

振動計測で得られた水管橋の振動特性について

九州産業大学 正員 ○白地哲也、九州産業大学 正員 水田洋司
新日本製鐵(株) 正員 竹内貴司、新日本製鐵(株) 正員 川口周作

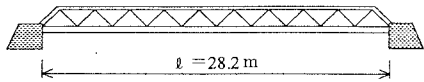
1. まえがき 平成9年3月に水道施設耐震工法指針・解説⁽¹⁾が改訂され、アーチ橋や斜張橋のように挙動が複雑な水管橋については動的解析の結果を設計に反映させるように規定されている。しかし、現状は水管橋の動的解析例や実測例⁽²⁾の報告も少なく、基礎資料不足である。本論文は動的解析の基礎資料を得るために実施したトラス橋、ランガー橋、斜張橋形式水管橋の振動実験結果と振動特性について検討している。

2. 実験した橋の諸元 道路橋と同様に水管橋にもトラス橋、ランガー橋、ローゼ橋、斜張橋、吊橋等の各形式がある。本研究では、トラス橋、ランガー橋、斜張橋の振動実験から得られた振動波形を解析して、その振動特性を調べた。以下に、各橋の概略を記し、その諸元を表1に示している。

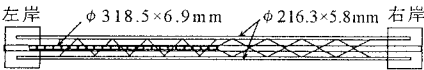
- (1) 津留水管橋(図1)：トラス形式の独立橋で、水管を構造物の一部として利用した橋であり、福岡県行橋市下稗田を流れる長峽川に架かるスパン28.2mの逆三角形トラス橋である。
- (2) 大分川水管橋(図2)：水管自体を構造物の一部として利用した独立橋形式の橋であり、大分市古国府を流れる大分川に架かるスパン66.5m+84.7m+84.7m+84.7mの4径間連続ランガー橋である。
- (3) 蔵光橋水管橋(図3)：補剛トラスを鋼索で吊った専用橋により水管を支えた添架橋形式の橋であり、新潟県新発田市蔵光を流れる三光川に架かるスパン80.0mの4弦ワーレントラス補剛斜張橋である。
- (4) 姫田川水管橋(図4)：蔵光橋と同じ添架橋形式の橋で、新発田市東姫田を流れる姫田川に架かるスパン46.8m+66.3mの2径間4弦ワーレントラス補剛斜張橋である。

表1 水管橋の諸元

水管橋	津留水管橋	大分川水管橋	蔵光橋水管橋	姫田川水管橋
スパン	28.2 m	66.5m+84.7m+84.7+84.7m	80.0 m	46.8 m + 66.3 m
主構幅員	1.2 m	4.0 m	2.5 m	2.0 m
水管	φ 318.5 mm の管 1 本	φ 914.4 mm の管 2 本	φ 318.5 mm の管 1 本	φ 318.5 mm の管 1 本
全重量	5.6 tf	78.5tf+ 99.9tf+ 99.9tf+ 99.9tf	75.2tf + 24.0tf(主塔)	73.5tf + 24.0tf(主塔)
η (通水時)	7.6 tf	162.3tf+206.5tf+206.5tf+206.5tf	81.0tf + 24.0tf(主塔)	81.7tf + 24.0tf(主塔)

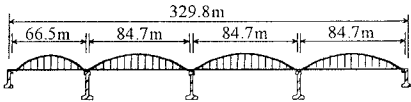


(a) 側面図

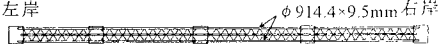


(b) 平面図

図1 津留水管橋の概略図

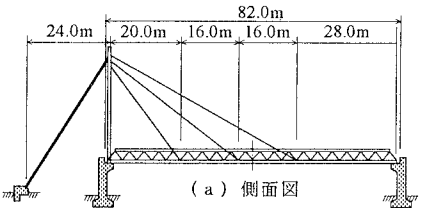


(a) 側面図

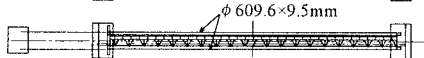


(b) 平面図

図2 大分川水管橋の概略図

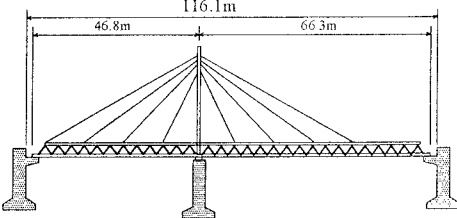


(a) 側面図

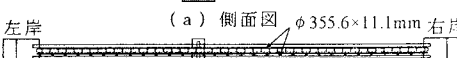


(b) 平面図

図3 蔵光橋水管橋の概略図



(a) 側面図



(b) 平面図

図4 姫田川水管橋の概略図

3. 振動計測 (1)測定の概要：振動はサーボ型加速度計（ASQ-2CAS1 型：共和電業製）を用いて、常時微動、自由振動、強制振動の速度波形あるいは加速度波形をデータレコーダ（PC-208A 型：SONY 製）に記録した。記録された波形は FFT や MEM を用いてパソコンで波形処理し、固有振動数・固有モード、減衰定数を求めた。減衰定数は Half Power Method、自由振動波形の振幅比から求めた。

(2)記録波形の解析：常時微動計測で得られた記録は、A/D 変換した後、FFT あるいは MEM を用いて、波形に含まれる振動数に対するパワースペクトルを求め、卓越振動数を読み取った。FFT と MEM のデータ抽出時間刻みは 0.04 秒、データ個数は 3000 個である。このときの減衰定数はピーク値を示すパワースペクトル曲線から Half Power Method を利用して求めた。

(3)解析結果：固有振動数は各橋とも常時微動のパワースペクトルから求めた値と自由振動のパワースペクトルから求めた値はよく一致していた。表 2 に各橋の固有振動数一覧表を示している。表中の横欄の 1, 2 は固有振動数の小さい順に列記している。また、上段は常時微動から求めた値、下段は歩行者による卓越振動数である。トラス形式の津留水管橋と斜張形式の蔵光橋水管橋は 1/2 点での計測値であり、他の 2 橋は 1/4 点での計測値である。

表 2 固有振動数(Hz)

	橋 軸		面内鉛直		面外水平	
	1	2	1	2	1	2
津留水管橋	3.98	—	6.48	—	3.98	—
	3.98		6.54		3.98	
大分川水管橋	2.55	—	1.03	1.65	1.16	2.21
	2.54		5.56		2.21	
蔵光橋水管橋	1.76	4.18	1.73	4.20	1.64	3.91
	4.18		1.73		6.96	
姫田川水管橋	2.10	3.53	1.00	1.31	1.77	3.18
	2.24		6.67		1.76	

表 3 減衰定数

	橋 軸		面内鉛直		面外水平	
	1	2	1	2	1	2
津留水管橋	0.002	—	—	—	0.002	—
大分川水管橋	0.005	—	0.004	0.004	—	0.002
蔵光橋水管橋	—	—	0.006	0.007	0.008	—
姫田川水管橋	—	—	0.006	0.006	—	0.003

表 4 自由振動

	振動数(Hz)	減衰定数
蔵光橋水管橋	1.71	0.008
	4.15	0.008
姫田川水管橋	2.15	0.007

表 3 は各橋の減衰定数一覧表である。表中の 1, 2 は表 2 の上段の固有振動数に対応した減衰定数であり、スペクトル形状が固有振動数を通る軸線に対して対称な形でなく、得られる値に信頼がおけない振動数に対しては—として表している。値は常時微動のパワースペクトルから Half power method で求めたものである。

表 4 は蔵光橋水管橋と姫田川水管橋を鉛直方向に人力加振（成人男子 2 人、50kgf と 55kgf）した後の自由振動数と減衰定数である。表以外の振動数には共振させることができなかった。

4. 結論 本論文では逆三角形トラスタイプの津留水管橋（独立橋）、ランガー橋タイプの大分川水管橋（独立橋）、斜張橋タイプの蔵光橋水管橋・姫田川水管橋（添加橋）の固有振動数と減衰定数を常時微動や自由振動で求め、点検用歩道を人が歩くときの卓越振動数についても求めた。上部工の固有振動数は同じタイプ、同スパンの道路橋に比べて同程度か幾分高い振動数を有している。減衰定数はいずれの水管橋でも同タイプ、同スパンの道路橋（0.02 程度）に比べて小さな値（0.002 ～ 0.008）が得られた。上部工の橋軸、鉛直、面外水平の各方向とも減衰定数に違いは見られず、同じ大きさの値が得られた。トラス橋は 0.002、ランガー橋は 0.004、トラス補剛斜張橋は 0.006 であった。中でも津留水管橋（トラス橋）の値が小さいのは水管に通水されていなかったためであろう。下部工の減衰定数は地盤、橋脚の形状や高さによって異なるため、一概に言えないが、方向による違いは見られず、大分川水管橋は 0.002 ～ 0.003、蔵光橋水管橋、姫田川水管橋は 0.007 ～ 0.008 であった。

参考文献 (1)日本水道鋼管協会：水道施設耐震工法指針・解説，平成 9 年，(2)小坪清真，他：福岡市における水管橋の耐震性について，九州橋梁・構造工学研究会分科会報告書，P1 ～ P29，平成 2 年 3 月，(3)橋梁振動研究会編：橋梁振動の計測と解析，技報堂出版，平成 5 年 10 月