

二俣渡橋の振動試験に関する一考察

(株)アルファ 正会員 ○越智崇太郎
 (株)溝田設計事務所 名誉会員 水田 洋司
 熊本大学名誉教授 フェロー 山尾 敏孝

1. はじめに

二俣福良渡橋(下益城郡美里町小筵)は熊本地震で右岸側の壁石崩落の被害を受けた。崩落要因のひとつとして石造アーチ橋が共振現象を起こしたことが考えられるが、二俣福良渡橋の振動特性に関する計測データがないため、その根拠はない。しかし、二俣福良渡橋と二俣渡橋は架設技術者が同じで、構造諸元も似ており、類似の振動特性を有していると推察される。二俣福良渡橋壁石崩落原因を検討する上でも、二俣渡橋の固有振動数、減衰定数の大きさを調べることは意味があると考えられる。

本稿では二俣渡橋・二俣福良渡橋の諸元、二俣渡橋の振動特性測定法とその結果について報告し、二俣福良渡橋の振動特性と熊本地震による二俣福良渡橋の被害原因について、検討している。

2. 調査石橋の諸元

振動試験対象である二俣渡橋とその諸元をそれぞれ写真-1、表-1に示す。また被災した二俣福良渡橋とその諸元をそれぞれ写真-2、表-2に示す。図-1に示すように、二俣渡橋と二俣福良渡橋はそれぞれの



写真-1 二俣渡橋(上流側) 写真-2 二俣福良渡橋(下流側)

表-1 二俣渡橋の諸元

橋長(m)	幅員(m)	支間長(m)	拱矢(m)	拱矢比
21.9	3.3	15.4	5.4	0.35

表-2 二俣福良渡橋の諸元

橋長(m)	幅員(m)	支間長(m)	拱矢(m)	拱矢比
27.5	2.5	15.3	5.5	0.36

橋軸方向が直角に交差する位置に架設されている。表-1、2に示すように、その諸元は類似しており、同様の振動特性を有すると考えられる。

3. 振動試験の概要

構造物の振動特性の把握に必要とされる固有振動数と減衰定数測定のため、今回の試験ではサーボ型加速度計(共和電業:ASQ-BL)を用いて、常時微動の加速度計測および強制加振による加速度計測を行った。常時微動は固有振動数の精度の面から20秒間計測(精度0.1Hz)した。強制加振には二俣渡橋上での人による跳躍加振を利用し、橋上の8個の測点で加速度を計測した。跳躍には、任意の1点上で跳躍する鉛直方向加振、隣の測点へ目がけて跳躍する橋軸方向加振、上流側から下流側方向へ跳躍する橋軸直角方向加振の3種類を実施した。計測位置とその方向は図-1に示すように、等区間ごとに5箇所での鉛直方向(①~⑤)、スパン1/4点と1/2点での橋軸水平方向(⑥、⑦)、スパン1/2点での橋軸直角水平方向(⑧)の8測点である。

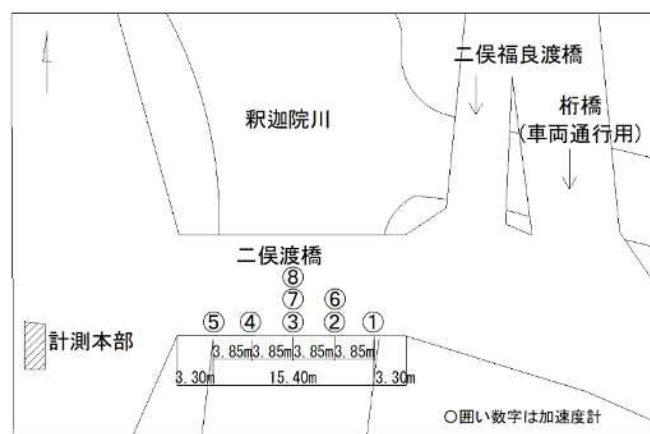


図-1 加速度計設置位置

4. 振動試験結果と考察

(1) 固有振動数

①~⑧の加速度計で同時計測したデータは、ノ

イズの少ない箇所を抽出し、波形解析ソフト(東京測器への特注)¹⁾を用いて解析した。常時微動と強制加振で卓越した振動数を比較し、固有振動数を決定した。この時、パワースペクトルの上限値は 50Hz として解析している。表-3 に測定項目ごとに卓越した振動数をまとめている。常時微動と強制加振の卓越振動数が一致している鉛直方向、橋軸水平方向の固有振動数をそれぞれ 8.2Hz、12.1Hz に決定した。橋軸直角方向については、常時微動で計測されている 9.8Hz が跳躍加振では計測されず、跳躍加振で応答が大きく表れた 3.5Hz を 橋軸直角方向の固有振動数と判断した。

表-3 二俣渡橋の固有振動数

		代表振動数(Hz)					
		鉛直		橋軸水平		橋軸直角	
測定項目							
常時微動		8.2	15.6	12.1	16.0	9.8	12.1
跳躍	鉛直方向	8.2	12.1	-	-	-	-
	橋軸水平方向	-	-	7.0	12.1	-	-
	橋軸直角方向	-	-	-	-	3.5	12.5

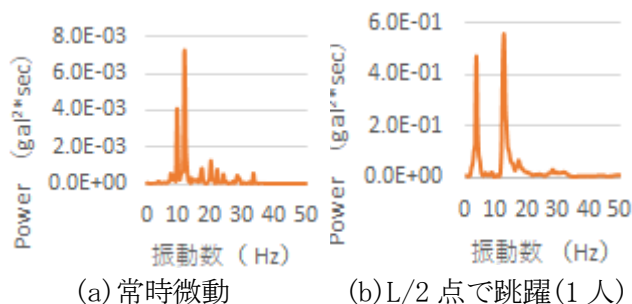


図-2 橋軸直角水平振動

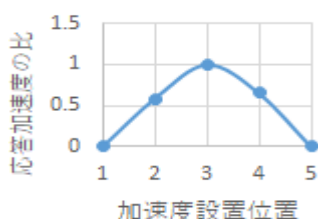


図-3 鉛直振動モード

表-4 地震波の卓越振動数と固有振動数(Hz)

	U-D		N-S		E-W	
	0.7	1.7	0.9	2.5	0.8	2.0
熊本地震	5.0	5.5	5.6	7.5	3.3	6.5
	8.2	12.1	3.5	12.1	3.5	12.1
二俣福良渡橋	鉛直	橋軸水平	橋軸直角	橋軸水平	橋軸直角	橋軸水平
	8.2	12.1	3.5	12.1	3.5	12.1
二俣渡橋	鉛直	橋軸直角	橋軸水平	橋軸直角	橋軸水平	橋軸直角
	8.2	3.5	12.1	3.5	12.1	3.5

また、スパン中央点での鉛直方向跳躍加振から、8.2Hz の固有モードは鉛直振動 1 次モードであることを確認できた(図-3)。

(2) 減衰定数

減衰定数は、加速度波形を用いて算出し、ばらつきを抑えるために複数波の平均値から求めた。その結果、鉛直方向は 0.047、橋軸水平方向は 0.071 が得られた。橋軸直角方向については減衰定数を算出するのに必要な波形が得られなかった。人の跳躍による橋軸直角方向加振では橋軸直角方向への力を十分に作用させることができなかったことが原因と考えられる。

5. まとめ

表-4 に下益城郡豊野の観測点(二俣渡橋に近い)で記録された 2016 年 4 月 16 日熊本地震波の上下(U-D)、南北(N-S)、東西(E-W)方向の卓越振動数、振動試験を実施した二俣渡橋と類推した二俣福良渡橋の固有振動数を対応させて表示している。熊本地震波の卓越振動数は二俣渡橋の 1 次固有振動数付近までの範囲で選んだ。

以下に、明らかになった事項を記す。

- ① 二俣渡橋の最低次固有振動数は鉛直方向 8.2Hz、橋軸水平方向 12.1Hz、橋軸直角方向 3.5Hz である。
- ② 二俣渡橋の減衰定数は、鉛直方向(0.047)より橋軸水平方向(0.071)が大きい。
- ③ 二俣渡橋の各方向の 1 次固有振動数は熊本地震波の卓越振動数と一致しないため、二俣渡橋の共振現象は起こらなかったと考えられる。
- ④ 二俣福良渡橋の振動特性は二俣渡橋と同じと考えた場合、橋軸直角方向 1 次固有振動数と熊本地震波の E-W 方向卓越振動数がほぼ一致していることから、二俣福良渡橋は橋軸直角方向で熊本地震波と共振した可能性が高いと考えられる。

参考文献

- 1) 水田洋司:石造アーチ橋輪石模型の形状安定性と振動台加振実験, 土木構造・材料論文集第 31 号, 2015 年 12 月.