

## 精密小型加振機を用いた道路標識の損傷同定手法の検討

東京理科大学 学生員 ○辻貴洋  
東京理科大学 正会員 佐伯昌之

### 1. 研究の背景と目的

我が国では、高度経済成長期に集中的に整備された社会基盤構造物が数多く存在し、それらが一斉に更新期間を迎えようとしている。そのため、計画的に維持管理を行う必要があるが、現状では定期点検は目視検査や打音検査が主流であり、客観性を持った定量的指標であるとは言い難い。そのため、多くの研究者により健全性をより定量的に把握するための研究が進められている。

著者らは、構造物の中でも数が多く構造が単純である道路標識を対象として、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を開発している。塚原ら(2014)の研究により、道路標識の周波数伝達関数を ARX モデルによって推定できることがわかっている。そのため本研究では、振動実験から得られた周波数伝達関数を説明する有限要素モデルを構築することを試みた。

### 2. 道路標識の有限要素モデルの構築

数値モデルを作成するために、まず本学敷地内に設置した図-1のような実験用の道路標識において振動実験を行った。この道路標識は根元 30mm の高さを損傷と見立てて図-2のように肉厚 0.5mm 削ったものである。振動実験の条件としては、標識板と垂直に精密小型加振機と加速度センサを取り付け、変調周波数 3.5Hz~6.0Hz で加振させた。また、加速度センサとしては、サーボ型の加速度計を用い、

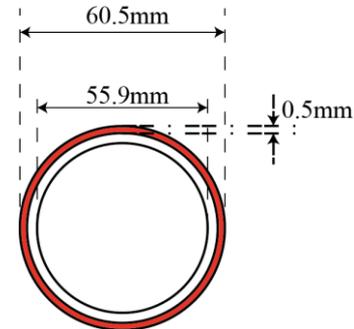


図-2 標識柱の損傷の様子

100Hz で 5 時間サンプリングしたものをスタッキングした。得られた実験データの周波数伝達関数は ARX モデルを使用して推定した。

数値モデルは、図-1のように片持ち梁の有限要素モデルに、標識板、精密小型加振機、加速度センサの質量を対応する要素に付加することによって作成した。根元 1 要素以外の曲げ剛性は鋼材の一般的なヤング係数  $E=205 \times 10^3 \text{ [N/mm}^2\text{]}$  と標識柱の断面二次モーメントから計算した値を一様に入れ、根元 1 要素には損傷と見立てて削った肉厚分の断面二次モーメントを考慮して入れている。

### 3. 有限要素モデルと実験値との比較

実験データを ARX モデルで解析して求めた周波数伝達関数と有限要素法で解析したそれを比較すると、図-3 のように固有振動数やピーク振幅などが大きく異なる結果となった。そのずれ方を見てみると、ピーク振幅は数値モデル

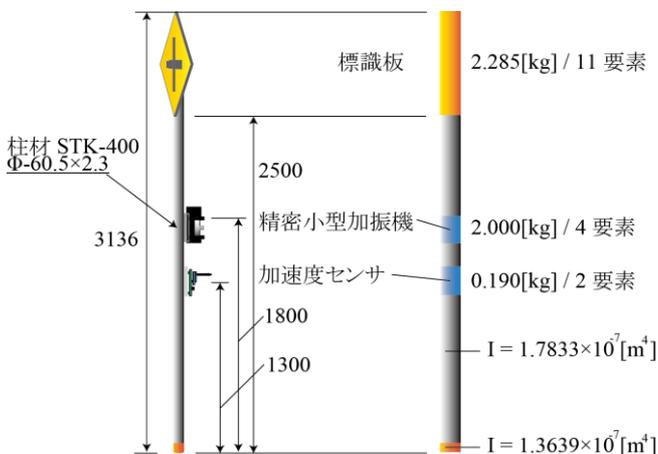


図-1 道路標識の有限要素モデル

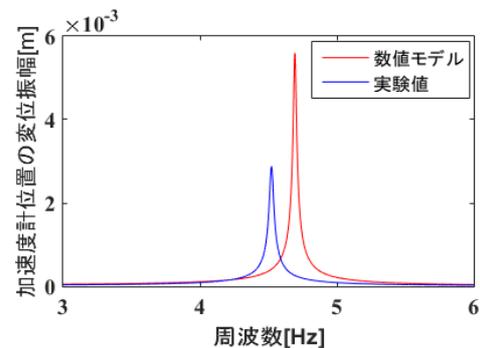


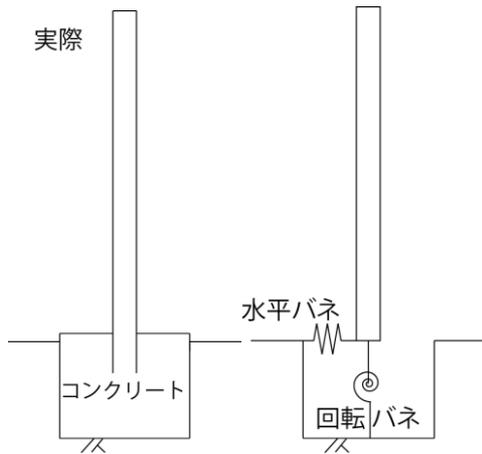
図-3 根元を固定端と仮定した場合の周波数伝達関数

の方が大きく、柔らかくモデル化されていることがわかる。一方、固有振動数も数値モデルの方が高く、数値モデルの方が固くモデル化されているという矛盾が見つかった。そのため、数値モデル及び実験データの見直しをする必要があると考えられる。

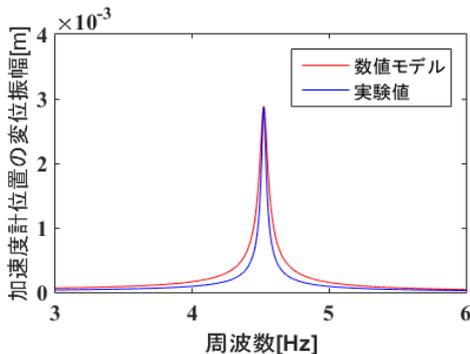
ここで実際の道路標識の基礎部を見てみると、**図-4**のようにコンクリート塊に標識柱が埋まっており、コンクリート塊は土の中に埋まっているだけである。一方、数値モデルでは下端を固定端と仮定している。そのため実際には道路標識基礎部のコンクリート塊が水平移動や回転運動しており、これが周波数伝達関数のずれの原因であると考えられる。

**4. スウェイロッキングモデルの導入**

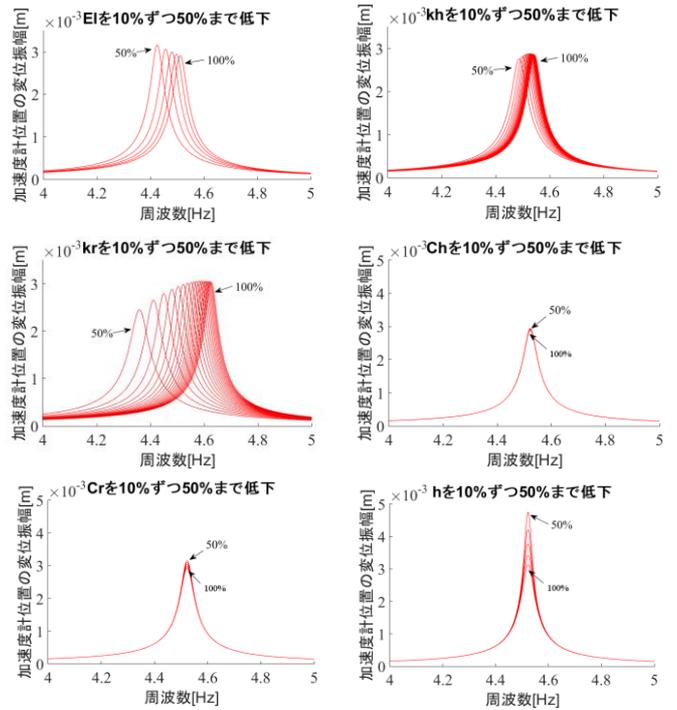
そこで、下端を固定端とせず、**図-4**のようにスウェイロッキングモデルでモデル化し、自由度を与えることを試みた。その結果、**図-5**のように固有振動数とピーク振幅は実験値と約 99.9%一致させることができた。しかし、数値モデルと実験値の周波数伝達関数の裾部分にずれが生じてしまった。モデル化する際の未知パラメータの感度分析結果は**図-6**



**図-4** 実際の道路標識基礎部とスウェイロッキングモデル



**図-5** スウェイロッキング導入前の周波数伝達関数



**図-6** パラメータ決定のための感度分析

の通りであり、どのパラメータを操作してもこの周波数伝達関数の裾部分のずれを埋めることはできないことがわかった。

ところで、この感度分析結果から、水平バネのバネ係数  $k_h$  と回転バネのバネ係数  $k_r$ 、そして、水平バネの減衰係数  $C_h$  と回転バネの減衰係数  $C_r$  と梁部材の減衰定数が周波数伝達関数に同様の影響を与えることがわかった。

**5. まとめ**

有限要素法を用いた数値モデルを作成したが、実験値の周波数伝達関数と一致させることはできなかった。そのずれ方を見てみると、実験値と数値モデルの固有振動数とピーク振幅の関係に矛盾があることがわかった。そこで道路標識の基礎部をスウェイロッキングモデルでモデル化し、固有振動数とピーク振幅を一致させることができた。しかし、周波数伝達関数の裾部分にずれが生じ、現段階ではここまでに留まっている。今後としては、まず実験値を見直す必要があると考えられる。

**参考文献**

[1] 塚原美佳, 奥村昂史, 渡邊和樹, 大谷隆浩, 石井克哉, 佐伯昌之, 藤原鉄朗: 精密小型加振機を用いた振動特性同定手法の開発, 土木学会論文集 A2(応用力学) Vol. 70, No.2, p.I\_921-I\_928, 2014