

I-163 正蓮寺川大橋の振動実験(その1)

— bluffな形状を有する箱桁橋の振動性状について —

阪神高速道路公団 正員 江上 輝雄

阪神高速道路公団 正員 ○高田 佳彦

1. はじめに

阪神高速道路湾岸線にかかる正蓮寺川大橋は、橋長534.5m、中央径間235mの我国最大規模の3径間連続鋼床版箱桁である。本橋は、側径間の支間長が異なる上に、堺側側径間部にはランプにつづく加減速区間があるため、橋軸方向に幅員が変化する複雑な構造となっている(図-1)。このような長径間の箱桁橋については、最近本州四国連絡橋の門崎高架橋や撫養橋、広島県の海田大橋のように、耐風安定性が議論されることが多くなっている。正蓮寺川大橋についても、前記の橋梁と同等あるいはそれ以上の規模を有しているため、設計当初から耐風安定性に関して検討を加えており、模型による風洞実験が京都大学で行われている。¹⁾

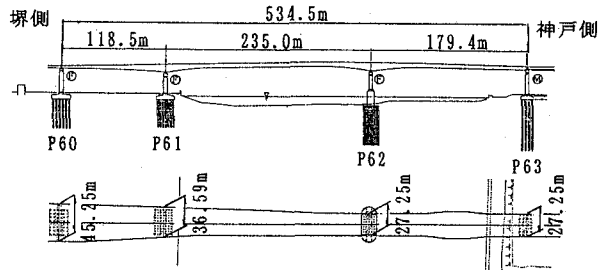


図-1 正蓮寺川大橋の一般図

本文は、耐風安定性など動的設計の基礎となる正蓮寺川大橋の振動特性(固有振動数・振動モード・対数減衰率)を把握することを目的として、振動実験を実施したのでその結果を報告する。

2. 実験内容

本実験は、建設省土木研究所所有の大型起振機(EX-7500BL)2台を用いた起振機実験およびダンプトラックを用いた車両走行実験の2種類の方法を用いた。起振機実験は、起振機の振動数範囲と設計時に行われた固有値解析結果を考慮し、鉛直たわみ振動およびねじれ振動の1次から3次の振動モードの把握を主目的とした。そこで、起振機の配置は中央径間のL/2またはL/4の位置とした。車両走行実験は、総重量20tに調整したダンプトラック(最大6台)を用いて行った。走行パターンは、将来、維持管理のための初期値として用いることも考慮して、表-1に示す18パターンを行った。

表-1 走行パターン

走行方法	速度(km/h)		
単独走行	40	60	80
2台連行走行	40	60	—
3台連行走行	40	60	—
3台並行走行	40	—	—
6台並行走行	40	—	—

走行方向(上り・下り)も考慮して全18パターンとなる。

測定は、たわみとねじれの振動モードが把握できるように鉛直方向15点、水平方向8点の合計23測点に動電型速度計を配置し行った。また、分析は微積分増幅器を介し、速度から変位に変換し行った。起振機、測定器の配置を図-2に示す。

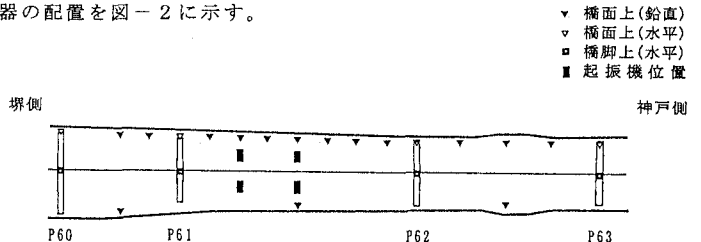


図-2 測定器の配置

3. 実験結果

(1) 固有振動数および振動モード

起振機実験では、振動数を徐々に変化させながら振幅応答値を求める定常加振実験によって、加振振動数と振幅応答値の関係を示す共振曲線を求め、そのピーク値から固有振動数を推定した。図-3に代表例として中央径間L/2点における共振曲線を示す。共振曲線のピーク値は、起振位置を変えても同じであった。図-4には振動モードの実測値と計算値の対比例を示すが、対応は良好であった。

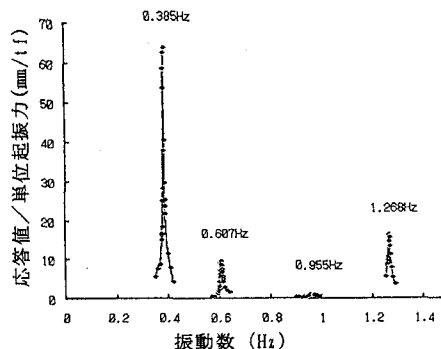


図-3 共振曲線

車両走行実験では、各走行パターンにおける自由減衰波形のパワースペクトル分析を行い固有振動数を求めた。表-2に、両実験における固有振動数の実測値と計算値の比較をまとめた。表中の計算値は立体構造モデルにおける固有値解析により求めたものである。実測値と計算値を比較すると、実測値が10%程度高く、実橋の持つ剛度は設計時より高くなっている。これは、設計上考慮していない鋼床版、高欄、中央分離帯、舗装の影響が考えられる。車両走行実験では、起振機実験で得られなかった1.490~1.522Hz, 1.684~1.712Hz付近に卓越振動数が確認された。この振動数は側径間部のねじれ振動(ねじれ2次、ねじれ3次)であることが固有値解析結果からも確認できた。実測値と計算値の比は、ねじれ3次を除けば最大1.10程度であり、車両走行実験の実測値は本橋の初期値としても十分な精度で対応していると思われる。

(2) 対数減衰率

対数減衰率を起振機実験の自由減衰波形から求める方法、共振曲線の $1/\sqrt{2}$ 法で求める方法の2方法で求め、表-2に示した。実測値を範囲で示しているのは振幅の大小によるものと思われる。両者を比較すると $1/\sqrt{2}$ 法で求めた対数減衰率は自由減衰波形から求めた対数減衰率と比較して、たわみ1次振動の値はやや大きな値を示しているが他の次数はほぼ一致しており、実測値の信頼性が確認できたといえる。また、対数減衰率 δ の実測値は、設計時の想定値(たわみ1次振動の対数減衰率 $\delta=0.03$)とほぼ同じ値であった。

4. まとめ

本実験結果をまとめると以下のようになる。

- ① 起振機実験, 車両走行実験とも良好な計測精度で実測でき、両実験で得られた固有振動数を比較すると大差はなかった。
- ② 固有振動数, 振動モードの実測値と計算値の対比はほぼ良好であり、本橋の動的設計の妥当性が検証できた。
- ③ 対数減衰率の実測値は、設計時に想定した値 $\delta=0.03$ (たわみ1次振動)と同じであり、耐風安定性は特に問題ないと思われる。

参考文献 1) 阪神高速道路公団, (社)システム総合研究所, 京都大学橋梁工学研究室: 正達寺川橋梁の耐風性に関する調査研究, (昭60.3)

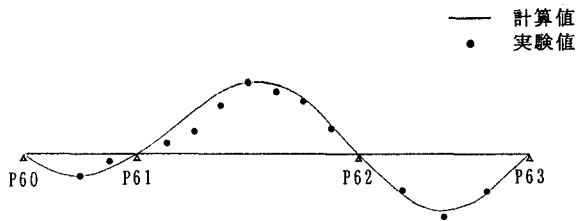


図-4 振動モード(たわみ1次)

表-2 固有振動数と振動モード

次数	固有振動数 (Hz)		対数減衰率			振動モード		
	計算値	実測値		実測値				
		起振機	車両走行	自由減衰	1/√2法			
鉛直たわみ振動	1	0.351	0.385	0.383	0.027	0.034		
			~	0.391	~	0.033		0.045
			0.610	0.607	~	0.029		0.032
ねじれ振動	2	0.564	0.617	0.617	0.032	0.036		
			0.940	0.940	~	0.068		0.068
			0.973	0.955	~	0.090		0.082
ねじれ振動	1	1.162	1.276	1.276	0.018	0.021		
			1.278	1.278	~	0.022		0.022
			1.490	1.464	~	~		~
ねじれ振動	2	1.464	1.522	1.522	~	~		
			1.684	1.684	~	~		~
			1.712	1.480	~	~		~