SDLL108 - "Table à café" de NEUBERT

Résumé

Ce problème multidirectionnel consiste à effectuer une analyse sismique spectrale d'une structure composée d'éléments de poutres sans masses et de masses discrètes aux nœuds. Il comprend une modélisation.

L'excitation sismique est fournie sous la forme de trois spectres de réponse d'oscillateurs en accélération aux appuis selon les axes X , Y et Z .

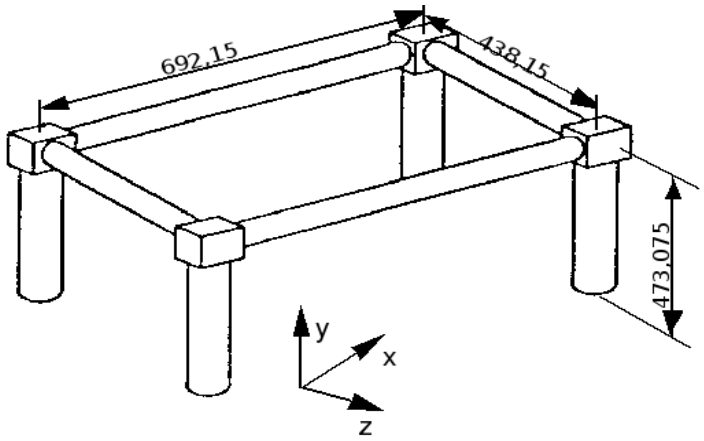
Par l'intermédiaire de ce problème, on teste la commande MODE_STATIQUE et les options de combinaison quadratique des modes et de combinaison quadratique et de combinaison de Newmark des directions des excitations de la commande COMB_SISM_MODAL .

Les résultats obtenus sont en bon accord avec les résultats de référence obtenus avec le code HERCULE.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



$L = 0.69215\, m$
$l = 0.43815\, m$
$H = 0.473075\, m$

Section circulaire creuse :
$d_e = 0.060\, m$
$d_i = 0.052\, m$
$S = 0.7037\, 10^{-3}\, m^2$
$I_y = I_z = 0.2772\, 10^{-6}\, m^4$
$A_y = A_z = 2.$
$C_y = 0.5545\, 10^{-6}\, m^4$

1.2 Propriétés de matériaux

$E = 1.92276\, EIIN / m^2$
$\nu = 0.3$
$\rho = 7800.0\, kg / m^3$

Quatre masses de $4.444\, kg$ sont localisées aux quatre sommets supérieurs, voir figure.

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

1.3 Conditions aux limites et chargements

- Structure encastrée à sa base,
- Amortissements modaux de $2\ \%$.

Définition du spectre d'accélération aux appuis

Fréquence	X	Z	Y
100	17.3		11.5
110	16.3		10.9
120	15.3		10.2
130	14.3		9.6
300	10.2		6.66

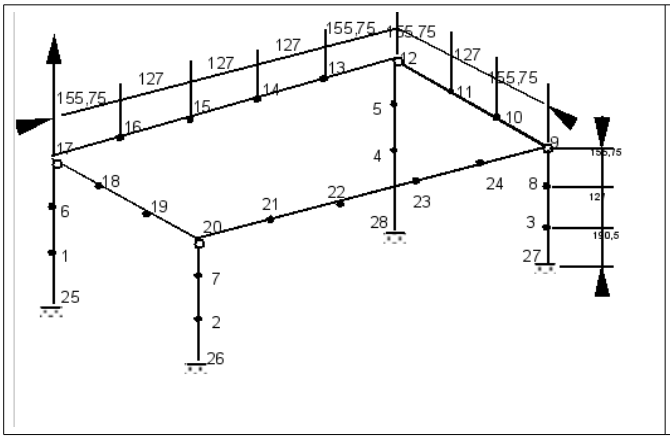
- pour un amortissement de $2\ \%$,
- accélération en g .

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

Les résultats de référence ont été obtenus à la fois de manière expérimentale [1] et avec le code HERCULE [2]. Le modèle éléments finis utilisé est identique a celui utilisé pour la modélisation A effectuée avec *Code_Aster*.



Maille : $1019 : N6-N17$
$1009 : N17-N18$
$1008 : N17-N16$

Masses des coins : $4.444\,kg$
Masses intermédiaires : $0.783\,kg$

Les dimensions géométriques utilisées dans les calculs avec HERCULE sont très légèrement différentes de celles présentées au §1.1 :

- $L=692.50\,mm$; $l=438.50\,mm$; $H=473.25\,mm$

2.2 Résultats de référence

- Fréquences propres
- Déplacements aux points constituant les coins de la table,
- Réactions d'appuis aux ancrages,
- Efforts internes aux "coins".

Identification	**Référence [bib-1] expérimentale**	**Référence [bib-2] Hercule**	**Masses effectives** (% de la masse totale)		
Mode	Fréquence(Hz)	Fréquence(Hz)	X	Y	Z
1	110.0	110.857	94.2	0.0	0.0
2	117.0	115.471	0.0	0.0	94.4
3	134.0	135.936	0.0	0.0	0.0
4	214.0	213.541	0.0	0.0	0.0
5	416.0	417.332	0.0	0.0	0.0
6		434.813	0.0	24.1	0.0
7		464.097	0.0	0.0	0.0
8	553.0	557.262	0.0	0.0	0.3
9	821.0	821.746	0.0	18.0	0.0
10		847.071	0.0	0.0	0.0
11	927.0	978.174	1.6	0.0	0.0
12		991.842	0.0	2.2	0.0
13		1021.669	1.8	0.0	0.0
14		1040.240	0.0	0.0	0.0
15		1056.948	0.0	0.0	0.2
16		1088.861	0.0	18.8	0.0

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

17		1093.157	1.2	0.0	0.0
18		1107.870	0.0	0.0	0.0

Identification			Valeurs obtenues avec combinaison	
			quadratiques des directions des excitations	de NEWMARK des directions des excitations
Déplacement :				
$N17$		$DX(m)$	3.4246E-04	3.4265E-04
		$DY(m)$	4.3562E-06	4.8392E-06
		$DZ(m)$	3.0321E-04	3.0324E-04
		$DRX(rad)$	3.7031E-04	3.7612E-04
		$DRY(rad)$	4.7665E-05	5.2602E-05
		$DRZ(rad)$	5.1104E-04	5.2310E-04
Réactions :				
$N25$		$FX(N)$	1.2536E+03	1.2790E+03
		$FY(N)$	1.2473E+03	1.3868E+03
		$FZ(N)$	1.2196E+03	1.2441E+03
		$MX(N.m)$	3.2474E+02	3.2789E+02
		$MY(N.m)$	4.1310E+00	4.5579E+00
		$MZ(N.m)$	3.4846E+02	3.5199E+02
Efforts :				
1019	$N17$	$FX(N)$	1.1312E+03	1.1486E+03
		$FY(N)$	1.2431E+03	1.3793E+03
		$FZ(N)$	1.0982E+03	1.1141E+03
		$MX(N.m)$	2.2833E+02	2.2982E+02
		$MY(N.m)$	4.1301E+00	4.5580E+00
		$MZ(N.m)$	2.2068E+02	2.2537E+02
1009	$N17$	$FX(N)$	1.8813E+02	2.0079E+02
		$FY(N)$	1.0419E+03	1.0650E+03
		$FZ(N)$	1.3175E+02	1.4833E+02
		$MX(N.m)$	2.2833E+02	2.2975E+02
		$MY(N.m)$	2.9165E+01	3.2490E+01
		$MZ(N.m)$	1.6408E-01	1.6400E-01
1008	$N17$	$FX(N)$	2.9587E+02	3.3579E+02
		$FY(N)$	6.3879E+02	6.7526E+02
		$FZ(N)$	2.6539E+02	2.7947E+02
		$MX(N.m)$	1.8400E-01	1.8500E-01
		$MY(N.m)$	3.2361E+01	3.5570E+01
		$MZ(N.m)$	2.2068E+02	2.2535E+02

Remarques

- Les déplacements des coins $(N9, N12, N17, N20)$ sont identiques,
- Les réactions aux appuis $(N25, N26, N27, N28)$ sont identiques,
- Les efforts généralisés sont exprimés dans le repère global.

2.3 Références bibliographiques

1) NEUBERT V. H. et EZELL W. H. : Dynamic behavior of a foundation like structure. ASME Colloquium on Mechanical Impedance Methods for Mechanical Vibrations, pp. 77-86, 1958.

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

2) HERCULE : code de calcul par éléments finis pour le génie civil développé par SOCOTEC.

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

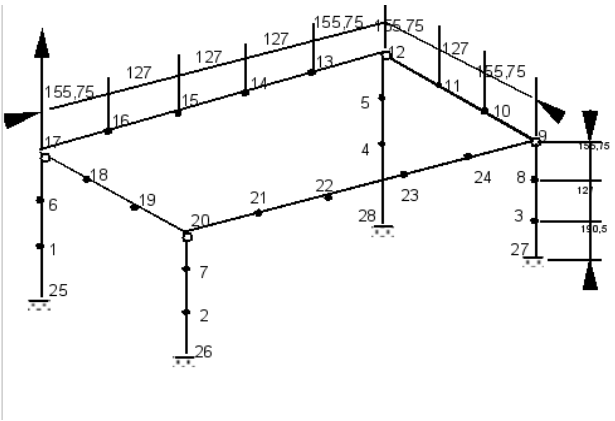
3 Modélisation A

La modélisation A est identique à la modélisation B. Son intérêt consiste à valider le mot clef FREQ_COUP, qui permet d'entrer la fréquence à laquelle on va lire sur le SRO le niveau de correction statique de la réponse sismique.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation



Maille $E3$: $N6-N17$
$E4$: $N17-N18$
$E19$: $N17-N16$

Masses de coins : $4.444\,kg$

Masses intermédiaires : $0.783\,kg$

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 28

Nombre de mailles et types : 52 (28 MECA_POU_D_T et 24 MECA_DIS_T_N)

4.3 Remarques

Les modes sont normalisés à la masse généralisée à 1.

La réponse globale s'obtient par combinaison quadratique des modes, puis successivement une combinaison quadratique et une combinaison de Newmark des directions des excitations.

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

4.4 Valeurs testées : fréquences

Identification	Référence	% tolérance
Mode	Fréquence (Hz)	
1	110.857	.1
2	115.471	.1
3	135.936	.1
4	213.541	.1
5	417.332	.1
6	434.813	.1
7	464.097	.1
8	557.262	.2
9	821.746	.1
10	847.071	.1
11	978.174	.2
12	991.842	.1
13	1021.669	.1
14	1040.240	.1
15	1056.948	.1
16	1088.861	.1
17	1093.157	.1
18	1107.870	.1

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

4.5 Valeurs testées avec combinaison quadratique des directions des excitations

Identification			Référence	% tolérance
Déplacement :				
$N17$		$DX(m)$	3.4246E-04	2.
		$DY(m)$	4.3562E-06	2.
		$DZ(m)$	3.0321E-04	2.
		$DRX(rad)$	3.7031E-04	2.
		$DRY(rad)$	4.7665E-05	2.
		$DRZ(rad)$	5.1104E-04	2.
Réactions REAC_NODA :				
$N25$		$FX(N)$	1.2536E+03	2.
		$FY(N)$	1.2473E+03	2.
		$FZ(N)$	1.2196E+03	2.
		$MX(N.m)$	3.2474E+02	2.
		$MY(N.m)$	4.1310E+00	2.
		$MZ(N.m)$	3.4846E+02	2.
Efforts EFGE_ELNO :				
$E3$	$N17$	$FX(N)$	1.1312E+03	2.
		$FY(N)$	1.2431E+03	2.
		$FZ(N)$	1.0982E+03	2.
		$MX(N.m)$	2.2833E+02	-2.
		$MY(N.m)$	4.1301E+00	2.
		$MZ(N.m)$	2.2068E+02	2.
$E4$	$N17$	$FX(N)$	1.8813E+02	2.
		$FY(N)$	1.0419E+03	2.
		$FZ(N)$	1.3175E+02	2.
		$MX(N.m)$	2.2833E+02	2.
		$MY(N.m)$	2.9165E+01	2.
		$MZ(N.m)$	1.6408E-01	2.
$E19$	$N17$	$FX(N)$	2.9587E+02	2.
		$FY(N)$	6.3879E+02	2.
		$FZ(N)$	2.6539E+02	2.
		$MX(N.m)$	1.8400E-01	2.
		$MY(N.m)$	3.2361E+01	2.
		$MZ(N.m)$	2.2068E+02	2.

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

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

4.6 Valeurs testées avec combinaison de NEWMARK des directions des excitations

Identification	Référence	% tolérance
Déplacement :		
$N17 \quad DX(m)$	3.4265E-04	2.
$DY(m)$	4.8392E-06	2.
$DZ(m)$	3.0324E-04	2.
$DRX(rad)$	3.7612E-04	**2.**
$DRY(rad)$	5.2602E-05	2.
$DRZ(rad)$	5.2310E-04	2.
Réactions REAC_NODA :		
$N25 \quad FX(N)$	1.2790E+03	2.
$FY(N)$	1.3868E+03	2.
$FZ(N)$	1.2441E+03	2.
$MX(N.m)$	3.2789E+02	2.
$MY(N.m)$	4.5579E+00	2.
$MZ(N.m)$	3.5199E+02	2.
Efforts EFGE_ELNO :		
$E3 \quad N17 \quad FX(N)$	1.1486E+03	2.
$FY(N)$	1.3793E+03	2.
$FZ(N)$	1.1141E+03	2.
$MX(N.m)$	2.2982E+02	2.
$MY(N.m)$	4.5580E+00	2.
$MZ(N.m)$	2.2537E+02	2.
$E4 \quad N17 \quad FX(N)$	2.0079E+02	2.
$FY(N)$	1.0650E+03	2.
$FZ(N)$	1.4833E+02	2.
$MX(N.m)$	2.2975E+02	2.
$MY(N.m)$	3.2490E+01	2.
$MZ(N.m)$	1.6400E-01	2.
$E19 \quad N17 \quad FX(N)$	3.3579E+02	2.
$FY(N)$	6.7526E+02	2.
$FZ(N)$	2.7947E+02	2.
$MX(N.m)$	1.8500E-01	2.
$MY(N.m)$	3.5570E+01	2.
$MZ(N.m)$	2.2535E+02	2.

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

- Les déplacements des coins $(N9, N12, N17, N20)$ sont identiques,
- Les réactions aux appuis $(N25, N26, N27, N28)$ sont identiques,
- Les efforts généralisés sont exprimés dans le repère global.

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

5 Synthèse des résultats

On obtient un accord relativement bon entre la solution calculée avec *Code_Aster* et la solution calculée par HERCULE :

- Fréquences : les écarts observés pour les 18 premières fréquences sont faibles, inférieurs à 0.2% .
- Déplacements : les écarts observés sont inférieurs à 1% si on utilise une combinaison quadratique des directions des excitations, et inférieurs à $2\ \%$ si on utilise une combinaison de Newmark des directions des excitations.
- Efforts : les écarts observés sont inférieurs à 2% .

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