SDND103 - Poteau soumis à une sollicitation dynamique axiale

Résumé

Il s'agit de calculer la réponse d'un poteau soumis à un chargement sismique quelconque. Le poteau est modélisé par un système masse-ressort non amorti, sa liaison avec le sol par une non-linéarité de type effort-déplacement.

On teste l'élément discret en traction-compression, le calcul des modes propres et le calcul de la réponse transitoire par recombinaison modale avec prise en compte d'une non-linéarité de type effort-déplacement. La vitesse initiale est prise non nulle et le chargement est de type accélération imposée au sol.

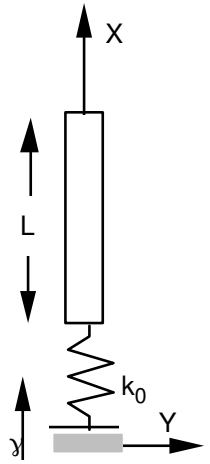
Les résultats obtenus sont en très bon accord avec les résultats de référence qui sont des résultats analytiques.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Le système est constitué d'un poteau reposant sur le sol et soumis à une sollicitation sismique. Il est modélisé par une masse, sa liaison avec le sol par un ressort k_0 dont la relation de comportement traduit une non-linéarité de type effort-déplacement.



Caractéristiques du poteau :

longueur : $L=2\ m$;
section : $S=0,3\,m^2$.

1.2 Propriétés des matériaux

Masse du poteau : $m=450\ kg$.
Raideur du ressort de liaison : $k_0=10^5\,N/m$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites

Les seuls déplacements autorisés sont les translations selon l'axe X : $dy=dz=0$.

La force corrective F_c due à la non linéarité du sol est définie par la relation suivante :

$F_c(x)=\dfrac{f(x_{seuil})}{x_{seuil}}-f(x)$ avec, si $x>x_{seuil}$, $f(x)=k_0\left[1-\dfrac{|x|}{x_0}\right]x$

On prend $x_{seuil}=10^{-6}m$, $k_0=10^5\,N/m$ et $x_0=0,1\,m$.

On impose donc sous le mot clé RELA_EFFO_DEPL de l'opérateur DYNA_VIBRA la fonction :

$$F_c(x)=\frac{k_0}{x_0}x.[|x|-x_{seuil}] \quad \text{si } |x|>x_{seuil}$$
$$F_c(x)=0 \quad \text{si } |x|\le x_{seuil}$$

Chargement

Le sol est soumis à une accélération $\gamma(t)$ dans la direction x , construite de telle sorte que le déplacement du système masse-ressort soit sinusoïdal $x=a.sin(\omega t)$ avec $a=0,01$ et $\omega=\pi/4$.

1.4 Conditions initiales

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

A l'état initial, le système est lâché de sa position d'équilibre avec une vitesse v_0 : à $t=0$, $dx(0)=0$, $v_0=dx/dt(0)=a.\omega$.

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

Ce test est développé en détail dans la référence [bib1].

L'équation fondamentale de la dynamique, en mouvement relatif du système masse-ressort par rapport au sol s'écrit : $\ddot{x}+\frac{k(x)}{m}x=\gamma(t)$.

Pour un déplacement de la forme $x=a.sin(\omega t)$ et $\ddot{x}=-a\omega^2\sin(\omega t)$, on obtient à partir de l'équation du mouvement la forme de l'accélérogramme :

$$\gamma(t)=a\sin(\omega t)\left[-\omega^2+\frac{k_0}{m}\left(1-\frac{|a\sin(\omega t)|}{x_0}\right)\right]$$

La fréquence fondamentale f_0 de l'oscillateur non amorti vaut $f_0=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_0}{m}}$.

2.2 Résultats de référence

Fréquence fondamentale f_0 de l'oscillateur non amorti.
Déplacements relatifs aux instants 2, 6, 10, 14 et 18 secondes.

2.3 Incertitude sur la solution

Aucune si l'on calcule l'intégrale de Duhamel analytiquement [bib2].

2.4 Références bibliographiques

1. P. LALUQUE, P. LABBE, S. PETETIN et A. TIXIER : Réponse sismique d'un bâtiment réacteur PWR1300 en tenant compte du décollement entre la fondation et le sol. Note SEPTEN TA83.06 (mai 1984).

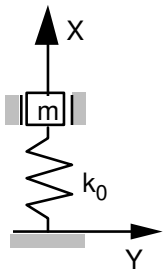
2. J.S. PRZEMIENIECKI : Theorie of matrix structural analysis. New York, Mac Graw-Hill, 1968, p. 351-357.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Le système masse-ressort est modélisé par un élément discret DIS_T.



Données numériques :

pour le système masse-ressort : $m=450\ kg$
pour le sol : $k_0=10^5\ N/m$
pour la non-linéarité : $x_0=0,1\ m$; $a=0,01$ et $\omega=\pi/4$.

L'intégration temporelle est réalisée avec l'algorithme d'Euler ou l'algorithme de Devogelaere et un pas de temps de 0,02 seconde. Les calculs sont archivés tous les pas de temps.
On considère un amortissement réduit ξ_i nul pour l'ensemble des modes calculés.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est constitué d'un nœud et d'une maille de type POI1.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On vérifie la fréquence propre de l'oscillateur ainsi que les déplacements relatifs du nœud $NO1$ à différents instants (pour l'algorithme d'intégration EULER).

Fréquence (Hz)	Référence
	2,37254

Déplacement relatif du nœud $NO1$ avec l'algorithme d'intégration numérique d'Euler :

Temps (s)	Référence
2	0,01
6	–0,01
10	0,01
14	–0,01
18	0,01

Déplacement relatif du nœud $NO1$ avec l'algorithme d'intégration numérique de Devogelaere :

Temps (s)	Référence

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

2	0,01
6	–0,01
10	0,01
14	–0,01
18	0,01

4 Synthèse des résultats

On constate un très bon accord avec la solution analytique (erreur inférieure à $0,01\%$).

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