

積層ゴム支承を有する高架橋模型の振動特性に関する実験とその解析

宇都宮大学 学生員 ○ 浅井 陽子, 中野 貴代美
宇都宮大学 正会員 中島 章典, 横川 英彰

1. はじめに

様々な動的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動的解析を行い予測、検討する必要がある。しかし、振動実験結果と動的解析結果を比較し、動的解析の適用性を検証した事例はあまり多くなく、近年使用実績が増えてきた種々の免震支承を有する高架橋を対象とした事例はさらに少ない。緒方ら¹⁾は、鋼製の可動・固定支承を有する簡易な高架橋模型を対象に振動実験を行い、その挙動を動的解析により再現することを試みている。

本研究では、支承条件を積層ゴム支承とした簡易な高架橋模型を対象に、振動実験と動的解析を行う。まず、支承及び上部構造部材といった構成要素の特性を得るために要素実験を行い、次に高架橋模型全体系の振動実験を行った。そして、要素実験により得られた積層ゴム支承の特性を組込んだ解析モデルを構築し、高架橋模型全体系の振動実験結果を動的解析により精度良く再現できるかを検討する。

2. 実験概要

実験に用いた積層ゴム支承と上部構造から成る模型を図-1に、支承部の詳細を図-2に示す。

両方の橋脚に十分剛なH型断面の鋼材を用い、橋脚の上鋼板の上に積層ゴム支承を設置した。模型全体系の振動時には、支承と上部構造が一体となって振動し、H鋼はほとんど振動しないと考えられる。橋脚の下鋼板をボルト4本で振動台に強固に固定し逸散減衰の影響が極力生じないように配慮した。橋脚として十分剛な鋼材を用いたのは、振動実験において特に積層ゴム支承の振動特性を把握するためである。

振動台を付属の制御装置で、地震波の加速度データを入力して橋軸方向に加振し、このときの支承の水平変位を非接触式変位計で、支承の水平方向の加速度及び振動台上に加振方向の加速度を加速度計を用いて計測した。ここでは入力地震波として、兵庫県南部地震時のJMA神戸記録波を調整したものを用いた。

また、模型全体系の振動実験に先立って、支承及び上部構造部材といった構成部材の要素実験を行った。

3. 支承のモデル化

本研究では図-2のような上沓、下沓、積層ゴム部(高さ9mm)からなる小型の積層ゴム支承模型を用いた。その材質はせん断弾性係数G10(1.0N/mm²)の天然ゴム、内部鋼板2枚とゴム層3層により構成されている。

積層ゴム支承の剛性は主に水平変位依存性、面圧依存性、温度依存性といった特性を持つ。免震支承の水平変位依存性のモデル化に関して、免震橋の動的解析やその照査においては、一般にその非線形履歴特性を適切に表すことができる図-3に示すようなバイリニア型にモデル化してよいとされ

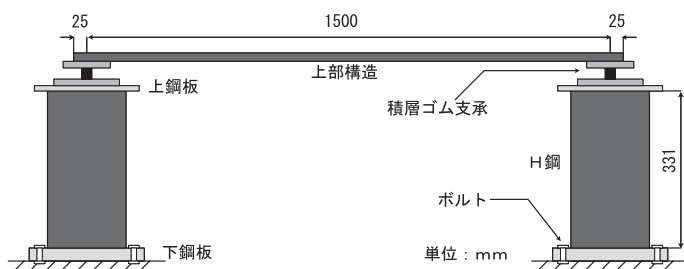


図-1 高架橋模型

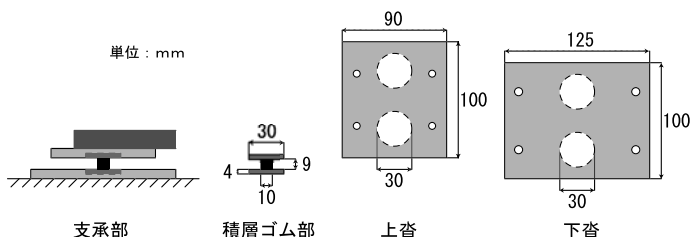


図-2 支承部詳細

ている²⁾。この場合、一次剛性及び二次剛性は用いる支承の特性に基づいて適切に定めなければならない。

そこで本研究では、支承の要素実験において加振する正弦波の振幅を変化させ、図-4のように水平方向の支承にかかる最大荷重と支承の最大変位の関係をプロットした。実験で得られた荷重-変位関係の近似直線に基づき、一次剛性 $K_1=20.23\text{N/mm}$ 、二次剛性 $K_2=7.786\text{N/mm}$ と定めた。このときの降伏時の水平変位は0.73mmとした。この値を支承の水平方向のばねの履歴特性として解析モデルに組込んだ。また、支承の鉛直方向は剛な結合条件を満たすようなばね定数を用い、面圧の影響は受けないものとした。回転方向は、今回動的解析の対象とする振動モード（支承が水平方向に変位する振動モード）に大きく関係しないことから、ばね定数を0とした。

なお、模型全体系の実験及び要素実験は室温をほぼ一定に保った実験室内で行い、温度依存性が極力影響しないように配慮した。

さらに、支承のバイリニアモデルにおいては履歴減衰を考慮しているが、モデルの特性上、一次剛性の範囲においては履歴減衰が0と計算される。そのため一次剛性の範囲においてもその分の減衰の影響を考慮できるように、解析モデルの支承部にダッシュポットを組込んだ。

4. 解析概要

実験で用いた支承と上部構造から成る模型を17要素16節点に要素分割し、平面骨組のための有限要素法による動的解析を行った。

Key Words: 積層ゴム支承, 振動実験, 地震時応答性状, 高架橋模型

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6208

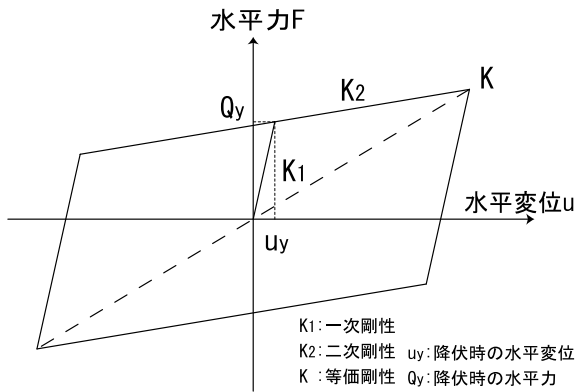


図-3 免震支承の非線形履歴モデル

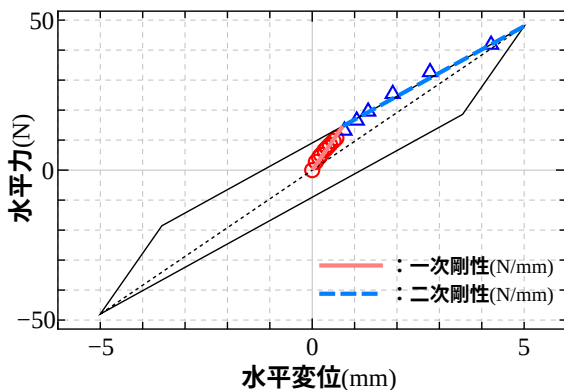


図-4 バイリニアモデル

このとき、ほとんど振動しないと考えられる橋脚部材のモデル化は行わず、橋脚の上鋼板から上の支承部と上部構造のみをモデル化し、解析においては他に幾何剛性、せん断変形、断面の回転慣性、上部構造の張り出し部分の影響を考慮した。

また、上部構造部材である鋼材の内部減衰に起因する粘性減衰は、既往の研究¹⁾を参考にして、剛性比例型の減衰マトリックスを構成し、モデル化を行った。

5. 実験結果と解析結果の比較

以上のように構築した解析モデルを用いて動的解析を行い、強制振動実験時の応答を再現できるか検討した。強制振動実験時における支承の水平変位の実験結果を図-5上段に、バイリニアモデルを用いた解析結果を下段に示す。

解析結果では、応答波形は実験結果のそれを定性的に再現しているが、最大振幅時の応答値が実験結果に比べ解析結果の方が明らかに小さいことがわかる。

ここで支承の水平変位を横軸に、上部構造の加速度から求められる慣性力を水平力として縦軸にとり、図-6のように履歴ループを描いた。上段が実験結果、中段が解析結果である。下段は解析により求められる支承にかかる水平力と支承の水平変位の関係を描いたものであり、バイリニア型で表すことができていることが確認できる。

解析結果の慣性力と変位の履歴ループは実験結果のそれを再現できていないことから、支承のモデル化において、その振動特性や減衰要因が再現しきれていない部分があると考えられる。

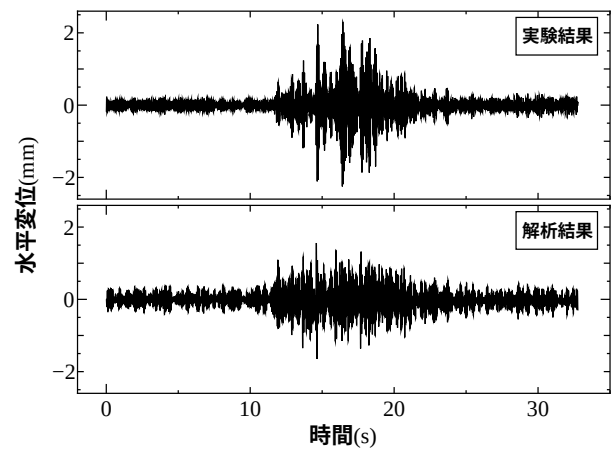


図-5 強制振動時の支承の水平変位の応答波形

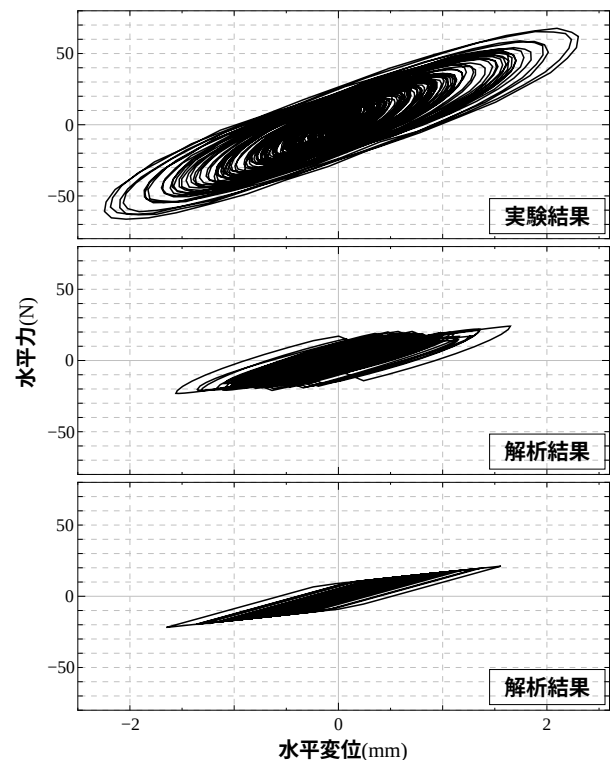


図-6 履歴ループ

6. おわりに

本研究では、特に、積層ゴム支承と上部構造から成る模型の強制振動時の応答に着目し、実験結果と動的解析結果の比較を行った。支承部のモデル化においては支承単体の要素実験より得られた特性を用い、解析プログラムの再現性を検討した。

今後は、より再現性の高い解析モデルを構築できるよう検討していくほか、他の想定地震波でも検討を行う。

参考文献

- 緒方友一、中島章典、笠松正樹、横川英彰、日野秀幸：地震動下における高架橋模型の非線形挙動に関する実験と数値解析、第10回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、pp99-104、2007.2。
- 日本道路協会：道路橋示方書・同解説(V 耐震設計編)、丸善、2002.3。