ZZZZ200 - Test de RIGI_PARASOL et RIGI_MISS_3D

Résumé :

Ce test permet de modéliser en analyse modale une structure industrielle : celle du test SDLL109[1] (éléments discrets et poutres) complétée à sa base d'éléments volumiques et surfaciques.

Son intérêt est de tester les options de *Code_Aster* spécifiques à l'affectation de caractéristiques représentatives des rigidités de sol sous la fondation de la structure.

Ce test comprend pour cela 5 modélisations. Les trois premières évaluent les 2 options de AFFE_CARA_ELEM remplissant cette fonction : RIGI_PARASOL (où on affecte les 6 valeurs de rigidité globale du sol correspondant chacune à un degré de liberté de corps solide et réparties en chaque nœud de la fondation) et RIGI_MISS_3D (où on affecte en chaque degré de liberté de la fondation les termes de la matrice d'impédance de sol calculée au préalable par le logiciel d'interaction sol-structure MISS3D). La quatrième modélisation teste la macro-commande POST_DECOLLEMENT en appliquant un chargement sismique significatif pour le décollement.
Dans la cinquième modélisation, par rapport à la modélisation B, on affecte directement sous forme de super-maille les termes de la matrice d'impédance de sol à la place des caractéristiques de discrets RIGI_MISS_3D.

La première modélisation vérifie aussi la correction automatique des coefficients d'amortissement négatifs ou nuls pouvant être générés par l'opérateur CALC_AMOR_MODAL.

1 Ce test n'est pas accessible au public.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On utilise un modèle brochette pour le bâtiment avec de 136 mailles volumiques PENTA6 pour représenter le radier et on affecte 6 degrés de liberté à sa face inférieure constituée de mailles surfaciques TRIA3.

La modélisation présentée est une modélisation simplifiée pour laquelle le bâtiment est représenté par une structure plane. Quatre sous-structures sont représentées par quatre poutres verticales non pesantes, d'inertie de flexion variable et portant des masses et des inerties nodales représentant le génie civil et les équipements. Des liaisons élastiques discrètes relient ces poutres à différents niveaux. Les quatre poutres sont encastrées sur un radier général de grande inertie de flexion.

1.2 Propriétés de matériaux

$E = 4.0\,10^{10}\,Pa$

$\rho = 2500\,kg/m^3$ (éléments pesants seulement)

$\nu = 0.149425$

+ caractéristiques de masses ponctuelles (`'M_TR_D_N'`) et de liaisons nœud-nœud (`'K_TR_D_L'`).
Les caractéristiques de sol dépendent des modélisations décrites ci-après. Elles correspondent à un même sol avec les 2 hypothèses respectives de fondation rigide et fondation souple.

1.3 Description des modélisations

On met en œuvre 3 modélisations correspondant à 2 options de l'opérateur `AFFE_CARA_ELEM` :

- Une option `RIGI_PARASOL` où on affecte les 6 valeurs de rigidité globale du sol correspondant chacune à un degré de liberté de corps solide et réparties en chaque nœud de la fondation,
- Une option `RIGI_MISS_3D` où on affecte en chaque degré de liberté de la fondation les termes de la matrice d'impédance de sol calculée au préalable par le logiciel d'interaction sol-structure MISS3D [bib1].

1.4 Conditions aux limites et chargements

Les conditions limites dépendent de la modélisation. Dans tous les cas, on impose une liaison solide sur la face supérieure du radier (`LIAISON_SOLIDE` sur le groupe de nœuds $HRADIER$).
Pour la modélisation A, on impose :

- Liaison solide sur la face inférieure du radier (`LIAISON_SOLIDE` sur le groupe de nœuds $SRADIER$)

Pour la modélisation B, on impose d'abord :

- Blocage des degrés de liberté des nœuds de la face inférieure du radier (groupe de nœuds $SRADIER$) pour calculer les modes statiques contraints,

Puis on supprime cette condition pour affecter les termes de la matrice d'impédance de sol calculée par MISS3D.

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

Analyse Modale par la méthode des sous-espaces.

2.2 Résultats de référence

5 premières fréquences propres correspondant à des modes prépondérants dans les directions horizontales. Les résultats obtenus par *Code_Aster* constituent des valeurs de non régression.

2.3 Incertitude sur la solution

Solution numérique.

2.4 Références bibliographiques

1. Manuel d'utilisation et référence de MISS3D - (version 6.3) (D. CLOUTEAU - Laboratoire MSSM-ECP) - 2003

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

25 éléments de poutre POU_D_T,
5 éléments de liaison nœud-nœud (DIS_TR_L),
26 éléments POI1 de masse ponctuelle (DIS_TR_N),
136 éléments volumiques (modélisation '3D') pour le radier et 272 éléments DST pour sa face inférieure.
Les 6 composantes de rigidité globale du sol valent respectivement :
$KX = KY = 6{,}295\text{E}11\, N/m$, $KZ = 6{,}864\text{E}11\, N/m$, $KRX = KRY = 3{,}188\text{E}14\, N.m$, $KRZ = 3{,}2\, N.m$

Analyse modale : calcul des 10 premières fréquences propres.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 187

Nombre de mailles et type : 136 PENTA6, 272 TRIA3, 30 SEG2, 26 POI1

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Analyse modale

Identification	Référence
Fréquence no 1	3,9577 Hz
Fréquence no 2	3,9657 Hz
Fréquence no 3	4,7815 Hz
Fréquence no 4	4,7830 Hz
Fréquence no 5	7,0765 Hz
Fréquence no 6	7,5462 Hz
Fréquence no 7	10,050 Hz
Fréquence no 8	11,803 Hz
Fréquence no 9	12,069 Hz
Fréquence no 10	13,367 Hz

On rajoute aussi dans ce test la validation de la correction automatique des coefficients d'amortissement négatifs ou nuls pouvant être générés par l'opérateur CALC_AMOR_MODAL. Pour cela, on modifie les données d'entrée fournies à deux nouveaux appels à CALC_AMOR_MODAL afin de générer volontairement des valeurs négatives de coefficients d'amortissement. On vérifie l'émission du message d'alarme pour le cas CORR_AMOR_NEGATIF='IGNORE'. Enfin, on vérifie aussi la correction pour le cas CORR_AMOR_NEGATIF='OUI'.

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

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation

241 éléments de poutre POU_D_T,
5 éléments de liaison nœud-nœud (DIS_TR_L),
26 éléments POI1 de masse ponctuelle (DIS_TR_N),
136 éléments volumiques (modélisation '3D') pour le radier,
81 éléments POI1 de rigidité ponctuelle (DIS_T_N) en chaque nœud sous le radier,
Les caractéristiques du sol sous la fondation sont celles du test ZZZZ108.

Analyse modale : calcul des 10 premières fréquences propres.

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 187

Nombre de mailles et type : 136 PENTA6, 272 TRIA3, 246 SEG2, 107 POI1

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

Analyse modale

Identification	Référence
Fréquence no 1	3,84932 Hz
Fréquence no 2	3,85690 Hz
Fréquence no 3	4,77883 Hz
Fréquence no 4	4,78053 Hz
Fréquence no 5	7,12096 Hz

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

7 Modélisation C

7.1 Caractéristiques de la modélisation

On s'inspire de la modélisation A en remplaçant les éléments DST de la face inférieure du radier par des éléments de type COQUE_3D. Le maillage initial comportant des éléments quadratiques classiques, l'usage de COQUE_3D oblige au préalable à rajouter les nœuds milieux pour ces éléments (passages TRIA6_7 et QUAD8_9 avec CREA_MAILLAGE option MODI_MAILLE).

On modifie aussi le solveur utilisé dans CALC_MODES en choisissant ici MUMPS.

Enfin, pour limiter le temps CPU, on ne calcule plus que les 6 premières fréquences propres au lieu des 10 de la modélisation A.

Les fréquences propres obtenues sont comparées à celles calculées avec la modélisation A.

7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 987

Nombre de mailles et type : 216 QUAD9, 24 TRIA7, 41 SEG2, 28 POI1

8 Résultats de la modélisation C

8.1 Valeurs testées

Analyse modale

Identification	Référence
Fréquence no 1	3,9577 Hz
Fréquence no 2	3,9657 Hz
Fréquence no 3	4,7815 Hz
Fréquence no 4	4,7830 Hz
Fréquence no 5	7,07653 Hz
Fréquence no 6	7,5462 Hz

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

9 Modélisation D

9.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation D présente un calcul dynamique non linéaire avec chargement sismique pour décollement, avec :

- création et affectation de matériau choc pour les $PRADIER$, puis orientation de ces matériaux,
- pesanteur horizontale à la place de CALC_CHAR_SEISME,
- amplitude du chargement à $0,25\,G$

Les éléments de ce modèle sont :
25 éléments de poutre POU_D_T,
5 éléments de liaison nœud-nœud (DIS_TR_L),
26 éléments POI1 de masse ponctuelle (DIS_TR_N),
136 éléments volumiques (modélisation '3D') pour le radier,
81 éléments POI1 de rigidité ponctuelle (DIS_T_N) en chaque nœud sous le radier.

Les caractéristiques du sol sous la fondation sont celles du test ZZZZ108.

9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 187

Nombre de mailles et type : 136 PENTA6, 272 TRIA3, 30 SEG2, 26 POI1

10 Résultats de la modélisation D

10.1 Valeurs testées

INST	%DECOL (Référence)
3,130	0,00000
3,135	0,61111
3,150	2,40852
3,165	0,61111
3,170	0,00000

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

11 Modélisation E

11.1 Caractéristiques de la modélisation

On s'inspire de la modélisation B en remplaçant les éléments discrets de la face inférieure du radier par une super-maille comportant les termes de la matrice temporelle initiale d'impédance de sol.
241 éléments de poutre POU_D_T,
5 éléments de liaison nœud-nœud (DIS_TR_L),
26 éléments POI1 de masse ponctuelle (DIS_TR_N),
136 éléments volumiques (modélisation '3D') pour le radier,
Les caractéristiques du sol sous la fondation sont celles du test ZZZZ108.

Analyse modale : calcul des 10 premières fréquences propres.

11.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 187

Nombre de mailles et type : 136 PENTA6, 272 TRIA3, 246 SEG2, 26 POI1

12 Résultats de la modélisation E

12.1 Valeurs testées

Analyse modale

Identification	Référence
Fréquence no 1	4,57 *Hz*
Fréquence no 2	4,58 *Hz*
Fréquence no 3	4,82 *Hz*
Fréquence no 4	4,83 *Hz*
Fréquence no 5	7,27 *Hz*

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

13 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus constituent des valeurs de test de non régression. Les légères différences des valeurs de fréquences entre les 2 premières modélisations correspondent aux différences de représentation de la fondation : hypothèse rigide avec les modes de corps rigide pour la modélisation A et hypothèse souple avec tous les modes contraints pour la modélisation B.

On peut cependant constater, à titre de comparaison, qu'il y a correspondance générale entre les fréquences de résonance des tests SDLL109[2] et ZZZZ200 obtenues avec un modèle de ressorts de sol équivalent et les pics vers $3,9$, $4,8$ et $7,1\,Hz$ des réponses harmoniques obtenues à partir du calcul complet d'interaction sol-structure, par méthode fréquentielle de couplage, dans MISS3D lancé par le test ZZZZ108.

La modélisation C donne des résultats très proches de la A, les écarts étant inférieurs à 0,1 %.

On constate que pour la modélisation D, une amplitude de chargement à $0,25\,G$ est suffisante pour faire décoller les $2.4\,\%$ du radier par rapport au sol.

2 Ce test n'est pas accessible au public.

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