

(146) 鮎の瀬大橋の実橋振動実験

住友建設(株)技術研究所 正会員 ○松元香保里
 九州産業大学工学部 水田 洋司
 熊本県上益城事務所耕地課 永木 卓美
 住友建設(株)・佐藤企業(株)JV 荒巻 武文

1. はじめに

鮎の瀬大橋は熊本県上益城郡矢部町に位置し、農免道路整備事業の一環として緑川上流に建設されている橋長390mのPC斜張橋である。急峻な渓谷の中に聳え建つY型橋脚と斜張橋の複合という、“自然環境との調和”や“谷間空間への3次元的立体感”をコンセプトとした斬新なデザインが採用されている(写真-1)。

一般に斜張橋はフレキシブルな構造であるため、その耐震性および耐風安定性には十分な配慮がなされ、例えば、新綾部大橋¹⁾や志摩丸山橋²⁾などでは実橋振動試験を行い、それぞれ構造特性が明らかにされている。

本橋は、剛のラーメン桁橋と柔の斜張橋から成る特異な構造形式であるため、Y型橋脚、主塔、桁およびケーブルの振動が複雑に連成することが予想された。そこで、振動特性の把握および設計諸量の妥当性を検証することを目的として、大型起振機による振動試験および20tトラックによる衝撃試験を実施した。本稿では起振機による振動試験結果について報告する。

2. 鮎の瀬大橋の概要

架橋地点は幅300m、深さ約140mのV字谷で、急崖面中腹にP1、P2橋脚の下部工が設けられている。基礎形式は大口径深礎である。基礎地盤は石灰岩層を基岩とし、花崗閃緑岩および溶結凝灰岩から形成され、P1橋脚位置では強風化層が堆積している。橋梁諸元を表-1に、一般図を図-1に示す。

主塔はA形RC構造であり、主桁柱頭部の開口部を貫いて主桁と剛結されている。主桁は逆台形1室箱桁構造で、桁高は2200mmである。斜張橋部は左右非対称なスパン割であるため、A2側径間にはカウンターウエイトを有する構造となっている。橋脚および橋台上にはゴム支承が設けられている。

斜材はフレシネーHシステムであり、φ15.2mmストラン

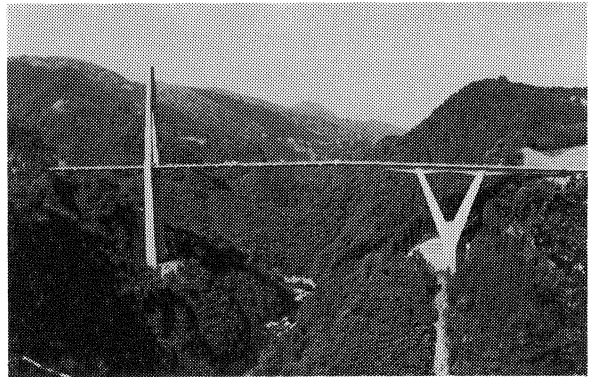


写真-1 鮎の瀬大橋

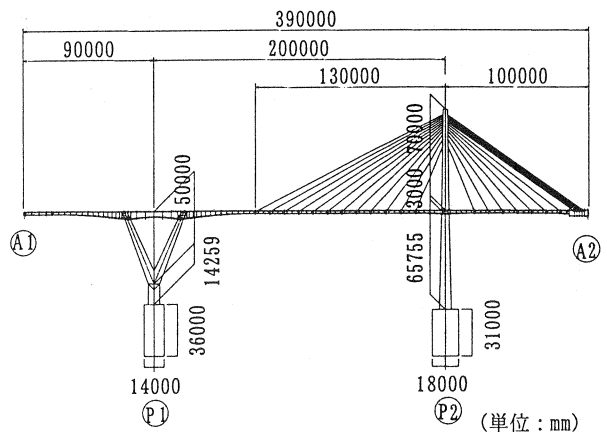


図-1 一般図

表-1 橋梁諸元

工事場所	熊本県上益城郡矢部町大字菅
道路規格	3種4級
橋種	プレストレストコンクリート道路橋
橋格	1等橋(TL-20)
構造形式	Y型ラーメン桁橋 2径間連続斜張橋
主桁形式	1室PC箱桁
斜材形式	ファン形二面吊り
橋長	390.0m
支間	89.25m+200.00m+99.25m
塔高	70.0m

ド19本用および27本用のユニットが用いられている。斜材配置はファン形二面吊りであり、保護管にはオレンジメタリック塗装を施した着色ポリエチレン管が採用された。試験時には未施工であったが、風によるケーブルの制振対策として、床版より1.114mの位置に粘性せん断型ダンパーを全ケーブルに対して設置している。

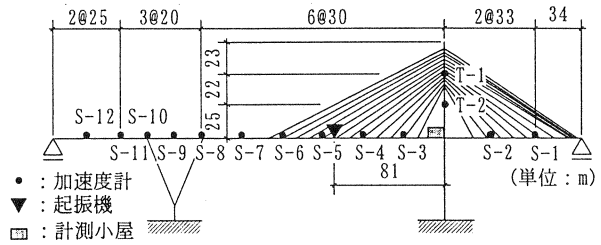


図-2 起振機および加速度計配置位置

3. 振動試験方法

土木研究所所有の2不平衡重錘並列配置同期反転方式12tf起振機を橋面上に設置し、鉛直、橋軸、橋軸直角の3方向について振動試験を行った。応答計測はサーボ型加速度計を使用し、データサンプリング間隔は0.02秒とした。加速度計は幅員中央に配置し、感度方向は加振方向と一致させた。起振機および加速度計の配置位置を図-2に示す。予め常時微動計測によりおおよその固有振動数を求め、この振動数近傍を0.02Hz間隔で起振機によりスイープ加振し、共振曲線を得、固有振動数および固有振動モードを求めた。起振力は加振振動数により変化するため、共振曲線は応答加速度値を起振力1kNあたりの応答値に換算して求めた。自由振動試験は、起振機により固有振動数で正弦加振し、定常状態において起振機を急停止した。なお、試験時の本橋は、構造部材は完成し斜材ケーブルのグラウト施工後であり、地覆、高欄、舗装が未施工の状態であった。

4. 試験結果

振動試験結果を表-2に、共振曲線を図-3に示す。表-2中の解析値には、完成時をモデル化した舗装有りの3次元モデルCASE1および2次元モデルCASE2と、試験時をモデル化した舗装無しの2次元モデルCASE3を示した。CASE2とCASE3のモデル化の相違点は、上部工重量として舗装重量を考慮しているか否かである。表-2より、CASE3と試験結果の鉛直モードの固有振動数は良く一致していることが分かる。これに対し、舗

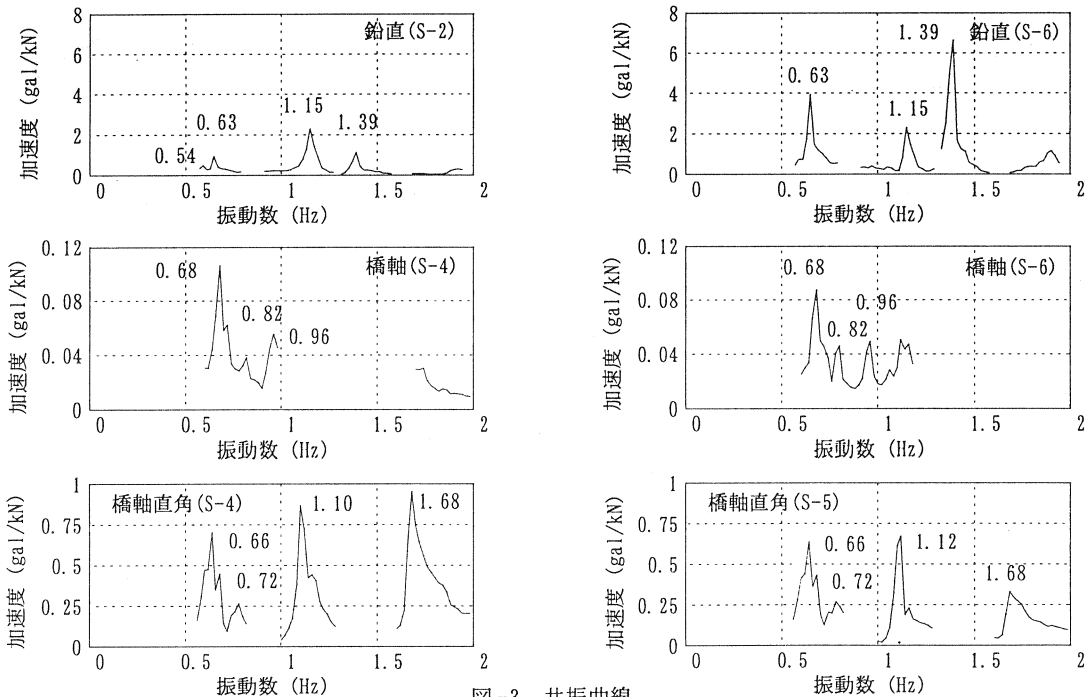


図-3 共振曲線

表-2 振動試験結果

方向	固有振動数 (Hz)					減衰定数	
	解析値			試験値		起振機	常時微動
	CASE1 3次元 (舗装有)	CASE2 2次元 (舗装有)	CASE3 2次元 (舗装無)	起振機	常時微動		
鉛直	0.502	0.508	0.534	0.54	0.60	—	0.012
	0.583	0.588	0.651	0.63	0.65	0.012	—
	1.060	1.070	1.185	1.15	1.17	0.005	0.005
	1.227	1.233	1.384	1.39	1.39	0.005	—
	1.683	1.680	1.849	1.90	1.82	0.013	0.005
	—	—	1.958	—	—	—	—
橋軸	—	—	—	0.80	—	—	0.001
	—	—	—	0.96	—	0.006	0.001
橋軸 直角	0.586	—	—	0.66	0.67	0.012	0.013
	0.658	—	—	0.72	0.77	0.009	0.011
	1.036	—	—	1.12	1.11	0.007	0.007
	1.493	—	—	1.68	—	0.008	—
	1.638	—	—	1.86	1.86	—	0.005

注) 表中の減衰定数は起振機は自由振動試験結果より、常時微動はハーフパワー法により求めた値を示す。

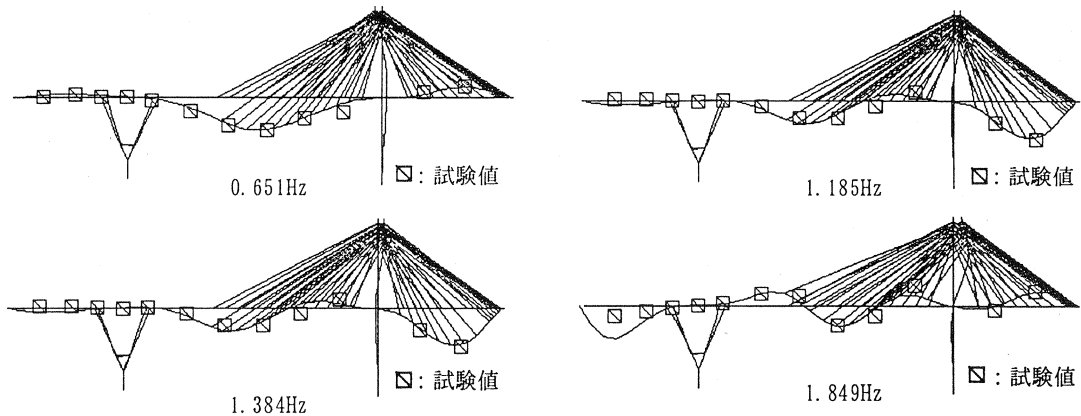


図-4 固有振動モード

注) 解析結果はCASE3

装重量分上部工重量が大きいCASE2の固有振動数は、試験結果よりも全体的に小さい値となっている。CASE3と試験結果の鉛直方向の固有振動モードを図-4に示す。固有振動モードに関しても、解析結果は試験結果を良く再現していることが分かる。従って、CASE3の解析モデルは試験時の構造特性を良くモデル化しているといえる。一方、CASE1とCASE2も解析値は非常に良く一致しており、また、CASE2とCASE3は上部工重量以外のモデル化は同じであることから、CASE1およびCASE2の解析モデルは、完成時の構造特性を再現可能といえる。CASE1の解析モデルは、設計時における動的解析に用いたモデルであり、設計時に行われた耐震性など諸検討の妥当性が確認できた。

また、図-4より、鉛直方向の振動レベルは、斜張橋部に比べラーメン部は小さいことが分かる。鮎の瀬大橋とツインハーブ橋における主桁の最大応答値³⁾の比較を表-3に示す。ツインハーブ橋は、スパン69.4+140.0+69.4=280.0m、主塔40m、橋脚高13mの1面吊り形式の3径間連続PC斜張橋である。ツインハーブ橋に比較し、本橋は中央スパンが200mと長く、主塔70m、橋脚も約65mと高いにも関わらず、水平方向の振動レベルに大きな差は認められない。これは、剛構造であるラーメン部の影響と推定される。鉛直方向の振動レベルは、ラーメン部の影響をほとんど受けないため、スパンの長い本橋はツインハーブ橋よりも高い値となっている。高い橋脚および主塔を有する斜張橋部は非常にフレキシブルであるものの、ラーメ

表-4 各種PC橋の自由振動試験より得られた鉛直方向振動の減衰定数

橋 梁 名	スパン (m)	形 式 ・ 構 造	固有振動数 (Hz)	減 衰 定 数
新 綾 部 大 橋 ¹⁾	51.5+110.0+77.5	3 径間連続PC斜張橋	①1.10 ②1.86 ③2.38 ④3.22	①0.002 ②0.003 ③0.008 ④0.009
志 摩 丸 山 橋 ²⁾	2@113.4 +17.6+3@18.0+17.6	2 径間連続PC斜張橋 5 径間連続中空床版橋	①0.56 ②0.91 ②1.61 ④1.83 ⑤2.78 ⑥3.38 ⑦3.53	①0.006 ②0.003 ②0.006 ④0.005 ⑤0.019 ⑥0.009 ⑦0.004
ツインハープ橋 ³⁾	69.4+140.0+69.4	3 径間連続PC斜張橋	①0.73 ②1.29 ③1.52 ④1.71	①0.007~0.013 ②0.007~0.018 ③0.010~0.034 ④0.070~0.010
岡 谷 高 架 橋 ⁴⁾	(上り) 102.0+126.0 +148.0+126.0+87.8 (下り) 87.5+126.0 +148.0+126.0+87.8	5 径間連続 PCラーメン箱桁橋	①1.20 ②1.47	①0.012 ②0.012
天 草 4 号 橋 ⁵⁾	40.0+3@146.0+40.0	5 径間連続PC箱桁橋	①1.20 ②1.30	①0.040 ②0.026

ン部の高い剛性により橋梁全体としての剛性は高まっていると考えられる。

表-2より、本橋の減衰定数は0.005~0.013であることが分かる。他のPC斜張橋などにおいて、自由振動試験より得られた鉛直方向の減

衰定数を表-4に示す。PC斜張橋では0.005~0.01と比較的小さいが、PCラーメン箱桁橋では0.01、PC箱桁橋では0.026~0.040となっている。鉛直方向の減衰定数は、スパン割などにもより変わるが、構造形式により異なる傾向が読みとれる。本橋の構造形式は、PC斜張橋とラーメン桁橋の複合構造であるが、鉛直方向の構造減衰は他のPC斜張橋と同等と評価することができる。本橋の鉛直方向に関する振動特性は、ラーメン部の高い剛性の寄与は小さく、斜張橋部の振動特性が支配的であるといえる。

5. まとめ

2径間連続PC斜張橋と、Y型橋脚を有するラーメン桁橋の複合形式である鮎の瀬大橋の実橋振動試験より得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 振動試験時の構造系をモデル化した、舗装重量を考慮しない2次元解析モデルによる解析結果は、固有振動数および固有振動モードとも試験結果と良く一致し、解析モデルの妥当性が確認された。また、設計時の検討に用いた完成時をモデル化した3次元解析モデルの妥当性も確認された。
- (2) 本橋の減衰定数は0.005~0.013程度であり、一般的なPC斜張橋と同程度であることが確認された。
- (3) 斜張橋部はラーメン部に比べ鉛直方向の振動レベルが大きく、鉛直方向の振動特性に対して支配的であることが分かった。

【参考文献】

- 1) 建設省土木研究所構造橋梁部構造研究室：新綾部大橋振動実験報告書、土木研究所資料、第2671号、1988.10
- 2) 建設省土木研究所・三重県土木部：PC斜張橋の耐風設計・耐震設計に関する共同研究報告書、1990.3
- 3) 京田、田村、藤田、近藤：ツインハープ橋(3径間連続1面吊りPC斜張橋)の振動実験について、プレストレストコンクリート技術協会第2回シンポジウム論文集、1991.11
- 4) 橋梁振動研究会編：橋梁振動の計測と解析、pp.151~155、技報堂、1993.10
- 5) 土木学会：土木技術者のための振動便覧、pp.98~108、1985.10

表-3 最大応答値の比較

振動方向	鮎 の 瀬 大 橋		ツインハープ橋	
	最大応答値	振動数	最大応答値	振動数
鉛 直	6.64gal/kN	1.39Hz	3.73gal/kN	1.82Hz
橋 軸	0.06gal/kN	0.96Hz	0.05gal/kN	3.48Hz
橋軸直角	0.95gal/kN	1.68Hz	0.23gal/kN	7.61Hz