

## 単純梁の振動実験に基づく減衰パラメータの推定

東京理科大学 学生会員 ○栗原 幸也  
 元東京理科大学 非会員 林 徳俊  
 東京理科大学 正会員 佐伯 昌之

### 1 はじめに

社会基盤構造物の維持管理を目的として、構造物の健全性を定量的に評価する構造センシングが研究されている<sup>[1]</sup>。著者らも、精密小型加振機と無線センサネットワークを用いた構造センシング手法の開発を試みている<sup>[2]</sup>。本手法では、周波数伝達関数を高精度に計測できるので、周波数伝達関数を説明するような有限要素モデルをモデルアップデート解析で同定することができれば、構造物の健全性を評価できるものと思われる。そこで本研究では、まず図-1のような鋼製の単純梁を用いて振動実験を行い、観測された周波数伝達関数を有限要素法で説明することを試みた。

### 2.実験概要

図-1 および図-2 は室内振動実験の様子である。鋼板はSS400、寸法は2000[mm]×100[mm]×10[mm]、支承は硬質ゴムを用いた。周波数伝達関数を得るまでの手順は以下の通りである。

- 1)精密小型加振機を用いて、対象の梁を加振する。
- 2)レーザー変位計で梁中央部の変位の応答を計測する。
- 3)変位の時系列応答を離散 Fourier 変換し、振源関数で除したデータに ARX 法を適用し、周波数伝達関数を推定する。

### 3.検証結果

図-1に示す梁の振動を有限要素法より解析する。図-3のように梁を2000要素に分割し、各要素を10[mm]×10[mm]×10[mm]の20節点2次要素のソリッド要素とした。また、ヤング率 $E$ を $2.0 \times 10^3 [N/m^2]$ 、密度 $\rho$ を $7.85 \times 10^3 [kg/m^3]$ 、ポアソン比を0.3とし、減衰を表現するために剛性比例型モデルや地下逸散型減衰モデルを検討することにした。

図-3は地下逸散減衰型の解析モデルであり、鉛直ばね定数 $k_d$ 、鉛直ダッシュポット係数 $c_d$ を梁の軸方向に複数設置することで回転力への抵抗をモデル化している。

#### a)剛性比例型減衰のみの場合

減衰定数 $h$ を変化させたところ、解析結果は固有振動数付近の振幅のみが変化した。周波数伝達関数の振幅の最大値が観測と一致するように減衰定数 $h$ を決定したところ、 $h = 0.004$ となった。このときの振幅を図-4に示す。図中の緑線は $h = 0.004$ を用いた解析結果の振幅分布で、赤線は実験で得られた周波数伝達関数の振幅分布である。

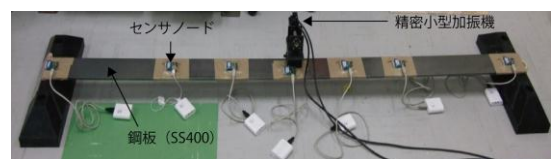


図-1 単純梁

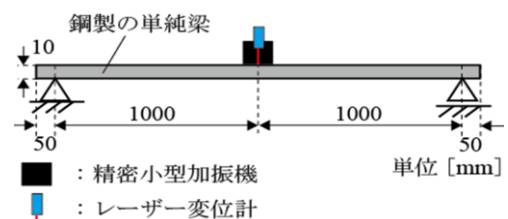


図-2 実験概要

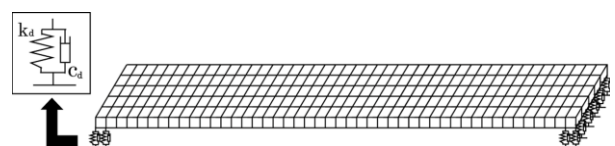


図-3 解析モデル

キーワード 構造センシング, 減衰モデル, 精密小型加振機, 剛性比例型減衰, 地下逸散減衰

連絡先: 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学理工学部土木工学科 TEL: 04-7124-150

図-4 より, 固有振動数が実験結果と異なっていることがわかる. また, 振幅を一致させるために減衰定数 $h$ を小さくすると, 固有振動数付近のみ振幅が大きくなる様子が見える. 次に, 周波数伝達関数の位相勾配の最大値を一致させるように減衰定数 $h$ を決定したところ,  $h = 0.010$ となった. ここでいう位相勾配とは位相の変化率であり, 位相を周波数で微分したものである. 図-4 より, ピーク振幅は小さくなり, 固有振動数も一致していないことがわかる.

以上より, 剛性比例型減衰を仮定して減衰定数 $h$ を操作しても固有振動数を変化させることができないため, これ以上適切に周波数伝達関数を説明できないことがわかる.

#### b) 地下逸散型減衰のみの場合

実験で得られた周波数伝達関数から $1/\sqrt{2}$ 法によって計算したところ, 減衰定数 $h$ は 0.013 であった. この数値を減衰定数 $h$ の値とし, 鉛直ばね定数 $k_d$ , 鉛直ダッシュポッド係数 $c_d$ の決定を行う.

実際にばね定数を変化させたところ, ばね定数 $k_d$ を大きくすると, 固有振動数は大きくなり, 振幅は小さくなる. また, ダッシュポッド係数 $c_d$ を大きくすると固有振動数は大きくなる. 一方, 振幅は, はじめは小さくなるが, ある一定値を超えると大きくなり, さらにダッシュポッド係数を大きくしていくと小さくなる. 以上のような特性を考慮し, 地下逸散減衰モデルのパラメータを決定した結果, 最も実験の応答に近い結果が得られたのは, 以下の条件であった.

- ・ばね定数 $k_d$   $1.000 \times 10^6$  [N/m]
- ・ダッシュポッド係数 $c_d$   $1.284 \times 10^8$  [N・s/m]

図-5 に上記の値を代入した結果を示す. 図-5 より, 剛性比例型減衰モデルの時と同様に振幅のみを合わせることができた. また, 固有振動数を一致させることも出来たが, ピーク部分以外の周波数で応答が一致するようなパラメータを見つけることは出来なかった.

#### 4.まとめ

今回導入した剛性比例型減衰モデルと地下逸散型減衰モデルでは, 固有振動数を一致させ, ピーク振幅を一致させることができた. しかし, ピーク部分以外の周波数応答を一致させることは出来ず, 実振動を適切に表現出来なかった.

今後は, 地下逸散減衰モデルの再検討をするとともに, 新たな減衰モデルも導入を検討する. また, 有限要素モデルのパラメータを決める逆解析アルゴリズムの自動化を目指す.

#### 謝辞

本研究は科学研究費補助金(若手研究(B):22760347)の助成を受けたものである.

#### 参考文献

- [1] 土木学会：構造工学シリーズ 10 橋梁振動モニタリングのガイドライン, p11-75, 2000
- [2] 日高ちはる, 斎藤拓馬, 渡邊和樹, 佐伯昌之：精密小型加振機と無線センサネットワークを結合した周波数応答関数計測手法の基礎的検討, 土木学会論文集A2, vol. 67, No. 2, I\_875-I\_883, 2011

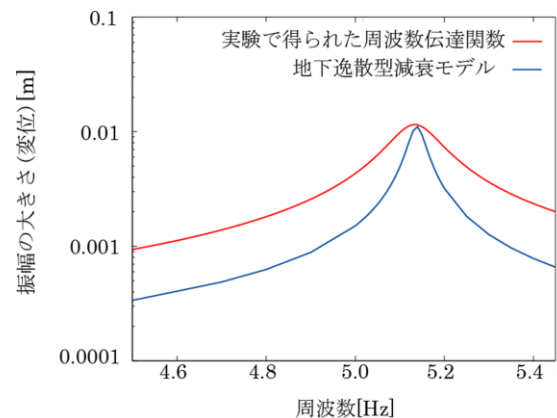
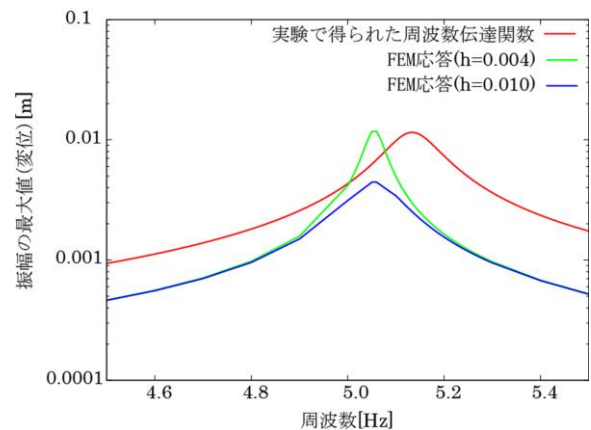


図-5 地下逸散減衰パラメータの決定