

SalomeMecaの使いかた -- 11.0 周波数応答 (減衰無し)

信頼性課 藤井 08/5/27

SalomeMecaの使いかた -- 11.0 周波数応答 (減衰無し) (SalomeMeca 2008.1)

目次

1. 目的
2. 解析方法
 - 2-1. モデルの読み込みとメッシュの作成
 - 2-2. Code_Aster の作成
 - 2-3. Code_Aster の修正
 - 2-4. 実行
 - 2-5. 結果の確認
3. 加速度 1G で加振した時の周波数応答
 - 3-1. Code_Aster の作成
 - 3-2. 実行、結果の確認

1. 目的

モーダル解析では、固有振動数と変形モード (形状) を確認することができたが、ここでは、変動する外力に対して、モデルがどのように応答して変形していくかを確認する。

振動試験の共振試験に近い状態。共振試験では、加振 G に対して、ピックアップを付けたところの G がどのように振動しているかを確認している。

周波数応答では、変動する外力 (加振) に対して、モデルがどのように応答して変形していくかを確認する。

2. 解析方法

モデルは単純な片持ち梁のモデルを使って、解析する。

片持ち梁の先端に変動荷重を掛けたときの先端の周波数応答 (加速度) を求めてみる。

Code_Aster は、ウィザードで作ったモーダル解析の Code_Aster を修正して、周波数応答解析を実施。

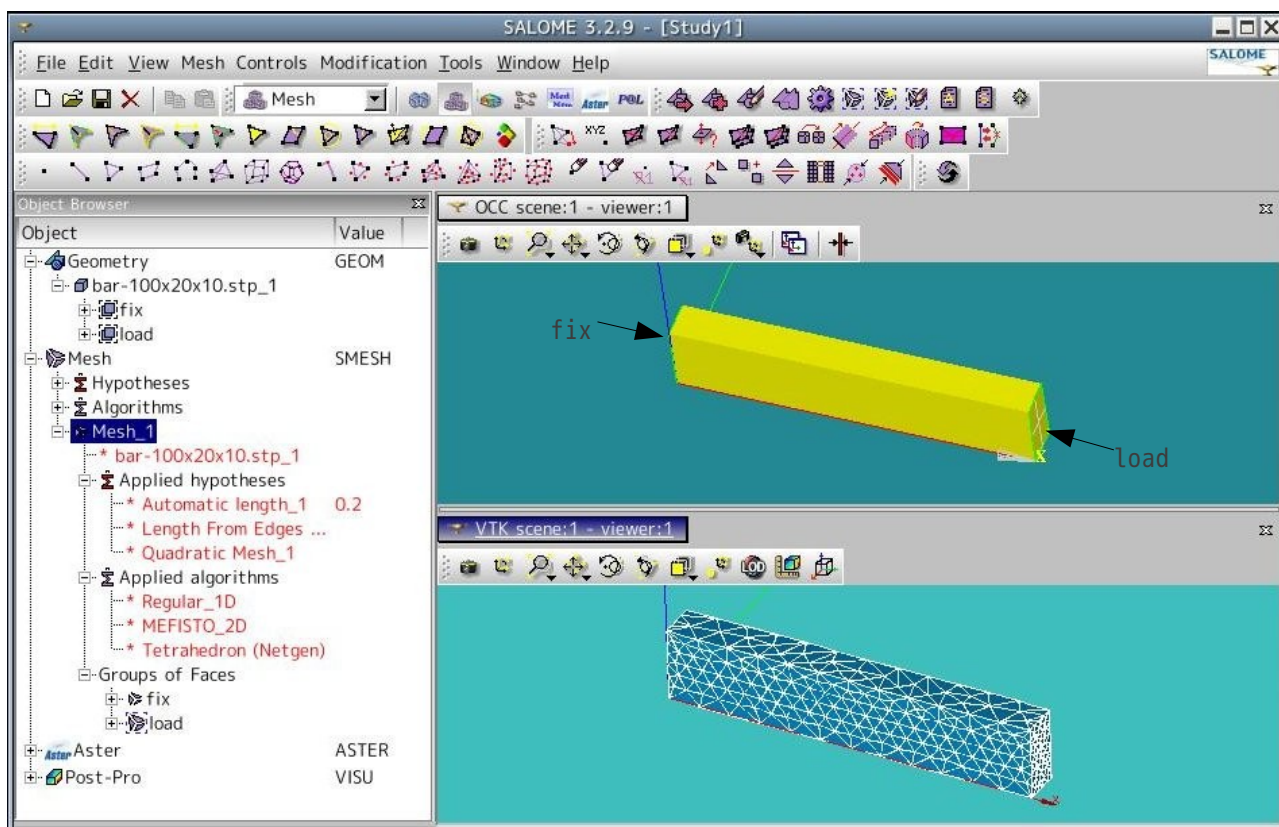
2-1. モデルの読み込みとメッシュの作成

Salome を起動して、モデル「bar-100x20x10.stp」を読み込む。固定する面と荷重を付加する面をグループ化しておく。fix 面：固定面、load 面：変動荷重を付加する面

メッシュは、Automatic Length 0.2 で三角形の 2 次メッシュとした。

データは、~/CAE/harmo-bar/のフォルダを作りこの中に保存するようにした。

SalomeMecaの使いかた -- 11.0 周波数応答（減衰無し）



2-2. Code_Aster の作成

SalomeのAster画面で、モーダル解析のウィザードを使ってCode_Asterを作成する。
材料定数は、適当に入力している。

ヤング率	130300 MPa
ポアソン比	0.343
密度	7.8e-9 ton/mm ³

2-3. Code_Aster の修正

Aster画面からEFICASを起動してCode_Asterを修正する。
まず、静荷重を下記の様に定義する。

AFFE_CHAR_MECA	BLOCAGE	
MODELE	MODELE	
DDL_IMPO		#ウィザードが設定
GROUP_MA	fix	
DX	0.0	
DY	0.0	
DZ	0.0	
FORCE_FACE		#load面に
GROUP_MA	load	
FZ	1	#Z方向1Nの荷重を設定

SalomeMecaの使いかた -- 11.0 周波数応答（減衰無し）

設定した load 面の静荷重 1N を変動荷重として定義する。
MODE_ITER_SIMULT コマンドの次に以下を追加する。

CALC_VECT_ELEM	vent	#静荷重として設定した BLOCAGE を
OPTION	CHAR_MECA	
b_char_meca		
CHARGE	BLOCAGE	
b_charge		
ASSE_VECTEUR	vectass	#変動荷重として設定
VECT_ELEM	vect	
NUME_DDL	NUMEDDL	

BLOCAGE で設定した境界条件は、DDL_IMPO と FORCE_FACE であり、DDL_IMPO は固定の為、値は全て 0 になっている。FORCE_FACE は、1N の値を設定している。BLOCAGE で設定した全ての変位、荷重を変動負荷にするが、DDL_IMPO は値が 0 の為、変動負荷として設定されるのは、荷重 1N のみとなる。

次に変動荷重を変化させる周波数を定義する。ここでは、100Hz から 2000Hz までの 100Hz 間隔で計算してみる。この為の設定は、以下の様になる。

DEF_LIST_REEL	Lfreq	
DEBUT	100	#100Hz から
INTERVALLE		
JUSQU_A	2000	#2000Hz まで
PAS	100	#100Hz 毎に計算する。

次に solver 部分を以下のように定義する。

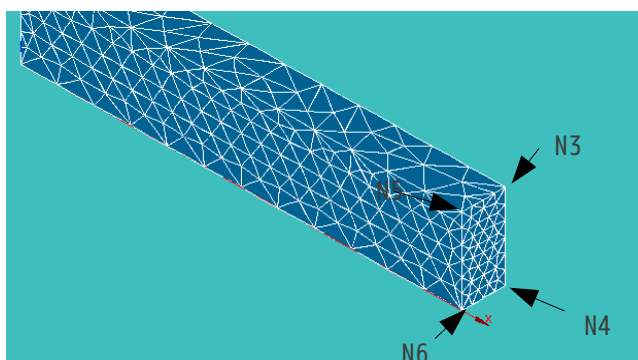
DYNA_LINE_HARM	dynaharm	
MATR_MASS	MASSE	#質量マトリックス
MATR_RIGI	RIDGIDITE	#剛性マトリックス
LIST_FREQ	Lfreq	#周波数の計算間隔
EXCIT		
VECT_ASSE	vectass	#変動負荷
COEF_MULT	1	

次に出力項目を以下のように定義する。

周波数応答の為、どこのポイントの周波数応答を解析するのかを定義する必要がある。モデル先端の振れが最大になると考えられるため、モデル先端の角の節点の周波数応答を解析する。（振動ピックアップをモデル先端の角に付けて共振試験をすることと等価）

先端の角部の節点 No. を調べる必要がある。節点 No. を調べるためには、「Mesh」 「Mesh Element Info」で節点を選択すれば節点 No. を調べることができる。参考までにモデル先端の節点 No. は、下図の様になっていた。今回は、N3 の周波数応答を調べることにする。

SalomeMecaの使いかた -- 11.0 周波数応答 (減衰無し)



以下で節点 N3 の周波数応答を出力させることができる。尚、周波数応答は、DEPL (振幅)、VITE (速度)、ACCE (加速度) を求めることができるが、ここでは N3 の加速度を求める。

```
IMPR_RESU
MODELE
b_format_resultat
RESU
RESULTAT
b_sensibilite
b_extrac
  NOM_CHAM          ACCE          #加速度を求める
b_parametres
b_cmp
b_topologie
  NOEUD            N3            #節点 N3 の加速度を求める
b_valeurs
```

2-4. 実行

修正した Code_Aster を保存して実行する。

実行後は、結果が「ModalAnalysis_3DMesh_1.resu」に出力されている。以下に結果の一部をしめす。又、モーダル解析の Code_Aster は、そのまま残しているので、この結果も確認することができる。この結果は、

次数	周波数
1	663.0 Hz
2	1291.3 Hz
3	3971.0 Hz
4	4739.4 Hz
5	6944.8 Hz

と確認できる。

-----出力結果の一例-----

```
ASTER 9.02.00 CONCEPT dynaharm CALCULE LE 26/04/2008 A 23:23:54 DE TYPE
DYNA_HARMO
```

```
ENTITES TOPOLOGIQUES SELECTIONNEES
```

```
NOEUD      : N3
```

SalomeMecaの使いかた -- 11.0 周波数応答 (減衰無し)

=====>

----->

```
CHAMP AUX NOEUDS DE NOM SYMBOLIQUE ACCE          #加速度
NUMERO D'ORDRE: 1  FREQ:  1.00000E+02
NOEUD      DX      DY      DZ
N3         4.54933E+03  2.71971E-01 -3.10390E+04
           0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00
```

=====>

----->

```
CHAMP AUX NOEUDS DE NOM SYMBOLIQUE ACCE
NUMERO D'ORDRE: 2  FREQ:  2.00000E+02
NOEUD      DX      DY      DZ
N3         1.84934E+04  1.02479E+00 -1.26367E+05
           0.00000E+00  0.00000E+00  0.00000E+00
```

-----ここまで-----

2-5. 結果の確認

前項の出力結果では、データをグラフ化することが難しい。この為、出力結果ファイルから必要なデータのみ取り出すスクリプトを作成しているので、これを使って必要なデータを取り出す。

使いかたは、Salomeが出力した結果ファイル（拡張子がresuのファイル）を~/CAE/conv-harm1/フォルダ内にコピーする。この後、同じフォルダ内の、「get_ans」をダブルクリックして、これを実行する。

これで、必要なデータのみ抽出した結果ファイル「out.csv」ができあがる。このファイルをOpenOfficeで読み込んで、グラフ化することができる。

今回の解析結果をグラフ化すると、以下の様になる。

SalomeMecaの使いかた -- 11.0 周波数応答 (減衰無し)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		node	DX	DY	DZ	DX	DY	DZ		Hz	ACC-X	ACC-Y	ACC-Z
3		N3	4.55E+03	2.72E-01	-3.10E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		100	4549.33	0.27	31039
4		N3	1.85E+04	1.02E+00	-1.26E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		200	18493.4	1.02	126367
5		N3	4.28E+04	1.96E+00	-2.93E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		300	42776.9	1.96	293040
6		N3	7.92E+04	2.00E+00	-5.44E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		400	79181.8	2	544371
7		N3	1.31E+05	-3.58E+00	-9.03E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		500	130727	3.58	902914
8		N3	2.02E+05	-5.43E+01	-1.41E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		600	202458	54.3	1406380
9		N3	3.03E+05	2.53E+02	-2.12E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		700	303049	253.49	2119850
10		N3	4.49E+05	1.53E+02	-3.16E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		800	448555	153.16	3163030
11		N3	6.72E+05	1.84E+02	-4.78E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		900	671506	183.66	4779630
12		N3	1.05E+06	2.66E+02	-7.55E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		1000	1049400	266.08	7549670
13		N3	1.82E+06	4.55E+02	-1.33E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		1100	1821990	454.85	13267700
14		N3	4.28E+06	1.09E+03	-3.16E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		1200	4279400	1085.98	31591500
15		N3	-4.98E+07	-1.31E+04	3.73E+08	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		1300	49816200	13104.3	373440000
16		N3	-4.34E+06	-1.20E+03	3.31E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		1400	4336000	1198.11	33067300
17		N3	-2.44E+06	-7.14E+02	1.89E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		1500	2435630	713.85	18934500
18		N3	-1.76E+06	-5.51E+02	1.40E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		1600	1757590	550.57	13959200
19		N3	-1.40E+06	-4.73E+02	1.14E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		1700	1403290	472.83	11415100
20		N3	-1.18E+06	-4.30E+02	9.87E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		1800	1180780	430.35	9865250
21		N3	-1.02E+06	-4.06E+02	8.82E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		1900	1024220	405.89	8817120
22		N3	-9.05E+05	-3.92E+02	8.06E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00		2000	904918	391.93	8056220
23													
24											=sqrt(dx^2+dx^2)		

グラフから、700Hzと1300Hz近辺に共振がある。

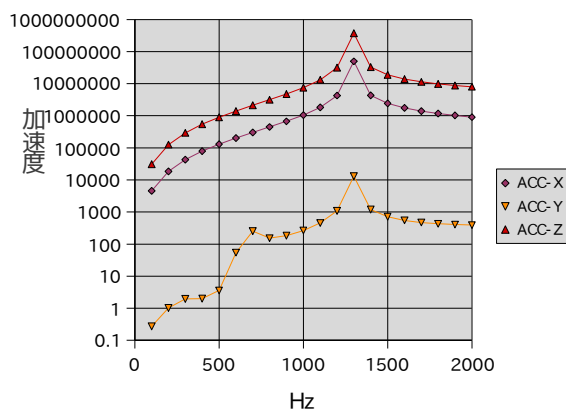
2-4項のモーダル解析結果からは、

663Hz

1291Hz

に固有振動数が認められるため、この結果からも理解できる。

この結果が、梁の先端に1Nの変動荷重を掛けたときの先端の周波数応答(加速度)を求めた結果となる。ただし、今回の解析は、減衰をまったく無視している。この為、共振時の加速度が、 100km/s^2 を超えている。理論的には、減衰が無い場合、固有振動数で加振すると振幅が無敵大になってしまう。



3. 加速度 1G で加振した時の周波数応答

前項の結果は、片持ち梁の先端に1Nの変動荷重(振動荷重)を掛けた場合の、先端の周波数応答(加速度)を求めた結果である。

ここでは、モデル全体に1G (9.8m/s^2)の振動を加えた時の梁先端の周波数応答を確認してみる。粘性減衰は、ここでも無視しておく。

3-1. Code_Aster の作成

前項の結果は、荷重を変動させたが、ここでは荷重の代わりに、加速度を変動させる。従って、前項のデータを一部修正すれば済む。

SalomeMecaの使いかた -- 11.0 周波数応答 (減衰無し)

この為、前項のデータが保存されているフォルダ (~ /CAE/harmo-bar/) をフォルダごと ~ /CAE/harmoG-bar/ にコピーする。

コピー後、SalomeのAster画面上から、「Export to Advanced Study Manager (ASTK)」で、*.astk ファイルを ~ /CAE/harmoG-bar/ 内に保存する。保存後は、ASTK を起動し、ファイル名を正しく設定し、これを使って解析することができる。

EFICAS を起動して、Code_Aster を編集する。

AFFE_CHAR_MECA で設定している FORCE_FACE の荷重を削除し、FORCE_INTERNE を追加する。FORCE_INTERNE が Volume に対して、荷重を加えるオペランドの為、これを使う。(加速度を直接入力できるオペランドが無い為、このオペランドを使った。マニュアルには、加速度を付加する GRAVITY オペランドが存在するが、EFICAS では、これが表示されない。FORCE_INTERNE は単位体積あたりに働く荷重を定義するオペランドであり、これは加速度を負荷することと等価である為、これを使う。)

Code_Aster を以下の様に変更する。

尚、単位体積あたりに働く荷重は、密度に重力加速度を掛ければ求めることができるので、下記の様になる。

$$\begin{aligned} \text{単位体積あたりの荷重} &= \text{密度} \times \text{重力加速度} \\ &= 7.8e-9 \times 9.8e3 \quad \# \text{単位に注意する} \\ &= 0.00007645 \quad (\text{N/mm}^3) \end{aligned}$$

これで、1Gの加速度でモデル全体を加振した時の周波数応答を求めることになる。

AFFE_CHAR_MECA	BLOCAGE	
MODELE	MODELE	
DDL_IMPO		
GROUP_MA	fix	#fixを固定
DX	0.0	
DY	0.0	
DZ	0.0	
FORCE_INTERNE		#単位体積あたりの荷重を定義
TOUT	OUI	#モデル全体に適用
FZ	0.00007645	#単位が N/mm ³ になることに注意

3-2. 実行、結果の確認

ASTK を使って実行する。実行にあたって、メモリ容量と制限時間を確認する。(256MB、300s で計算した。)

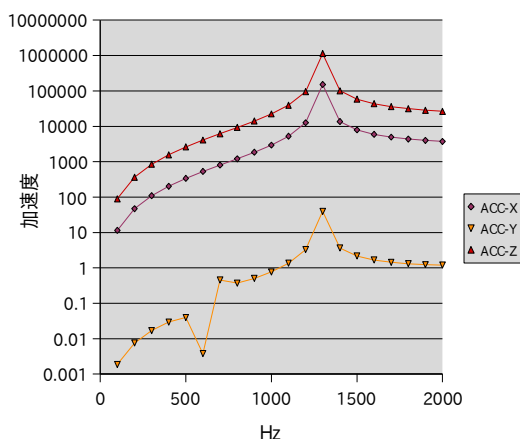
計算が終了した後は、2-5 項と同様にしてデータを抽出し、抽出したデータをグラフ化する。

この結果が、右図になる。

粘性減衰を考慮していないので、共振時の加速度が異常に大きい。(理論的には無限大になる。)

Y 軸方向の加速度は、加振が Z 軸方向の為、小さく、加振の 1G に近い。

X 方向の加速度は、Z 軸同様に大きな値を示しているが、これは X 軸のばね定数が Z 軸方向のばね定数に近いと考える。(計算はしていないが・・・。)



4. ソースコード

ここで使用したソースコードを参考の為、示す。

SalomeMecaの使いかた -- 11.0 周波数応答 (減衰無し)

4-1. データ抽出のソースコード

Salome が出力したデータから必要なデータのみを抽出するスクリプトを示す。

Pythonを使ってデータを抽出するスクリプトを作り、シェルスクリプトがPythonスクリプトを実行して、データを抽出する構成になっている。

```
-----get_ans (シェルスクリプト) -----
#!/bin/bash
#
rm out.resu                #out.resu を削除
mv *.resu out.resu        #Salome 出力ファイルを out.resu にリネーム
python get2line.py > out.csv #python の出力を out.csv へ
chmod 666 out.csv         #out.csv を読み書き可能に変更
-----ここまで-----

-----get2line.py (Python スクリプト) -----
# coding: EUC-JP
#
# データ変換
#
# 出力されたデータファイルから必要なデータのみ抽出する。
#
import sys
f = open('out.resu')
line = f.readline()
getline = ' node          DX          DY          DZ          DX          DY
DZ' + '\n'
while line:
    if line[0:8] == ' ----->' :
        line = f.readline()
        line = f.readline()
        line = f.readline()
        gline1 = f.readline()
        gline1 = gline1[0:len(gline1) - 1 ]
        gline2 = f.readline()
        getline = getline + gline1 + gline2
        line = f.readline()
f.close()
print getline
-----ここまで-----

#この文字列から4,5行目を抽出する。
#4,5行目を加えて1行にする。
```

4-2. Code_Aster のソースコード

```
-----bar-100.comm (1Nの変動加重) -----
DEBUT();

MAIL=LIRE_MAILLAGE(UNITE=20,
```


SalomeMecaの使いかた -- 11.0 周波数応答 (減衰無し)

```
FORMAT='MED',);

MODELE=AFFE_MODELE(MAILLAGE=MAIL,
  AFFE=_F(TOUT='OUI',
    PHENOMENE='MECANIQUE',
    MODELISATION='3D',),);

ACIER=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=130300.0,
  NU=0.343,
  RHO=7.8e-9,));

CHMAT=AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MAIL,
  AFFE=_F(TOUT='OUI',
    MATER=ACIER,));

BLOCAGE=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MODELE,
  DDL_IMPO=_F(GROUP_MA='fix',
    DX=0.0,
    DY=0.0,
    DZ=0.0,),
  FORCE_FACE=_F(GROUP_MA='load',
    FZ=1.0,));

MACRO_MATR_ASSE(MODELE=MODELE,
  CHAM_MATER=CHMAT,
  CHARGE=BLOCAGE,
  NUME_DDL=CO('NUMEDDL'),
  MATR_ASSE=( _F(MATRICE=CO('RIGIDITE'),
    OPTION='RIGI_MECA',),
  _F(MATRICE=CO('MASSE'),
    OPTION='MASS_MECA',),),);

MODES=MODE_ITER_SIMULT(MATR_A=RIGIDITE,
  MATR_B=MASSE,
  CALC_FREQ=_F(OPTION='PLUS_PETITE',
    NMAX_FREQ=5,));

vect=CALC_VECT_ELEM(OPTION='CHAR_MECA',
  CHARGE=BLOCAGE,);

vectass=ASSE_VECTEUR(VECT_ELEM=vect,
  NUME_DDL=NUMEDDL,);

Lfreq=DEFI_LIST_REEL(DEBUT=100.0,
  INTERVALLE=_F(JUSQU_A=2000.0,
    PAS=100.0,));

dynaharm=DYNA_LINE_HARM(MATR_MASS=MASSE,
  MATR_RIGI=RIGIDITE,
  LIST_FREQ=Lfreq,
```

SalomeMecaの使いかた -- 11.0 周波数応答 (減衰無し)

```
EXCIT=_F(VECT_ASSE=vectass,
         COEF_MULT=1.0,));
```

```
IMPR_RESU(MODELE=MODELE,
          FORMAT='MED',
          RESU=_F(MAILLAGE=MAIL,
                 RESULTAT=MODES,
                 NOM_CHAM='DEPL',),));
```

```
IMPR_RESU(MODELE=MODELE,
          RESU=_F(RERESULTAT=dynaharm,
                 NOM_CHAM='ACCE',
                 NOEUD='N3',),));
```

```
FIN();
```

-----ここまで-----

-----bar-100.comm (1Gの変動加速度)-----

```
DEBUT();
```

```
MAIL=LIRE_MAILLAGE(UNITE=20,
                  FORMAT='MED',);
```

```
MODELE=AFFE_MODELE(MAILLAGE=MAIL,
                   AFPE=_F(TOUT='OUI',
                          PHENOMENE='MECANIQUE',
                          MODELISATION='3D',),));
```

```
ACIER=DEFI_MATERIAU(ELAS=_F(E=130300.0,
                             NU=0.343,
                             RHO=7.8e-9,));
```

```
CHMAT=AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MAIL,
                    AFPE=_F(TOUT='OUI',
                           MATER=ACIER,));
```

```
BLOCAGE=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=MODELE,
                       DDL_IMPO=_F(GROUP_MA='fix',
                                    DX=0.0,
                                    DY=0.0,
                                    DZ=0.0,),
                       FORCE_INTERNE=_F(TOUT='OUI',
                                         FZ=0.00007644,));
```

```
MACRO_MATR_ASSE(MODELE=MODELE,
                CHAM_MATER=CHMAT,
                CHARGE=BLOCAGE,
                NUME_DDL=CO('NUMEDDL'),
                MATR_ASSE=( _F(MATRICE=CO('RIGIDITE'),
                               OPTION='RIGI_MECA',),
```

SalomeMecaの使いかた -- 11.0 周波数応答 (減衰無し)

```
      _F(MATRICE=CO('MASSE'),
        OPTION='MASS_MECA',),),);

MODES=MODE_ITER_SIMULT(MATR_A=RIGIDITE,
  MATR_B=MASSE,
  CALC_FREQ=_F(OPTION='PLUS_PETITE',
    NMAX_FREQ=5,),);

vect=CALC_VECT_ELEM(OPTION='CHAR_MECA',
  CHARGE=BLOPAGE,);

vectass=ASSE_VECTEUR(VECT_ELEM=vect,
  NUME_DDL=NUMEDDL,);

Lfreq=DEFI_LIST_REEL(DEBUT=100.0,
  INTERVALLE=_F(JUSQU_A=2000.0,
    PAS=100.0,),);

dynaharm=DYNA_LINE_HARM(MATR_MASS=MASSE,
  MATR_RIGI=RIGIDITE,
  LIST_FREQ=Lfreq,
  EXCIT=_F(VECT_ASSE=vectass,
    COEF_MULT=1.0,),);

IMPR_RESU(MODELE=MODELE,
  FORMAT='MED',
  RESU=_F(MAILLAGE=MAIL,
    RESULTAT=MODES,
    NOM_CHAM='DEPL',),);

IMPR_RESU(MODELE=MODELE,
  RESU=_F(RESULTAT=dynaharm,
    NOM_CHAM='ACCE',
    NOEUD='N3',),);

FIN();
-----ここまで-----
```