

川田工業株式会社 正会員 梅澤宣雄

川田工業株式会社 正会員 前田研一

建設省富山工事事務所 松橋 省

1. まえがき

合掌大橋(旧新滝橋)は富山・岐阜両県境で蛇行した庄川を一般国道156号が横断する位置に架橋された山照部には珍らしい斜張橋を主体とする橋梁で昭和54年10月に竣工した。本橋は図-1に示すように、A型立体系ラーメン構造の主塔を有し、主桁はほぼ対称の2径間で、合掌造りに擬したデザインを採用している。特異な地形や施工性を考慮して、主桁は半島部のRC地中梁を介した2径間非連続鋼床版2箱桁型式で、他に頼のない構造を有する。本橋の竣工直前に振動試験を実施する機会があり、非連続桁型式の振動特性に関する資料を得たので、設計時に用いられた振動性状に関する諸量の仮定値の確認を行ない、あわせて、理論計算値との比較を行った。

2. 試験方法

今回の振動試験は起振機による加振試験と荷重車による走行試験を実施した。加振試験は起振機(土木研究所所有双子型、最大起振力2.0t/台、2Hz)を岐阜側および富山側径間の上段ケーブル固定点位置に設置して、連結棒で結ばれた2台の起振機を同位相および逆位相で回転して、鉛直加振およびねじれ加振を行ない図-1に示す各位置において桁の鉛直変位と加速度、主塔の水平加速度を測定した。測定された変位と加速度から単位外力当りの変位の共振曲線を作成して共振振動数(これを固有振動数とみなす)を求め、共振曲線の形状より対数減衰率を計算した。一方、走行試験は荷重車1台単独および2台連行走行の2種類について、5~10km/hで富山側から岐阜側およびその反対方向へと走行を行ない、図-1に示す各位置において鉛直変位と加速度を記録した。この記録を時間間隔0.02sec、データ数4096個×は2048個でデジタル化してスペクトル解析を行ない、パワースペクトルから共振振動数を求め、ハーフパワー法で対数減衰率を計算した。また、今回の走行試験は舗装後実施したので、供用開始後の動たわみ性状も推定できるものと判断して、走行中の動たわみと今回同時に実施した静的載荷試験の静たわみと対比して動的増幅率も求めた。

3. 試験結果

(1) 固有振動数 起振試験および走行試験から得られた共振振動数にはほとんど差がないので、平均値を固有振動数とみなして表-1に示す。本橋の特長として、ケーブルの振動が卓越してそれに伴い桁も振動するモード(以下ケーブル卓越振動と呼ぶ)が見られる。ケーブルの固有振動数は初期軸力によって左右されるが、今回の測定値は完成時のケーブル張力測定時の固有振動数と完全に一致する。また、最低次の固有振動数が設計時より

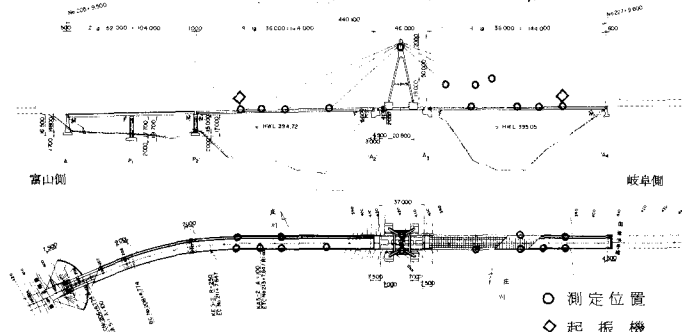


図-1 合掌大橋一般図および測定位置

表-1 各事大橋の固有振動数および対数減衰率

振動モード	固有振動数 (Hz)				対数減衰率
	測定値	理論計算値	測定値	理論計算値	
箱梁たわみ振動対称1次	0.64	0.572	0.553	1.115	0.034
上段ケーブル卓越振動	0.64	0.572	0.553	1.054	0.075
中段ケーブル卓越振動	0.74	0.779	0.710	1.049	0.045
箱梁たわみ振動対称2次	0.95	0.850	0.804	1.120	0.046
下段ケーブル卓越振動	0.99	0.950	0.920	1.025	0.046
箱梁たわみ振動対称3次	1.51	1.204	1.204	1.090	0.046
箱梁たわみ振動対称2次	1.42	1.242	1.244	1.140	0.072
ねじれ振動対称1次	1.69	---	1.654	1.251	0.034
箱梁たわみ振動対称1次	---	---	1.650	---	---
箱梁たわみ振動対称1次	---	---	1.635	---	---
ねじれ振動反対称1次	1.97	---	1.713	1.152	0.024
箱梁たわみ振動対称3次	2.23*	1.858	1.845	1.197	0.025*
箱梁たわみ振動対称3次	---	1.874	1.904	---	---
ねじれ振動反対称2次	2.97	---	2.411	1.158	0.019
ねじれ振動反対称2次	5.03	---	2.655	1.152	0.024

*上段: 富山側, 下段: 岐阜側 *箱梁たわみ振動3次

高くなったこともあり、上段ケーブル卓越振動が最低次の固有振動数に近くなった。既設の桁型式の斜張橋において振動試験より求められた固有振動数と本橋の固有振動数を併せて表-2に示す。桁型式斜張橋の場合、固有振動数は振動次数により多少異なるが、径間長が長くなるにつれて小さくなる傾向にある。本橋は支間に比べて固有振動数はやや小さい値を示す。これは塔が独立塔としては比較的小さいことと、反対側の径間が影響しているためと考えられる。

(2) 固有振動モード 鉛直たわみ振動およびねじれ振動のそれぞれの共振時における各測定点の応答加速度と振動の位相差を考慮して求めた振動モードのうち、鉛直たわみ振動の固有振動モードを図-2に示す。これらの図において、破線で示すのは理論計算より求められた固有振動モードであり、この両者は良い一致を示す。本橋の特長として、ケーブル卓越振動が見られるが、これらの振動モードはその前後の桁の振動モードになっている。すなわち、上段ケーブル卓越振動が対称1次、中段ケーブル卓越振動が対称1次、下段ケーブル卓越振動が対称2次である(下段ケーブル卓越振動は測定値が小さいので省略する)。

(3) 対称減衰率 鉛直たわみ振動の対称減衰率が対称1次から対称2次振動について0.066~0.084であるのに対して、ねじれ振動は0.019~0.034と小さくなっている。また、ケーブル卓越振動については0.046~0.075と桁のたわみ振動に比べて少し小さい値である。既設の桁型式斜張橋において測定された対称減衰率と本橋の測定結果を併せて表-2に示す。本橋の鉛直たわみ振動の対称減衰率は他橋に比べて大きく、通常の桁橋と同程度と考えられるが、ねじれ振動については、他橋よりやや小さい傾向にある。

(4) 動的増幅率 岐阜側径間の走行試験で走行速度が8.9~45.9km/hで測定した結果、中段ケーブル定着点で0.014~0.032、下段ケーブル定着点で0.009~0.046であり、ケーブル定着点と支承とみなした4径間連続桁の設計衝撃係数の0.233に比べて非常に小さい値である。

4. 理論解析

本橋の理論解析には、鉛直たわみ振動について鎖状ケーブルおよび線形化有限変形を考慮した平面モデル、ねじれ振動については直線ケーブルおよび微小変形とした立体モデルを用いた。この結果を表-1に示す。計算値の固有振動数に対して、たわみ振動の測定値は9~14%(平均で12%)、ねじれ振動は14~25%(平均で17%)高い。これは解析にあたって鋪装、添接部の断面増加等を考慮しなかったためと考えられる。また、平滑走行時の動的増幅率の計算値は走行速度が10~50km/hで0.010~0.032とはほぼ測定値に近い値である。

本試験にあたり適切な御指導と御助言をとして頂いた土木研究所成田学長をはじめ構造研究室の皆様には謝意を表します。

参考文献：土木研究所資料第1134号、1349号

表-2 既設斜張橋の固有振動数および対称減衰率

橋名	振動モード	固有振動数 (Hz)	対称減衰率	橋長の概要
新大橋	対称1次	0.58	0.05	橋長 10.4 A型A9~2線間
	対称2次	1.58	0.05	
	対称3次	1.62	0.05	
	対称4次	1.62	0.05	
荒川大橋	対称1次	0.75	0.024	橋長 12.9 1線間
	対称2次	1.25	0.034	
	対称3次	1.91	0.034	
	対称4次	2.41	0.034	
本武大橋	対称1次	0.472	0.0305	橋長 11.4250+11.1 橋長 1.85 1線間
	対称2次	0.712	0.0185	
	対称3次	1.049	0.0180	
	対称4次	1.264	0.0154	
水大橋	対称1次	1.64	0.0122	橋長 17.85+11.6 橋長 205 1線間
	対称2次	2.094	0.0122	
	対称3次	2.094	0.0122	
	対称4次	2.094	0.0122	
分大橋	対称1次	0.454	0.085	橋長 14.44+14.44+14.44 橋長 10.5 3線間 A型 2線間 B
	対称2次	0.852	0.0571	
	対称3次	1.256	0.0402	
	対称4次	2.026	0.0659	
分大橋	対称1次	0.93	0.066	橋長 10.5 3線間 A型 2線間 B
	対称2次	1.51	0.066	
	対称3次	1.42	0.072	
	対称4次	2.23	0.025	

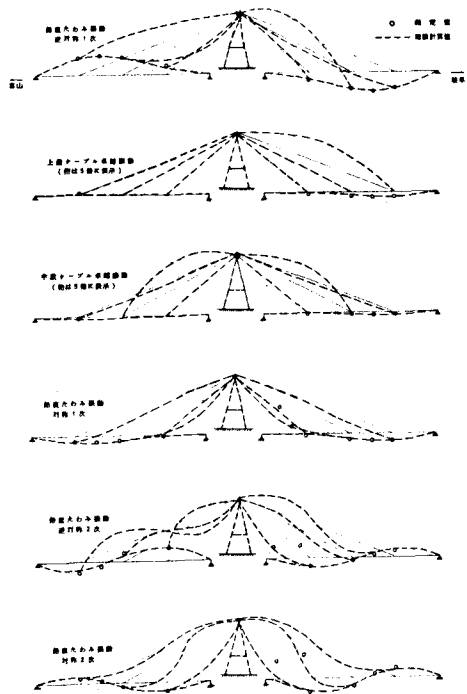


図-2 固有振動モード