

振動台実験に基づく直接基礎を有する橋脚模型の地震応答に関する基礎的研究

徳島大学 学生会員 ○荻野薫平 徳島大学 正会員 井上貴文
徳島大学 フェロー 成行義文 徳島大学 非会員 山本竜一

1. はじめに

直接基礎の浮き上がりが橋梁の地震応答に及ぼす影響についての研究がなされている。直接基礎の浮き上がりとは、地震時の橋脚のロッキング振動に伴う基礎と地盤面の剥離現象のことである。例えば、川島・細入¹⁾は、震度法に基づいて設計された直接基礎を有する道路橋に対して解析的な検討を行い、直接基礎の浮き上がりが一種の免震効果として機能することを示した。しかし、直接基礎の浮き上がりのメカニズムについては不明な点が多くあり、またそのモデル化の妥当性について実験的に検討した研究は少ない。

そこで本研究では、一基の橋脚を模擬した供試体に対し、正弦波を入力地震動として震動台実験を行った。さらに実験に用いる供試体をモデル化し、振動台実験と同じ条件の下で動的解析を行った。そして、実験結果と解析結果の比較を行うことにより、解析における直接基礎の浮き上がりを考慮したモデル化の妥当性について検討を行った。

2. 検討方法

震動台実験により、供試体天端の基礎に対する相対変位、加速度、基礎の回転角を測定する。その後、数値解析により、解析モデルにおける地震応答の値と実測値を比較する。実験に用いた供試体とその解析モデルを図-1に、供試体のパラメータおよび固有値を表-1、表-2に示す。また入力波形を図-2に示す。供試体の減衰定数は、供試体の基礎の四点をボルトで固定させた場合の自由振動の波形から算出した。基礎を固定した場合における、供試体天端の基礎に対する相対変位を図-3に示す。図-3を見ると、実測値と数値解析の結果がおおよそ一致していることから、供試体のパラメータは適切であると考えられる。

基礎を固定せずに浮き上がりを生じさせる場合では、供試体底面と振動台の間に仮想の地盤としてゴムシートを挟んで実験を行った。ゴムシートの剛性は5.84(MPa)である。基礎が浮き上がる場合の解析モデルは、地盤抵抗のモデル化にジョイント要素を使用し、引張側の剛性を0にすることにより、基礎の浮き上がりを表現した。地盤抵抗を表すばねの剛性は、ゴムシートの剛性を地盤の動的変形係数に置き換え、道路橋示方書²⁾に基づいて算出した。また、地盤抵抗ばねの減衰は試行錯誤的に検討し、20%とした。

3. 解析結果

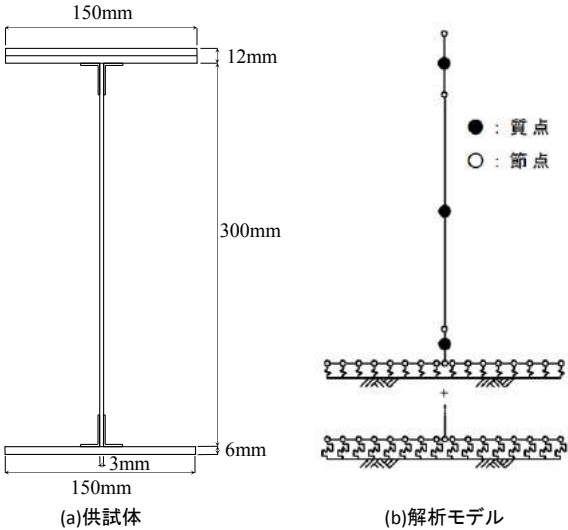


図-1 供試体および解析モデル

表-1 供試体のパラメータ

	質量(kg)	ヤング率(Gpa)	ポアソン比	回転慣性(kg・m)
上部構造	2.094	205.0	0.3	3.95×10^{-3}
橋脚躯体部	0.09434	70.6	0.34	7.08×10^{-3}
基礎	1.036	205.0	0.3	1.95×10^{-3}

表-2 供試体の固有値

固有値(基礎固定の場合)	
固有周期(s)	0.363
固有振動数(Hz)	2.7535

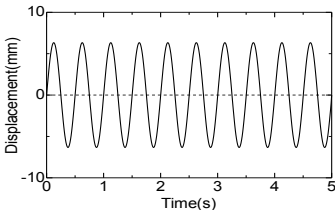


図-2 入力波形

(周期 T=0.5s、振動数 f=2.0Hz)

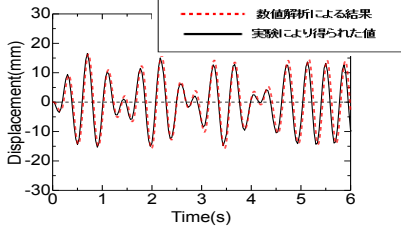


図-3 天端の基礎に対する相対変位

図-4 に基礎を固定した場合と固定しない場合の、供試体天端の基礎に対する相対変位を示す。図-5 に基礎を固定した場合と固定しない場合の、供試体天端の加速度を示す。図-4 を見ると、基礎を固定しない場合における応答が基礎を固定する場合よりも大きい。さらに、基礎を固定する場合よりも長周期の振動になっている。これは供試体がロッキング振動を行ったためであると考えられる。また図-5 を見ると、基礎を固定しない場合における応答が基礎を固定する場合よりも小さい。これは基礎の浮き上がりによる免震効果が作用したためと考えられる。図-6、図-7、図-8 に、供試体の基礎を固定しない場合における供試体天端の相対変位、加速度、また供試体基礎の回転角の時刻歴波形の実測値と解析値を示す。この3つの図を見ると、基礎を固定しない場合ほど高い精度では一致していないが、時刻歴波形全体の傾向は一致している。

4. おわりに

本研究では、一基の橋脚を模擬した供試体に対し震動台実験を行った。さらに橋脚モデルをモデル化し、数値解析から得られた地震応答と実測値を比較し、橋脚のモデル化の妥当性について検討を行った。本研究は、一つの供試体に一つの正弦波を地震動として加振したときのある限定的な場合における実験や考察であるが、以下のことが明らかになった。

- 1) 基礎の浮き上がりにより、天端の基礎に対する相対変位は大きくなる。
- 2) 基礎の浮き上がりにより、天端の加速度が低減する。
- 3) 数値解析によって得られる値は、基礎が浮き上がる場合でも実測値と傾向は一致する。しかし、基礎を固定した場合ほど高い精度ではない。

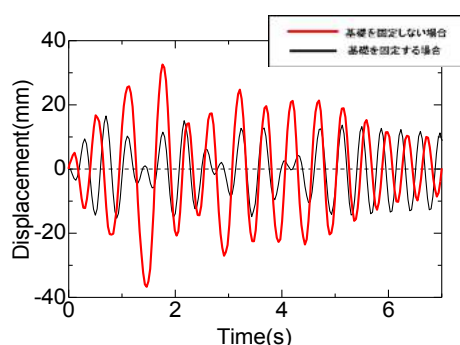


図-4 天端の基礎に対する相対変位
(基礎の条件の比較)

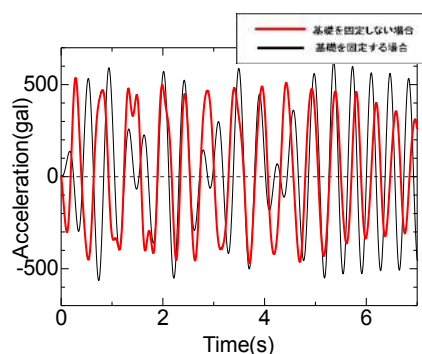


図-5 天端の加速度
(基礎の条件の比較)

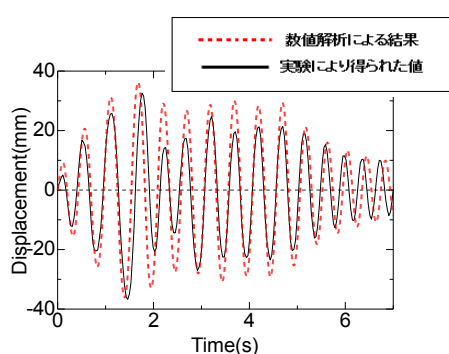


図-6 天端の基礎に対する相対

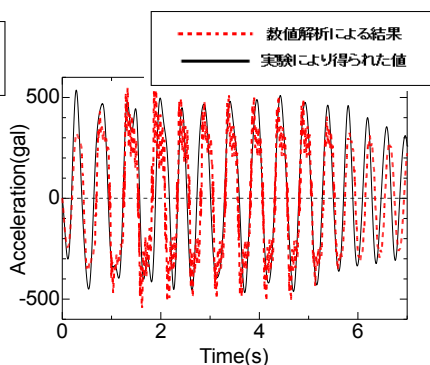


図-7 橋脚天端の加速度

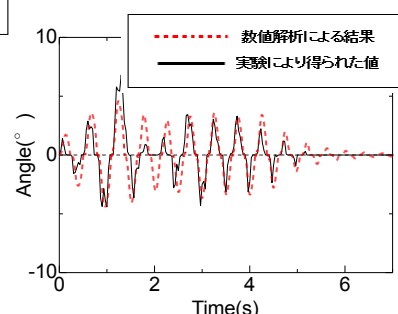


図-8 基礎回転

参考文献

- 1) 川島一彦，細入圭介：直接基礎のロッキング振動が橋脚の非線形地震応答に及ぼす影響，土木学会論文集，No.703，I-59.pp.97-111，2002.
- 2) (社)日本道路協会：道路橋示方書（V 耐震設計編）・同解説，丸善，2012.