

Sfepy による動解析

藤田 拓生^{1†}

¹オープン CAE 勉強会@関東(構造など)

Dynamic Analysis with Sfepy

Takuo FUJITA^{*†}

^{*}Open CAE meeting@Kanto(structure)

Abstract

Sfepy is a Python module to solve partial differential equations (PDEs) with Finite Element Method (FEM) developed by Robert Cimrman et al of the Czech Republic. Input files are described by Python dictionary and tuple, and C and Fortran are used for matrix calculation etc. Sfepy has been upgraded almost every 3 months, Version 2018.1 was released on March 6, 2018 (latest 2018.3). Since the dynamic analysis function has been enhanced from this version, I will introduce it with a cantilever model.

Keywords: Sfepy, Python, FEM, Dynamic Analysis, Eigen Frequency

1. Sfepy とは

Sfepy は一言でいうと、偏微分方程式を有限要素法で解く Python モジュールであり、チェコ共和国の Robert Cimrman が中心のグループによって開発されている。入力ファイルを Python のディクショナリーとタプルで記述し、行列計算などの部分には C と Fortran が使われている。読み書きのしやすさ (Python) とスピード (C, Fortran) に適する言語が採用されている。

物理現象は場(field)を支配する偏微分方程式(partial differential equation, P. D. E.)によって記述される (例→楕円型方程式, 双曲型方程式, 放物型方程式, 拡散方程式)。これらの方程式は 2 階の偏微分方程式で、このまま(強形式のまま)解析的に厳密解を求めることが難しいことが多い。そこで、1 階の微分だけが含まれる式 (1 次導関数の積分の形) (弱形式)に変形する。強形式では解に 2 階微分可能であることが要求されるが、弱形式では 1 階微分可能であればよいので、解きやすくなる。弱形式の方程式は有限要素法によって近似解を求めることができる。

現在、使用可能な有限要素は 2 次元の三角形と四角形、3 次元の四面体と六面体でいずれも一次要素に限られる。シェル要素には対応してきているが、ビーム要素には対応していない。

また、プリ、ポストはなく、ソルバーのみである。

ほぼ 3 ヶ月ごとにバージョンアップされており、2018 年 3 月 6 日に Version 2018.1 がリリースされた (最新は 2018.3)。このバージョンから動解析の機能が強化されたので紹介する。

2. 実施内容

図 1 のように、 $0.2 \times 0.2 \times 1$ [m] の片持ちはりの解析モデルをヘキサ 1 次要素 (0.05m) で作成し、材料特性を鉄相当 (密度 7800 kg/m^3 , ヤング率 200 GPa , ポアソン比 0.3) の弾性体とする。左端を完全拘束し、右端に初速度 0.1 m/s を -Y 方向にかけて過渡応答解析を実施する。時間の離散化は Newmark Beta 法による。右端中央の節点で変位時刻歴を出力する。解析対象時間を 0.14 sec とする。出力された変位時刻

[†] E-mail address of corresponding author: pyontaku14@gmail.com

歴をフーリエ変換し、ピーク周波数を確認する．固有値解析を実施し、ピーク周波数の理論値と固有モードを確認する．

まとめると以下になる．

過渡応答解析→変位時刻歴をフーリエ変換→固有値解析→ピーク周波数の理論値と固有モードを確認

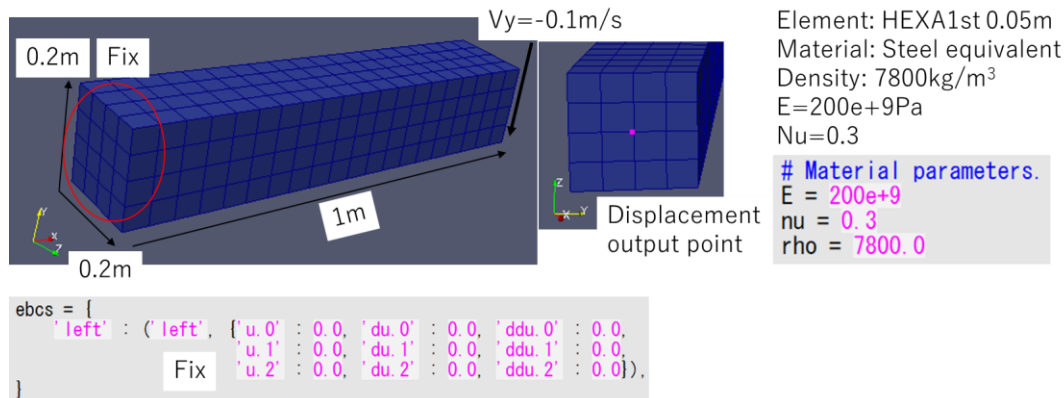


Fig. 1 Cantilever model

3. 結果

図 2 に SfePy による過渡応答解析から得られる変位時刻歴とそのフーリエ変換の振幅を示す．フーリエ変換には Scipy fftpack を使用した．5 つのピーク周波数が確認できる．図 3, 4 に SfePy による固有値解析から得られる固有周波数と固有モードを示す．図 2 のピーク周波数と一致することが確認できる．片持ちはりの 1 次固有周波数の理論値は(1)式で表される．この片持ちはりの 1 次固有周波数は 163.6Hz となり、図 2 のピーク周波数および図 3 の固有周波数とほぼ一致する．

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \frac{\lambda^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}}$$

(1)

f_0 : 共振周波数[Hz]

E: ヤング率[Pa]

I: 断面二次モーメント(=(奥行き × (縦³))/12)[m⁴]

ρ : 密度[kg/m³]

A: 断面積[m²]

l: 横[m]

$\lambda = 1.8751$

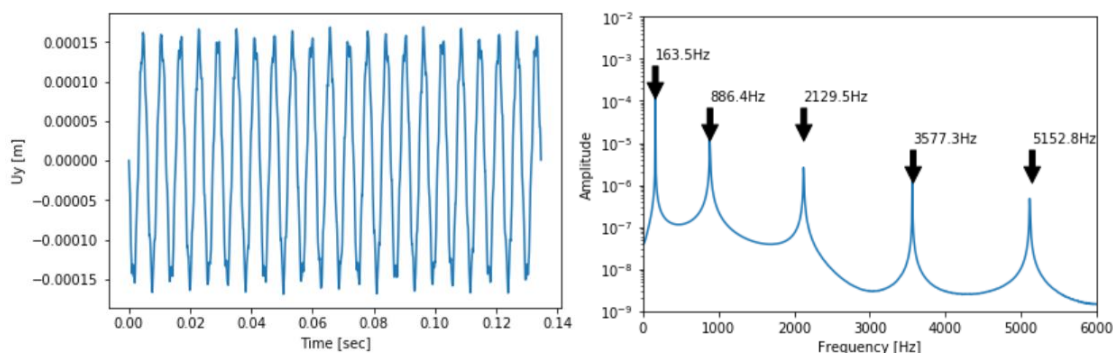


Fig. 2 Displacement Time History and Its Fourier Transformation

sfepy: 10 eigenvalues converged (0 ignored as rigid body modes)

sfepy: number	eigenvalue	angular frequency	frequency
sfepy: 1	1.055577717654e+06	1.027413119273e+03	1.635178765297e+02
sfepy: 2	2.177805847553e+07	4.666696741329e+03	7.427278542933e+02
sfepy: 3	3.101793785020e+07	5.569374996370e+03	8.863935606048e+02
sfepy: 4	6.425318421113e+07	8.015808394113e+03	1.275755528801e+03
sfepy: 5	1.790280978570e+08	1.338013818527e+04	2.129515131439e+03
sfepy: 6	1.970176881531e+08	1.403629894784e+04	2.233946360264e+03
sfepy: 7	5.052098054363e+08	2.247687267918e+04	3.577305392139e+03
sfepy: 8	5.529440062786e+08	2.351476145485e+04	3.742490521167e+03
sfepy: 9	5.749316657433e+08	2.397773270648e+04	3.816174684372e+03
sfepy: 10	1.048211433630e+09	3.237609355111e+04	5.152815326664e+03

Fig. 3 Eigen Frequencies

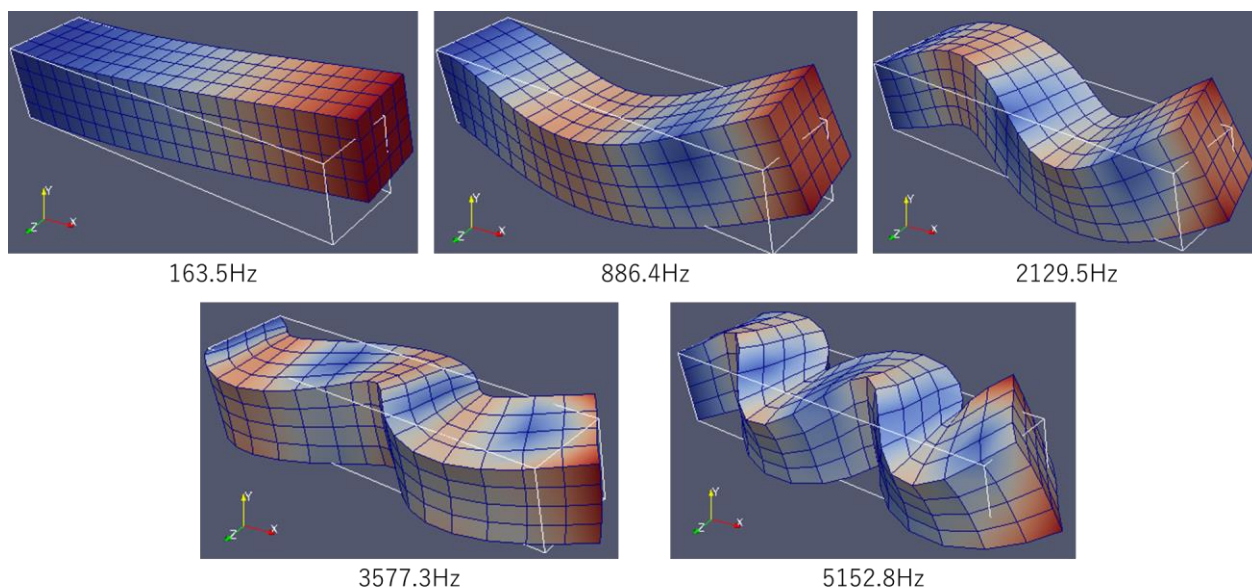


Fig. 4 Eigen Modes corresponds to Peak Frequencies in Fig. 2

4. まとめ

Sfepy Version2018.1 で動解析機能が強化されたので、片持ちはりの過渡応答解析を実施した。自由端の変位時刻歴をフーリエ変換し、ピーク周波数が理論値と固有周波数と一致することを確認した。

参考文献

- [1] <http://sfepy.org/doc-devel/index.html#>
- [2] <https://arxiv.org/pdf/1404.6391.pdf>
- [3] <http://www.ondrejcertik.com/media/euroscipy2008.pdf>