

免震構造支承を用いた高架橋の実橋振動実験

阪神高速道路公団 正会員○松本 雅治 阪神高速道路公団 正会員 幸 和範
 阪神高速道路公団 正会員 安田 扶律 三菱重工業株式会社 正会員 佐々木伸幸
 三菱重工業株式会社 正会員 中谷 真二

1. まえがき

阪神高速道路湾岸線(南伸部2期)松の浜工区の4径間連続非合成箱桁橋において地震応答の低減を可能とする免震構造支承(減衰付き弾性支承)を採用している。このような免震装置は、従来、橋梁への適用例は少なく、阪神高速道路公団としても初めての施工である。このため実用に当っては、免震装置を組み込んだ実橋において振動実験を行い、橋梁全体の振動特性を実測確認しておくことが必要である。こうした目的から次の2通りの加振方法により実橋を加振し、固有振動特性(固有振動数、モード、減衰定数など)を実測した。①起振機による加振 ②油圧ジャッキによる加振

2. 実験対象橋梁

対象橋梁は、図-1に示すような橋長211.5m、総幅員21.94m、曲線半径560mの橋梁である。実験は、床版施工前の状態(鋼重約1,450ton)で実施した。支承配置は中央の3橋脚(橋脚B、C、D)上が免震構造支承であり、両端支点(橋脚A、E)が通常のピボットローラ沓である。免震構造支承は鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)であり、単体サイズ850×1,050×201H(mm)のもの2個を1体化構造として、合計12個用いている。免震構造支承の設計条件は最大鉛直荷重1,254ton・f、最大水平変位100mm(せん断歪約80%)である。また免震装置の設置に先立ち単体2個を代表を選び、微小変形から最大変形までの復元力特性を工場にて測定している。

3. 実験方法

(1)加振方法 起振機は建設省土木研究所所有の不均衡重錘型の大型起振機(水平用、EX-6300H-VF型、最大加振力20ton・f、1台)を用い、0.5~5.0Hzの範囲で正弦波加振を行った。加振点は図-1に示すガーダー上で加振方向は橋軸方向および橋軸直角方向とした。油圧ジャッキは、日本道路公団試験所所有の急速解放弁付き180ton油圧ジャッキ6台を用いた。加振方法は図-1に示すように橋脚Bをアンカーとして油圧ジャッキにより橋体を橋軸方向に強制変位させた後、ジャッキを急速解放し、自由減衰実験を行った。また油圧ジャッキによる静的载荷も行っている。

(2)計測方法 計測項目は桁加速度、橋脚天端加速度(サーボ型加速度計 合計20成分)および支承部の桁と橋脚天端間の相対変位(ダイヤルゲージ式変位計 合計10成分)であり、その配置を図-1に示す。その他、起振機加振力信号および油圧ジャッキの荷重をそれぞれ外力基準信号として計測した。

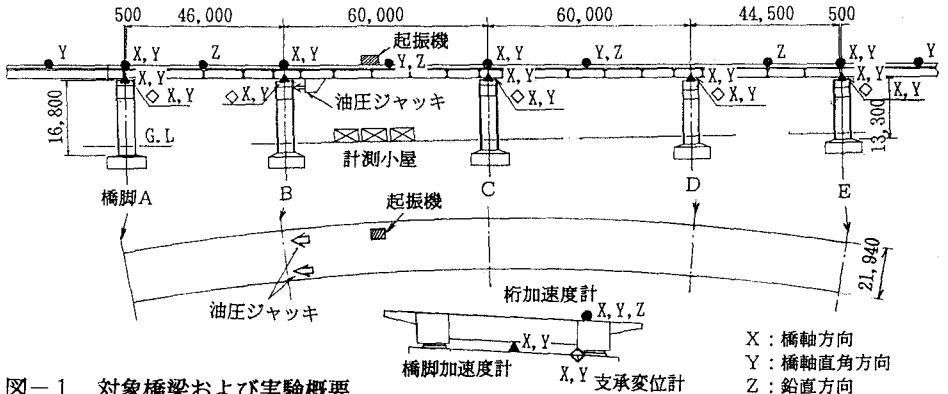


図-1 対象橋梁および実験概要

4. 実験結果および考察

起振機加振による正弦波応答データの代表例を図-2に示す。図-2は橋軸方向モードについて加振力レベルを2倍変えた場合の共振曲線である。両者は明確な差異があり、振幅レベルが大きくなるとピーク振動数の低下および共振曲線のピークの鈍化が見られ、これは主として免震装置の非線形性によるものと考えられる。起振機加振による正弦波応答データの最大振幅と位相関係から固有振動数を、また各点の振幅比率から振動モードを、さらに共振曲線形状からハーフパワー法で減衰定数をそれぞれ特定した。

次に、油圧ジャッキ急速解放後の主要計測点の自由減衰波形代表例を図-3に示す。図-3から500ton載荷時の支承部最大相対変位（橋脚B上の免震構造支承変形量）は約36mmである。荷重を解放した後、橋軸方向振動モードが卓越した比較的良好な自由減衰波形が得られ、自由減衰後の残留変位も比較的小さい。この傾向は、さらに小さい荷重（400, 300, 200, 100ton・f）載荷後の急速解放データについても同様であった。この自由減衰波形から固有振動数、減衰定数が良好な計測精度で求められた。

以上のような方法で求めた固有振動特性実測値をまとめて表-1に示す。表-1最下段で鉛直方向振動を示しているが、これは起振機を橋軸方向に加振した場合、桁に対するモーメント成分が作用し誘起されたものと考えられる。表-1に示す振動モードの中の、免震装置の変形が寄与する割合が大きい橋軸方向モードでは、振動数および減衰定数の振幅依存性が大きく、免震装置がほとんど変形しない橋軸直角方向1次モードおよび鉛直方向モードでは振幅依存性が小さいという結果が得られた。

5. まとめ

実験では、免震構造支承を用いた高架橋の実橋振動特性が良好な計測精度のもとに実測把握できた。また、実験に対応する解析および結果に基づく設計的検討は現在実施中であり、当日発表の予定である。

なお、本実験に当って実験機材を貸与頂いた建設省土木研究所および日本道路公団試験所、さらに現地で協力頂いた工事J.V関係者の方々に深く感謝いたします。

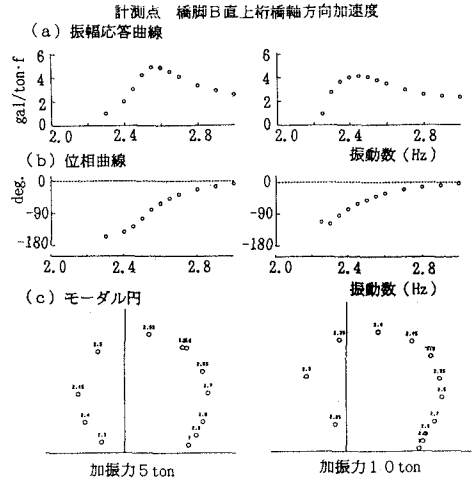


図-2 起振機加振データ代表例（橋軸方向加振）

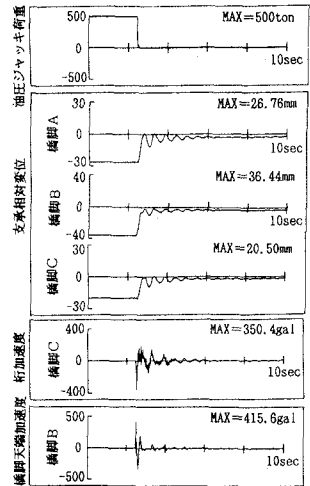


図-3 油圧ジャッキ急速解放時波形（500ton載荷後）

表-1 振動特性実測結果のまとめ

振動方向	加振方法 (加振方向)	振動次数	モード概形状	固有振動数 f (Hz)	減衰定数 h (%)	桁最大振幅(片振幅)	
						加速度 (gal)	変位 (mm)
橋軸方向	起振機 (橋軸方向)	1	(側面)	2.55 (起振力5t) 2.40 (起振力10t)	5.8 7.8	25.0 41.9	1.0 1.8
	油圧ジャッキ (橋軸方向)	1	同上	2.30 (載荷力200t) 2.35 (載荷力500t)	7.3* 6.5*	—	2.6 12.5
橋軸直角方向	起振機 (橋軸直角方向)	1	(平面)	1.97	1.2*	34.0	2.2
		2	(平面)	2.23	1.8	54.6	2.8
		3	(平面)	3.72	3.0	14.0	0.3
鉛直	起振機 (橋軸方向)	1	(側面)	2.22	0.5*	30.0	1.5

注) 減衰定数の*印は自由減衰から求めた値。その他は全て共振曲線からハーフパワー法で求めた値。