

立命館大学大学院 学生員○森 泰樹 川村 弘昌
立命館大学理工学部 正会員 伊津野和行 小林 紘士

1. はじめに 特性の異なる橋脚が連続する高架橋では、振動特性がそれぞれ異なることを利用して、地震時の振動を抑えることが可能ではないかと考えられる。本研究では、特性の異なる 2 つの構造物の振動を制御するために、アクティブ連結装置を用いてシミュレーション解析と模型振動実験を行い、その制御効果について検討した。

2. 実験モデル概要 模型振動実験では、特性の異なる 2 つの供試体を連結バーで連結して、電磁石の磁力により振動を制御する。実験のモデルを図 1 に示す。また、共振応答実験から得た各供試体の固有値を表 1 に示す。

表 1 各供試体の固有値

	固有振動数	減衰定数
NO1	2.60 (Hz)	0.021
NO2	4.42 (Hz)	0.024

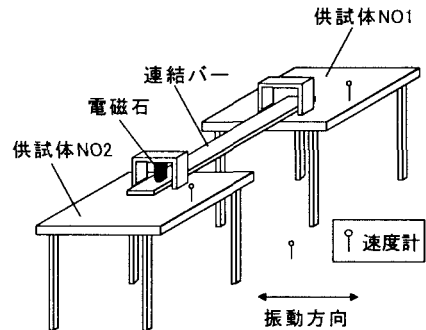


図 1 実験のモデル図

3. 制御方法 シミュレーション解析および模型振動実験

では、アクティブ制御方式として ON-OFF 制御によるフィードバック制御を用いた。すなわち、構造物の応答値の状態から決定した制御信号が、ON の場合には連結バーを連結し、OFF の場合には連結バーを解除するというものである。

今回は、表 2 の CASE1~CASE7 のフィードバック値を用いてシミュレーション解析を行い、その中で効果的と判断したケースを用いて模型振動実験を行った。また、CASE8 のフィードバック値を用いて、多径間モデルを対象としたシミュレーション解析を行った。

表 2 制御則のフィードバック値

ケース	フィードバック値
CASE1	各供試体と地動の絶対速度の比
CASE2	NO1 と地動の絶対速度の比
CASE3	NO2 と地動の絶対速度の比
CASE4	各供試体の絶対速度
CASE5	NO1 の絶対速度
CASE6	NO2 の絶対速度
CASE7	両供試体の相対速度
CASE8	各供試体の共振周波数

4. シミュレーション解析結果 シミュレーション解析の結果、制御効果が高かったのは、CASE1,4,7 であった。この 3 つのケースの RMS 値を表 3 に示す。CASE4 では、相対速度の RMS 値が、無制御時に比べて 11%制御され、他のケースよりも高い制御効果を示した。CASE7 は、各供試体間の相対速度を考慮していたにも関わらず CASE4 ほどの制御効果を得ることができなかった。これは相対的な動きのみをみてしまい、連結した際に 1 次モードの影響を受け振幅が大きくなったためだと考えられる。

表 3 解析結果の RMS 値 (単位: kine)

	相対速度	相対変位	NO1 速度	NO2 変位	NO1 速度	NO2 変位
CASE1	0.412	0.021	0.397	0.167	0.022	0.006
CASE4	0.388	0.020	0.401	0.141	0.022	0.005
CASE7	0.415	0.022	0.398	0.137	0.023	0.004
無制御	0.438	0.024	0.394	0.152	0.023	0.005

5. 実験結果 7つのケースの中で制御効果の高かった CASE1,4,7 を用いて模型振動実験を行った。RMS 値を表 4 に示す。CASE4 では、相対速度が 46% に、NO1 速度が 53% に低減され、他のケースよりも高い制御効果を示した。しかし、各個別の振動を考慮しているにも関わらず NO2 速度は、わずか 6% 制御されただけであった。これは、連結した際に起こる 1, 2 次モード両方の影響を受け振幅が大きくなったためだと考えられる。CASE 4 の時刻歴応答を図 2 に示す。

表 4 実験結果の RMS 値 (単位: kine)

	相対速度	NO1 速度	NO2 速度
CASE1	0.217	0.223	0.086
CASE4	0.117	0.139	0.076
CASE7	0.123	0.140	0.077
無制御	0.257	0.264	0.081

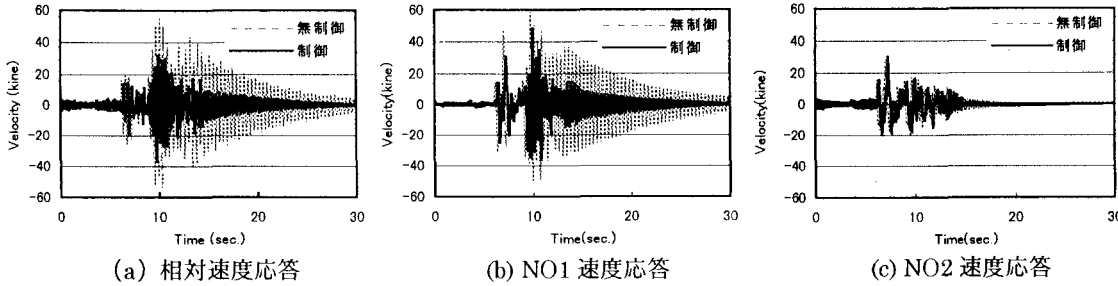


図 2 CASE 4 の時刻歴応答

6. 多径間モデルによるシミュレーション解析 本解析に使用した解析モデルは、各橋脚間に連結装置を配置した図 3 のような 9 径間構造モデルである。各橋脚の固有値は、先の解析で使用した供試体 NO1 と供試体 NO2 のものを交互に配置した。また、制御時には構造物の共振状態を判断し連結状態を切替える CASE8 を使用した。

図 4 の各橋脚の RMS 値をみると、どの橋脚についても速度応答、変位応答ともに低減されていることがわかる。特に変位応答については、一部の橋脚を除いて 50% 以下に低減されている。また、モデル中央部ほど制御効果が高いことがわかった。

次に図 5 の MEM スペクトルの最大振幅についてみると、ほとんどの橋脚で卓越振幅が 10% 以下に低減されている。また、各橋脚の卓越周期は制御することによって連結時の 1 次モードの固有周期付近 (0.28 秒) に変化している。このことより、制御時には連結時の影響があらわれているが、卓越振幅の大きさからその影響は小さいことがわかる。よって、周波数領域において各橋脚は非共振化がなされていることがわかる。

以上の結果より、アクティブ連結装置は、多径間構造モデルにおいても有効であることが確認された。

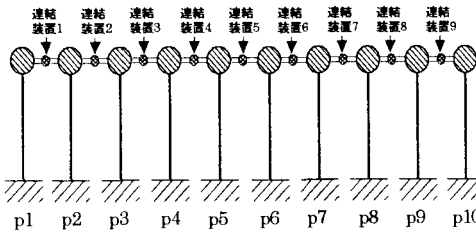


図 3 9 径間構造モデル

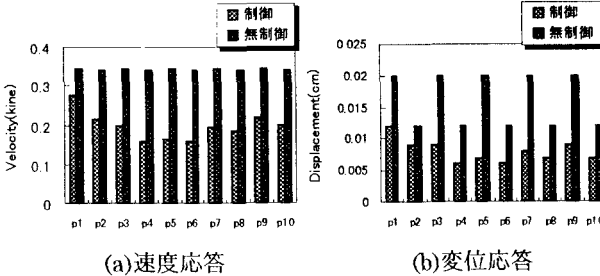


図 4 各橋脚の RMS 値

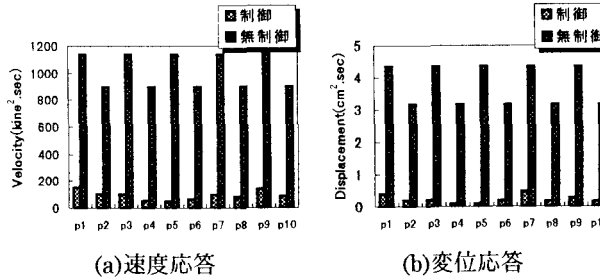


図 5 MEM スペクトルの最大振幅