

高架橋モデルの振動特性に関する実験と数値解析による再現

宇都宮大学大学院 ○ 学生員 笠松正樹，正会員 中島章典，正会員 横川英彰
 東北大学大学院 正会員 斉木功

1. はじめに

現在，地震，風，交通荷重などの様々な作用により橋梁に生じる振動問題を，橋梁の設計，維持管理段階において数値解析手法により検討し，これに対処しなければならない場合がある．そのためには対象構造の動的挙動をより正確に再現するためのモデル化が必要である．

本研究では，図-1に示すような橋脚，上部構造，支承からなる高架橋模型を対象とした検討を進めた．まず，橋脚部のみ，上部構造部のみの各々の振動特性を明らかにするため振動実験を行い，次いで高架橋模型全体の振動実験を行った．また，それぞれの構造特性や減衰要因を組み込んだ平面骨組のための有限要素法を用いた数値解析により橋脚部のみ，上部構造部のみ，高架橋模型の固有振動数および減衰特性を精度良く再現することを試みた．

文献1)では高架橋模型の固有振動特性および減衰特性を，剛体ばねモデル解析を用いて検討している．しかし，立体非線形解析への適用も考えると，有限要素法を用いた解析の方が汎用性があると言える．

2. 実験概要

対象とした高架橋模型の各部材の諸元を表-1に示す．2本の橋脚の上鋼板の上にそれぞれ固定支承，可動支承を設置した．外力を加えて，自由振動中に上部構造のスパン中央，橋脚基部のひずみを測定し，可動支承部の水平変位をレーザ変位センサを用いて測定した．また，可動支承側の橋脚には十分剛なH形断面の鋼材を用いた．したがって，高架橋全体系の振動時には，基本的に上部構造と固定支承側の橋脚が一体となって振動し，可動支承側の橋脚はほとんど振動しないと考えられる．実験時には下鋼板を基盤に，M22のボルト4本で強固に固定して，逸散減衰の影響が極力生じないように配慮した．

また，可動支承部の動摩擦係数を得るために試験を行い，平均的な値として動摩擦係数0.013を得た．

表-1 断面諸量

部材	寸法 (mm)	密度 (t/m ³)
平鋼1	15.73×38.02	7.771
平鋼2	11.68×19.76	7.734
H鋼	100.15×50.12×6.72×4.97	7.925
上鋼板	124.74×99.62×5.57	7.776
下鋼板	300.33×230.24×15.87	7.759

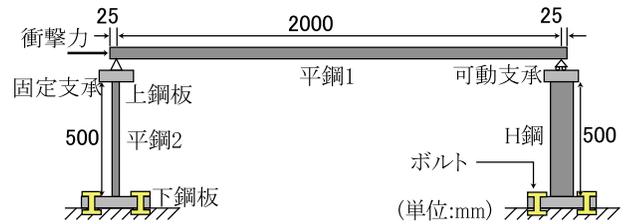


図-1 高架橋模型

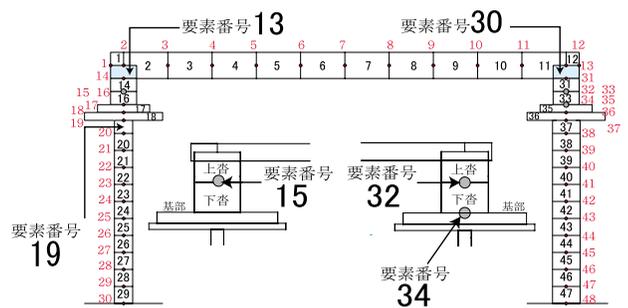


図-2 有限要素モデル

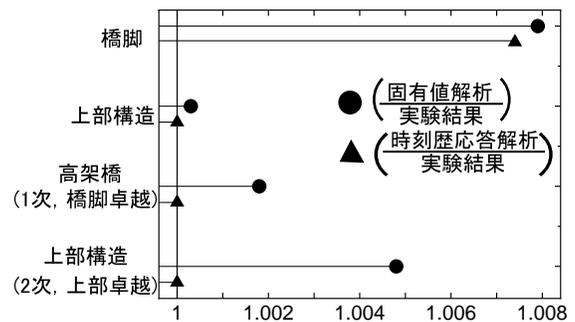


図-3 固有振動数の検討

3. 解析概要

図-2に示すように模型を要素分割して，平面骨組のための有限要素法による固有値解析，時刻歴応答解析を行った．固有値解析では支承のモデル化，幾何剛性，せん断変形，断面の回転慣性，上部構造の張り出し部分，橋脚の溶接部分の影響を考慮した．

支承の構造は複雑で正確にモデル化することは難しいので，支承を図-2中に示すように上沓，下沓，基部の3つの要素に分けてモデル化した．図-2の要素番号15，32に対応する上沓-下沓間のヒンジ部には，ばね要素を配置し，水平（橋軸）方向，鉛直方向には剛な結合条件を満たすようなばね定数を用い，回転方向におい

Key Words: 振動実験，高架橋模型，モデル化，固有値解析，時刻歴応答解析

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院情報制御システム科学専攻 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6208

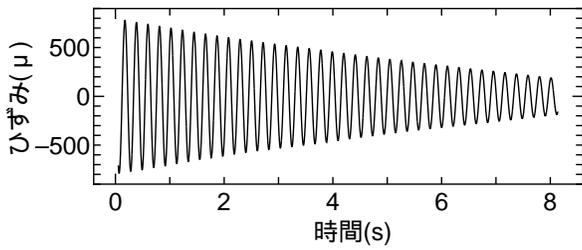


図-4-a 実験結果

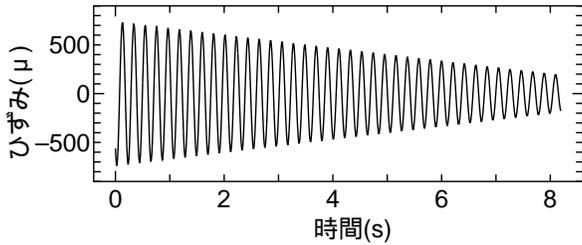


図-4-b 時刻歴応答解析結果

図-4 高架橋の橋脚基部のの振動波形

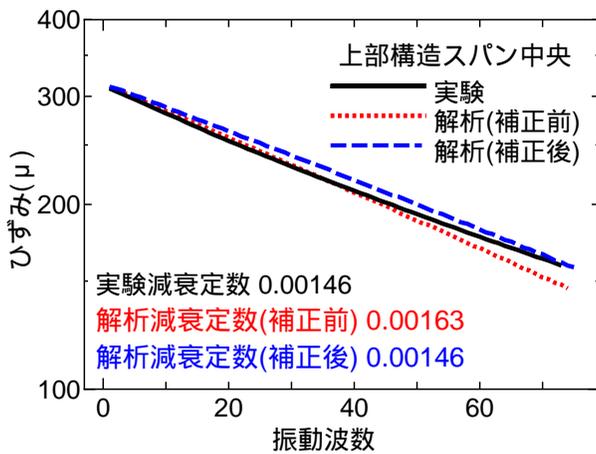


図-5 橋脚部だけのひずみと振動波数の関係

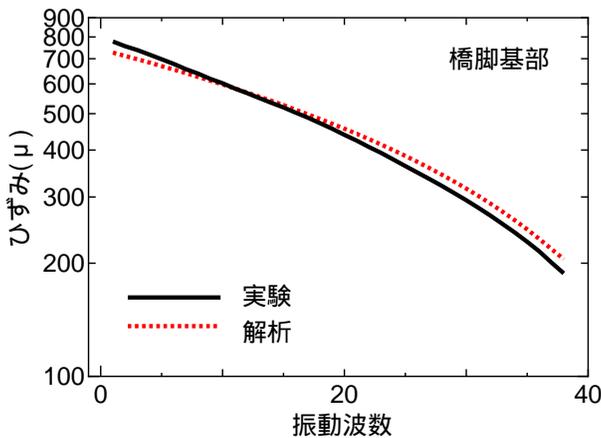


図-6 高架橋全体系の橋脚基部のひずみと振動波数の関係

てはヒンジの条件を満たすように、ばね定数を 0 とした。可動支承側の要素番号 34 に対応する下沓 - 基部間にもばね要素を配置し、鉛直方向、回転方向には剛な結合条件を満たすようなばね定数を用い、水平方向においては可動支承の条件を満たすように、ばね定数を 0 とした。橋脚に用いた平鋼と上鋼板は溶接により接合さ

れているため、溶接部の質量は上鋼板直下の平鋼の要素(図-2の要素番号 19)に含まれるものとした。上部構造と支承を結合する要素番号 13, 30 は質量を考慮しない仮要素とした。

時刻歴応答解析では、粘性減衰を剛性比例型で、摩擦減衰は摩擦要素を導入して考慮した。ここで、橋脚部のみ、上部構造部のみ、各々の振動実験で得られた振動波形から固有振動数と粘性減衰定数を求めて、それを時刻歴応答解析では使用している。摩擦力は試験から求めた動摩擦係数 0.013 を用いて算出した。

4. 固有振動数の再現性

実験により得られたひずみデータを FFT 処理して得られた固有振動数と非減衰系の固有値解析により得られた固有振動数の比較を行った。また、固有振動数の実験結果と、減衰の影響を考慮した時刻歴応答解析により得られたひずみデータを FFT 処理して得られた固有振動数を比較した。それらの比較を図-3 に示す。橋脚部のみ、上部構造部のみ、高架橋全体系(1次, 2次)のいずれの場合でも、非減衰系の固有値解析により得られた固有振動数よりも減衰を考慮した時刻歴応答解析による固有振動数の方が精度の良いものとなった。

5. 減衰特性の再現性

ひずみデータに数値フィルタ処理を行い得られた高架橋の橋脚基部の実験振動波形と時刻歴応答解析による振動波形を図-4 に示した結果、減衰特性は時刻歴応答解析により定性的に再現できた。ここで、減衰特性を定量的に評価するために、橋脚部のみ、上部構造部のみ、高架橋全体系のそれぞれのひずみと振動波数の関係を表した図-5 では、実験と解析(補正前)の減衰定数が一致していない。その理由として、実験より得られたひずみと振動波数の関係は上部構造の粘性減衰に加えて、可動支承の摩擦減衰の影響を含んでいるためと考えられる。したがって、この関係から求めた減衰定数を用いると摩擦減衰が二重に評価されてしまう。そこで、減衰定数を低くした値を導入した結果、図-5 のように解析(補正後)と実験の両者を一致させることができた。次に、橋脚部のみ、上部構造部のみ、それぞれの実験結果から得られた減衰定数、動摩擦係数を組み込んで高架橋全体系の時刻歴応答解析を行った結果を示す。図-6 は橋脚基部のひずみと振動波数関係を表すが、両者を比較するとほぼ一致しており解析結果は実験結果を定性的、定量的に再現できた。

6. おわりに

本研究では、高架橋模型を対象とした振動実験と平面骨組のための有限要素法を用いた数値解析を行い、固有振動数および減衰特性の再現性を検討した。その結果、ここで用いた対象構造物のモデル化により固有振動数、減衰特性ともにより精度良く再現できた。

参考文献

1) A.Nakajima *et al.*: Experiment and analysis on vibration characteristics of viaduct bridge model, Symposium on Environmental Issues Related to Infrastructure Development, 2003.8.