

衝突を考慮した高架橋モデルの振動台実験に関する研究

京都大学大学院 学生員 津村 洋祐 京都大学大学院 フェロー 渡邊 英一
京都大学大学院 正会員 宇都宮 智昭 京都大学大学院 正会員 永田 和寿
防衛大学校 正会員 梶田 幸秀

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震以降、高架橋の耐震設計を行う場合には、橋脚の耐震設計のみにとどまらず、高架橋をシステムとしてとらえ、その耐震性を評価し、落橋を防ぐことを大前提としており、地震後のライフラインとしての機能を確保することが必要である。これを背景とし、高架橋をシステムとしてとらえるため、橋脚、基礎、支承、上部構造ならびに落橋防止構造といった各構造要素の相関や桁間衝突などを考慮した解析が多数行われるようになった。しかしながら、高架橋の全体システムの解析を行うには、各構造要素の特徴を表現しうる解析モデルを作成する必要があり、支承、衝突等においては、まだまだ不明瞭な点が多い。本研究では、桁間距離の隣接する高架橋の応答に及ぼす影響を検討するために、3 連の単径間高架橋モデルを用いて実験を行った。

2. 振動台実験の概要

2.1 振動台実験

本実験で対象としたモデルは、図-1 に示すような 3 連の単径間高架橋を想定したものである。桁や橋脚等は鋼製 (SS400 材を用いた) で弾性応答するのみと考えた。なお、本実験に使用する振動台は、京都大学内に設置された大地震動載荷システムの高精度振動台を用いた。図-2 に橋脚および脚上の支承構造のモデル化の概略を示す。振動台に橋脚支持基盤をボルトで剛結し、その上に板材を 4 本 1 組とし橋脚をモデル化した。橋脚支持基盤と板材はアングル材で両側からはさみこみ固定した。橋脚上には橋脚天端部を設け、板材と垂直になるようにアングル材で固定した。橋脚天端部上面にガイドレールを橋軸方向に 2 本設置した。これら橋脚支持基盤、橋脚部材、橋脚天端部、ガイドレールから構成されるユニットをもって 1 本の橋脚のモデルと考え、振動台の加振方向に橋脚を 4 つ設置し、単径間が 3 つ並ぶ高架橋構造を取り上げた。橋脚は便宜上、加振装置から遠いものを橋脚 1、橋脚 2、橋脚 3、橋脚 4 と呼ぶことにする。ガイドレールに桁と一体となったガイドをはめ込み、上部構造とした。支承は図-1 に示すように、可動支承、固定支承が交互にくるように配置するが、固定支承については、ガイドを両端からストッパーで固定し、橋軸方向の移動を制限することでモデル化した。可動支承については、レールとガイドの間に摩擦力が存在するものの、上部構造の慣性力に対して小さいので、橋軸方向には自由に動けるものとする。また、各橋脚の水平移動にともなう上下動が引き起こす回転運動を制限しないよう、ガイドと桁の間に球面軸受を設置した。なお、本実験では、桁同士の衝突を発生させるため、2 種類の桁を使用した(桁 A:質量 16.8kg、桁 B:質量 10.9kg)。これらの供試体の応答を計測を行うために、図-1 中に示す位置に各種計測機器を設置した。データ収録には、衝突による加速度や変位を計測できるようにサンプリング時間を 0.001 秒として、オンライン計測を行った。

2.2 振動実験によるモデルの同定

橋脚が振動する際の固有周期を求めるために、桁を載せたときの高架橋の自由振動実験を行った。その際に得られた結果を表-1 に示す。次に、桁を載せ、3Hz~5Hz の加振周波数帯で、0.1Hz きざみで正弦波で加振する共振実験を実施した。周波数を 0.1Hz きざみで変化させたときの桁の応答加速度が最大となる周波数をあわせて表-1 に示す。表-1 に示すとおり自由振動実験ならびに共振実験から求めた固有周期には整合性があることがわかる。

キーワード 振動台実験、単径間高架橋、固定・可動支承、桁間衝突

連絡先(住所 京都市左京区吉田本町京都大学大学院工学研究科土木工学専攻構造工学研究室，
電話 075-753-5079，FAX075-753-5130)

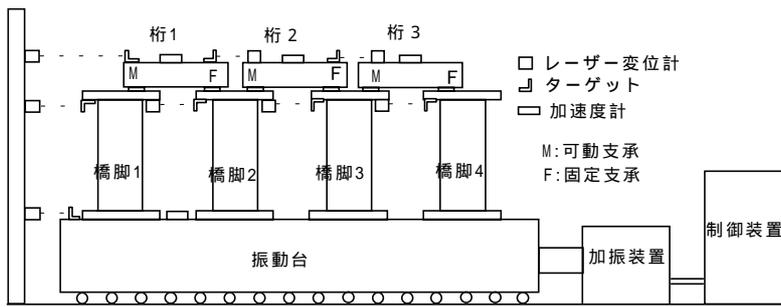


図-1 実験供試体概要図

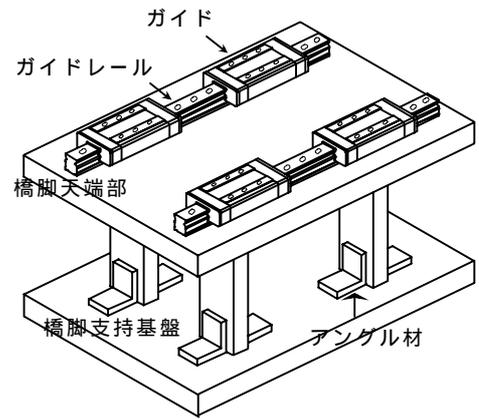


図-2 橋脚柱

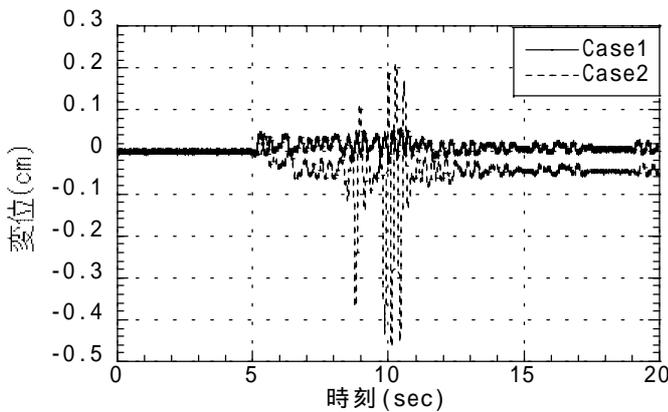


図-3 桁1-2間の相対変位

表-1 供試体の固有周期

	自由振動周期(秒)	共振周期(秒)
桁 1	0.294	0.290
桁 2	0.290	0.274
桁 3	0.280	0.282

3. 実験結果および考察

最大加速度を 40%程度にスケールダウンした兵庫県南部地震時の神戸海洋気象台で観測された波形(kobe_ns)を3連の単径間高架橋モデルに対して入力し実験を行った。まず、桁1, 2, 3に桁Aを載せたとき(Case1)の実験を行った。そのときの桁1-2間の相対変位応答を図-3に示す。なお、この時の桁1-2間の桁遊間は0.445cmである。図-3より、橋脚の固有周期が近いこと、ほぼ同じ位相で挙動し、桁間の相対変位がほとんど発生せず、衝突現象が起こっていないことがわかる。次に、桁1, 桁2を桁Aとし、桁3を桁Bとして実験を行った(Case2)。なお、この時の桁1-2, 桁2-3間の遊間は、それぞれ0.47cm, 0.455cmである。桁1-2間の相対変位応答を図-3にあわせて示す。桁2と桁3の質量が異なるため、橋脚3と橋脚4が異なる位相で振動し、桁2-3間で桁の衝突が起こっている。そして、桁3と桁2がぶつかった影響により桁2の動きが変動し、その結果、同じ固有周期を有する隣接橋脚の間すなわち桁1-2間でも衝突が発生している。

4. 結論

本研究では、3連の単径間高架橋モデルの橋軸方向に正弦波ならびにスケールダウンした実地震波を入力、およびその解析を行うことにより以下のことが明らかになった。

- 固有周期が同じ橋脚が連続しているときは、桁同士の衝突は起きにくい。
- 固有周期が同じ橋脚が隣り合っている場合でも、固有周期が異なる他の脚からの衝突の影響を受けることにより、衝突が発生する可能性がある。