

波形鋼板ウェブPCエクストラードロード橋の振動実験

— 近江大鳥橋(栗東橋) —

大阪支店 技術部 橋野哲郎

1. はじめに

近江大鳥橋は、波形鋼板ウェブとPCエクストラードロード構造を組み合わせた初めての構造形式として計画され、平成14年1月の上部工施工の着手から、約5年の歳月を経て平成19年3月に完成した(写真-1, 図-1)。構造的な特徴としては、鋼とコンクリートの複合構造を細部まで積極的に取り入れて、施工の合理化を図っている点であり、これらの設計にあたっては、多くの解析検討や確認実験により安全性を検証している。



写真-1 近江大鳥橋完成写真

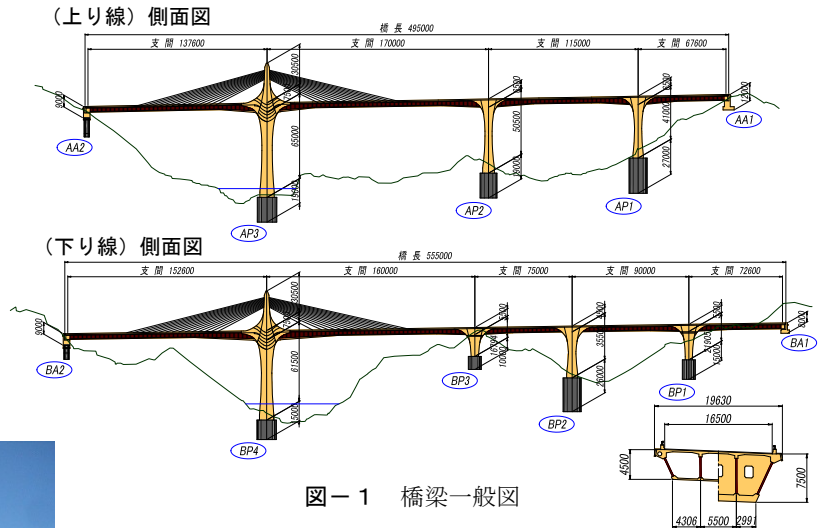


図-1 橋梁一般図



写真-2 起振機設置状況

また、本橋のもう一つの特徴として、上下線が独立した並列橋である事と、一般的なPCエクストラードロード橋と比べて単位長さあたりの桁質量が小さい事から、複雑な耐風特性を有することが挙げられる。そのため、桁の並列配置による空力干渉効果を把握する事を目的として、縮尺1/35の2次元部分模型を用いた風洞実験を行い動的耐風安定性の確認を行った。さらに、橋梁完成後に下り線側橋梁で起振試験を実施し、風洞実験時に仮定した構造減衰値の実測確認を行った。

エイトの上下運動によって発生する慣性力を用いて橋梁を加振する方式である。なお、実験では、本起振機を2台設置して2台の同期運転で加振を行った(写真-2)。振動計測用のセンサーは、振動モード・振動特性を求めめるために必要な最小数とし、支承部の挙動が振動特性に影響を及ぼすことから、挙動をモニターするための変位計を設置した。

2. 振動実験の概要

図-2に計測点および起振機の設置位置を示す。起振機の設置位置は、実験対象である桁鉛直卓越振動の3モード全てに対して、起振機を移設することなく加振できる位置として設定したものである。本起振機は、多々羅大橋等の振動実験で用いられた大型起振機であり、ウ

記号	計測項目	計測器	点数	成分
V	桁鉛直振動	サーボ型加速度計	6	6
L	桁-主塔橋軸振動	サーボ型加速度計	2	2
P	ピア橋軸振動	サーボ型加速度計	1	1
D	支承変位	変位計	10	10
M	起振機マス振動	サーボ型加速度計	2	2
T	外気温度	温度計	1	1
W	風向・風速	風向・風速計	1	2
合計			23	24

■ 起振機設置位置

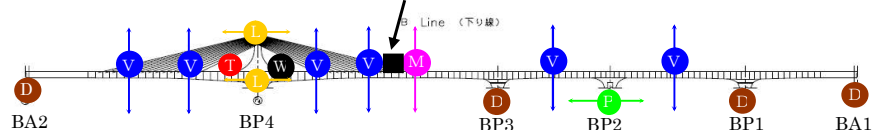
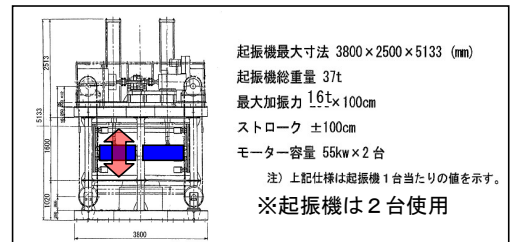


図-2 計測点および起振機設置位置

実験は、まず常時微動計測により固有振動数の概略値を求め、次に加振振動数を変化させながら共振振動数を特定する正弦波応答実験と、共振振動数において加振した後にウェイトを急停止させて、その減衰波形を計測する自由減衰実験を実施した。

3. 実験結果

表-1に本実験で計測対象とした、桁鉛直卓越振動の全体2次、4次、5次モードの実測結果を示す。この結果より、起振力を変化させると桁の応答振幅の大小(起振力の大小)により共振周波数が異なっていることが分かる。また、全体5次モード(1.2Hz成分)の応答振幅は、起振力を大きくすると卓越する傾向にあった。

表-1 固有振動数および構造減衰(対数減衰率)

項目	全体2次モード	全体4次モード	全体5次モード
解析値	0.776 Hz	1.032 Hz	1.141 Hz
常時微動	0.902 Hz	1.143 Hz	計測されず
固有振動数	桁振幅：小 (起振力：小) (6gal)	1.122 Hz (23gal)	1.26 Hz (11gal)
	桁振幅：大 (起振力：大) (20gal)	1.104 Hz (60gal)	1.206 Hz (74gal)
減衰	桁振幅：小	0.077	0.032
	桁振幅：大	0.141	0.117

4. 振幅依存性と振動モード

図-3は、2次振動モードの自由減衰試験結果について、桁の応答振幅と固有振動数および対数減衰率との相関を示したものである。このグラフより、桁振幅量が大きくなると固有振動数は低下し、対数減衰率が増加する振幅依存性の傾向が確認できる。この振幅依存性は、4次モード、5次モードについても同様の傾向であった。

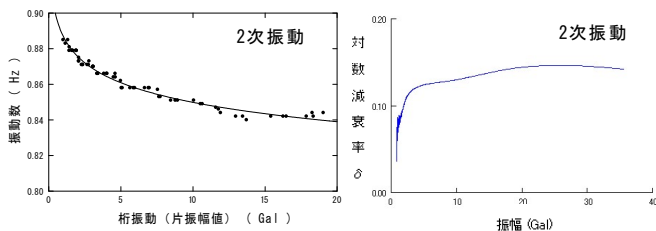


図-3 固有振動数・構造減衰の振幅依存性

この要因については、ゴム支承の水平バネ剛性に着目して検討を行った。図-4は、2次振動モードの計測結果について、起振力と支承橋軸変位モード値との関係を示したグラフである。ここで、縦軸のモード値とは、A2~P4 径間中央の桁鉛直振幅値に対する支承橋軸振幅値の比を示している。このグラフから、起振力の変化によって支承の水平変位モード値が変化していることが分かる。

次に、固有値解析モデルにおいて支承水平バネ剛性を変化させ、支承バネ値と支承橋軸モード値との関係を検討した。

図-5は、2次振動モードの固有値解析結果について、各ゴム支承のバネ値とモード値との相関を示したものである。各支点ともに、支承バネ値を大きくすると、橋軸変位モード値が小さくなる傾向にある。

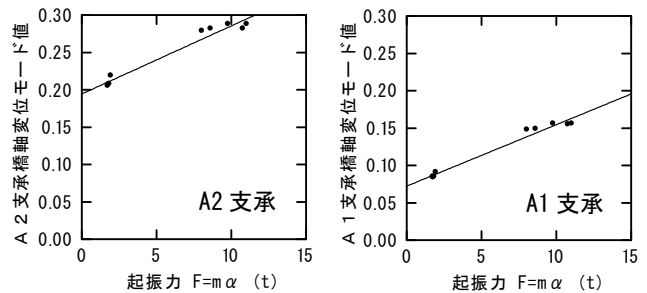


図-4 起振力とモード値の関係

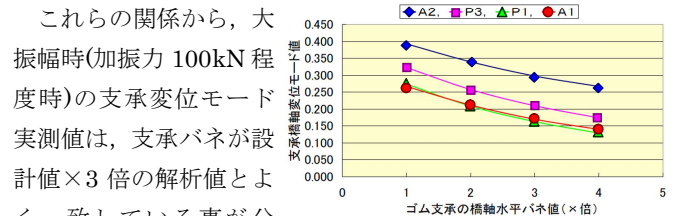


図-5

支承バネ値とモード値の関係

これらの関係から、大振幅時(加振力 100kN 程度時)の支承変位モード実測値は、支承バネが設計値×3 倍の解析値とよく一致している事が分かる。また、主桁および主塔の変位モードについても、解析モデルにおける支承バネ値を適切に設定することにより実測モード値とよく一致する結果となった。(図-6)

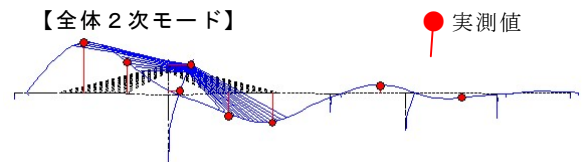


図-6 振動モードの解析値と実測値の比較

5. おわりに

以上の結果を踏まえ、本橋の振動特性を以下に記す。

- (1) 固有振動数、構造減衰ともに、振幅依存性が確認され、応答振幅の増大に伴い「固有振動数は低く、構造減衰は大きくなる傾向」にある。
- (2) 応答振幅が比較的小さい振動実験レベルの振動状態では、ゴム支承の水平バネ剛性について初期剛性の影響を適切に評価することで解析モデルとの整合をはかることができる。
- (3) 実測された構造減衰は、風洞実験時の仮定値 $\delta = 0.030$ よりも大きく、耐風安定性の検討で想定している大振幅時での減衰は $\delta = 0.10$ 程度を有していることが分かった。よって、本橋の耐風性に関しては、十分な安定性が確保されていることが確認できた。

Key Words: 波形鋼板ウェブ, エクストラードロード橋, 振動実験, 減衰定数



橋野哲郎