

祓川水管橋の振動特性

九州産業大学大学院 学生会員 ○金子英孝

九州産業大学 正会員 水田洋司 白地哲也

新日本製鐵株式会社 正会員 竹内貴司 神崎真美

1. はじめに

祓川水管橋の振動特性を明らかにする為に、実橋での振動実験と固有値解析を行った。振動実験では、サーボ型加速度計(ASQ-2CAS1: 共和電業製)を用いて、常時微動、自由振動、強制振動の加速度波形を計測した。計測した加速度波形を、パソコンで波形解析(FFT, パワースペクトル)することにより、固有振動数や減衰定数、固有モードを求めた。本論文では、実験値と解析値を、固有振動数と固有モード形状に着目して比較した。また、解析では点検用に設けられている歩廊が、水管橋の剛性に及ぼす影響についても検討した。

2. 実験値

振動実験を行った祓川水管橋は、福岡県京都市豊津町を流れる祓川に架かるスパン 75.5m の単径間ランガー橋である。本水管橋は、水管自体を構造物の一部として利用した独立橋形式の橋であり、幅 0.85m の点検用歩廊が橋の全長に渡って設置してある。諸元を表 1 に、概略図を図 1 に示している。

表 1 祓川水管橋の諸元

スパン	75.5 m
主構幅員	3.0 m
ライズ比	0.12
水管	φ 355.6mm の管 2 本
全重量	431.2 kN
μ (通水時)	504.7 kN

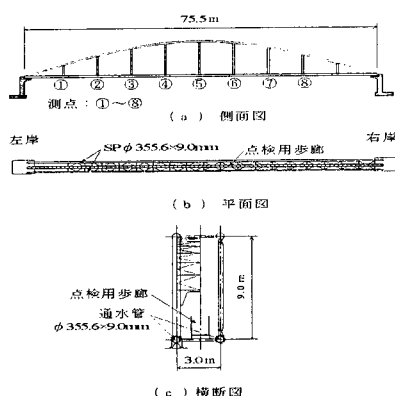


図 1 祓川水管橋の概略図

表 2 固有振動数および減衰定数

方向	常時微動		自由振動		強制振動 歩行時の卓越 振動数 (Hz)
	振動数 (Hz)	減衰定数	振動数 (Hz)	減衰定数	
鉛直 振動	1.01	0.007	1.00	0.007	1.69
	1.53	0.006	1.54	0.006	2.49
	2.34	0.003	—	—	8.65
	2.50	0.003	2.49	—	—
	2.83	0.002	—	—	—
	3.96	0.001	—	—	—
	4.69	0.002	4.69	—	—
面外 水平 振動	1.28	0.006	1.27	—	2.35
	2.34	0.003	2.34	0.005	8.68
	2.83	0.004	—	—	—
	3.97	0.002	3.91	0.002	—
	4.82	0.002	—	—	—
橋 軸 振動	1.01	—	—	—	2.27
	2.34	0.003	—	—	8.63
	7.50	0.001	—	—	—

振動実験で得られた固有振動数、減衰定数の結果を表 2 に示している。まず、振動振幅の違いにより固有振動数や減衰定数に違いが見られるかを検討する為に、常時微動と人力加振による自由振動を計測した。常時微動は無載荷・無風状態の微小振動を、自由振動は水管橋の下横材を成人男性 2 人(体重 588N, 637N)が跳躍により加振(最大 140gal 程度)した後の減衰振動を計測した。また、水管橋には点検用に歩廊が設けてあり、この歩廊を人が歩行した時の卓越振動数は、成人男性 1 人(体重 637N)が通常歩行(約 0.60 秒/歩)した時の強制振動から検出した。減衰定数は、常時微動では Half Power Method、自由振動では計測した加速度波形の振幅比を用いて算出した。図 2 には鉛直振動モードの実験値と解析値(model-1)の比較を示している。実験値の固有モードは、人力加振後の自由振動振幅から描いた。対称 1 次振動及び逆対称 1 次振動の固有振動数や固有モードを得るため、測点は図 1(a)に示す 8 点とした。なお、図 2 の測点は図 1(a)に対応している。

3. 解析値

解析に使用したソフトは、九州産業大学の構造工学研究室で開発した Fortran 用のソフトで、幾何剛性も考慮している。橋本体の支持条件は実橋の振動状況から「一端固定、他端可動」(左岸側: 固定)とした。この水管橋は、支承にゴム支承が用いてあり、橋軸方向の移動に関して一端は move、他端は fix となつて

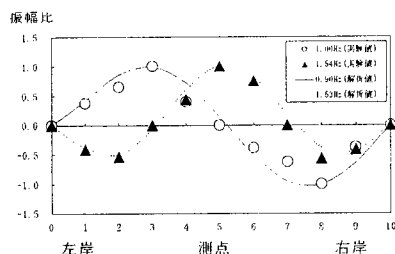


図 2 鉛直振動モードの比較

いた。また、支承の外側に伸縮可撓管を有するが、move 側は伸縮した形跡があり、fix 側はその形跡がなかった。解析は、通水時において歩廊の剛性を考慮したモデル(model-1)、考慮しないモデル(model-2)の 2 パターンを行い、双方を比較検討した。表 3 に解析結果を、図 3、図 4 に解析モデル図を、図 5～図 7 に model-1 のモード図を、図 8～図 10 に model-2 のモード図を示している。

表 3 解析結果

model-1	固有振動数 (Hz)	刺激係数		
		X	Y	Z
1TH MODE	0.90	3.83E-05	9.23E-04	2.46E-05
2TH MODE	1.23	3.83E+00	1.92E+00	6.53E-01
3TH MODE	1.68	-4.90E-02	3.77E-01	-4.97E-02
4TH MODE	1.84	2.90E-01	-1.04E-02	-3.79E-01
5TH MODE	2.08	-4.59E-01	1.36E-01	2.17E+00
6TH MODE	2.96	-7.76E-01	4.55E+00	-1.59E-01

model-2	固有振動数 (Hz)	刺激係数		
		X	Y	Z
1TH MODE	0.55	-2.64E-04	1.19E-02	-2.60E-04
2TH MODE	0.99	1.65E-02	-1.49E-01	1.67E-02
3TH MODE	1.23	3.65E+00	3.65E-01	6.46E-01
4TH MODE	1.74	-3.18E-03	3.27E-02	-3.24E-03
5TH MODE	1.82	-3.73E-01	-1.60E-02	3.03E-01
6TH MODE	2.18	-1.04E+00	-4.51E-02	2.36E+00

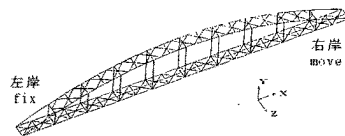


図 3 model-1

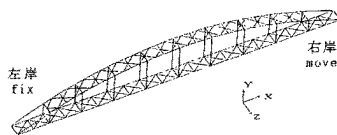


図 4 model-2



図 5 model-1 の 1 次振動
0.90Hz
(vertical direction)

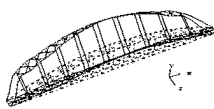


図 6 model-1 の 2 次振動
1.23Hz
(horizontal direction)

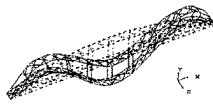


図 7 model-1 の 3 次振動
1.68Hz
(vertical direction)



図 8 model-2 の 1 次振動
0.55Hz
(vertical direction)

4. 実験値と解析値の比較

表 4 に示すように、解析値において歩廊の剛性を考慮した model-1 と考慮しない model-2 では、固有振動数・固有モードともに違いが見られた。model-1 が、固有振動数・固有モードとも、実験値に近い値・形状を示している。(図 2 参照)

表 4 固有振動数の比較

実験値	解析値	
	model-1	model-2
逆対称 1 次 (鉛直)	1.01Hz	0.90Hz
対称 1 次 (面外水平)	1.28Hz	1.23Hz
対称 1 次 (鉛直)	1.53Hz	1.68Hz

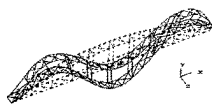


図 9 model-2 の 2 次振動
0.99Hz
(vertical direction)



図 10 model-2 の 3 次振動
1.23Hz
(horizontal direction)

5. まとめ

以下のような祓川水管橋の振動特性が得られた。

- ①減衰定数はランガー形式の道路橋に比較して、大変小さな値(面外水平 1 次振動で 0.006)を示している。
- ②同形式、同スパンの道路橋に比べて、最低次固有振動数は小さい。
- ③鉛直固有振動数は、逆対称 1 次、対称 1 次の順に大きくなっている。
- ④水管橋のような主構のみからなる構造物の解析には、付属物(歩廊)の剛性も考慮する必要がある。

6. 今後の展開

振動実験¹⁾を実施したパイプビーム形式(独立水管橋)、三角トラス補剛形式(独立水管橋)²⁾、四弦トラス補剛形式を有する斜張橋形式(添架水管橋)の各水管橋の振動特性を検討し、水管橋の形式別による振動特性について、道路橋との違いを明らかにしていく予定である。また、本研究の解析に用いた支持条件は実橋の状況から決定したものであるが、図 11 に示すような中間支点を有し、両端にバネ剛性を考慮したモデルでの解析を現在検討中である。

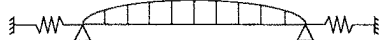


図 11 新規モデル案

参考文献 1)水田洋司他,「水管橋の振動実験」土木構造・材料論文集 第 15 号, 1999 年 12 月。 2)竹内貴司他,「三角トラス・ランガー形式水管橋の地震時動的挙動」構造工学論文集 Vol.46A, 2000 年 3 月。