1.05 10^{-1}	1.05 10^{-1}	
Schéma d'intégration à pas de temps adaptatif d'ordre 2			
Poutre de gauche : Déplacement (m)	1.64 10^{-2}	1.64 10^{-2}	
Vitesse ($m.s^{-1}$)	2.55 10^{-2}	2.55 10^{-2}	
Poutre de milieu : Déplacement (m)	1.12 10^{-2}	1.12 10^{-2}	< 0.01 %
Vitesse ($m.s^{-1}$)	4.41 10^{-2}	4.41 10^{-2}	
Poutre de droite : Déplacement (m)	5.91 10^{-3}	5.91 10^{-3}	
Vitesse ($m.s^{-1}$)	1.05 10^{-1}	1.05 10^{-1}	

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

5 Synthèse des résultats

La précision sur les déplacements et les vitesses des nœuds milieux des 3 poutres à l'instant $t=1\,s$ est excellente (erreur relative $<0.01\mathrm{s}$).

Ce test valide donc les opérateurs de calcul transitoire non-linéaire par sous-structuration dynamique.

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