

## 常時微動計測による CFT アーチ橋の固有振動特性の推定

長崎大学工学部 学生会員 宮本敬太 長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄  
 長崎大学工学部 正会員 中村聖三 中国・福州大学 非会員 呉慶雄  
 長崎大学工学部 非会員 永田正美

### 1. はじめに

平成 18 年 3 月 5 日に開通した新西海橋主橋部は、新設道路橋としては日本で初めて、コンクリート充填鋼管 (Concrete Filled Steel Tube : CFT, 以下 CFT と略す) をアーチリブに採用した CFT アーチ橋である。CFT 構造の特徴としては、鋼管の局部座屈を抑制し、鋼管がコンクリートを拘束することで、コンクリート強度が増加し、変形性能も増加することなどが挙げられる。

CFT アーチ橋は中国において、現在までに 100 橋以上の建設実績がある。日本においても注目を集めており、これから主要な構造形式になる可能性がある。そのために、CFT アーチ橋の固有振動や応答特性を把握する必要がある。これまで、CFT アーチ橋である新西海橋を対象とした解析による研究が行われ、固有振動特性、動的応答特性 (地震応答, 走行荷重応答) などが明らかにされてきた<sup>1), 2)</sup>。

新西海橋の完成時に走行荷重応答に関する振動実験が実施された<sup>3)</sup>が、固有振動特性 (固有振動数, 減衰定数) についての実験は行われていない。CFT アーチ橋の解析モデルの妥当性の検証及び減衰の大きさを把握するためには、固有振動特性の把握が必要である。そこで、本研究では常時微動計測を行い、サブスペース法を用いたデータ解析から、固有振動特性を推定する。得られた結果を解析モデルによる固有振動数と比較して解析モデルの妥当性を評価する。

### 2. 新西海橋の概要

本研究で対象とする新西海橋主橋部は、橋長 300m (支間割 30m + 240m + 30m)、アーチ支間長 230m の鋼中路式ブレースドリブアーチ橋である。本橋は自動車専用道路であるが、県立公園内を通過することから、公園利用者のために桁下に添加歩道が設置されている。アーチリブは 3 本の鋼管 (直径: 812.8mm) を正三角形に配置した立体トラス構造 2 連で構成されており、それらはアーチリブと補剛桁の交差部に設けられたトラス横梁のみでつながれている。なお、3 本の鋼管は高流動コンクリートを充填した CFT 構造である。

### 3. 常時微動計測の概要

新西海橋主橋部、側径間部を対象に常時微動計測を行った。計測に用いた機器、データ処理ソフトウェアを表 - 1 に示す。

主径間の鉛直振動、橋軸方向振動、面外振動とねじれ振動及び側径間の鉛直振動の常時微動を計測した。計測時間は 1238 秒、時間刻みは 0.2 ミリ秒とした。

加速度計の設置位置を図 - 1 に示す。補剛桁、横桁内に加速度計を設置し、加速度計の向きを変えて鉛直、橋軸、面外の各方向の加速度を計測した。主橋部の鉛直、橋軸

表 - 1 計測機器及びデータ処理ソフト諸元

機器名	項目	仕様
圧電型加速度計	型名	710 (TEAC 社)
	感度	300 ± 20% (mV/m/s <sup>2</sup> )
	使用最大加速度	± 5 (m/s <sup>2</sup> )
アンプ	型名	SA-611 (TEAC 社)
動ひずみレコーダー	型名	DC-104R (東京測器研究所)
動的計測ソフトウェア	型名	DC-7630 (東京測器研究所)

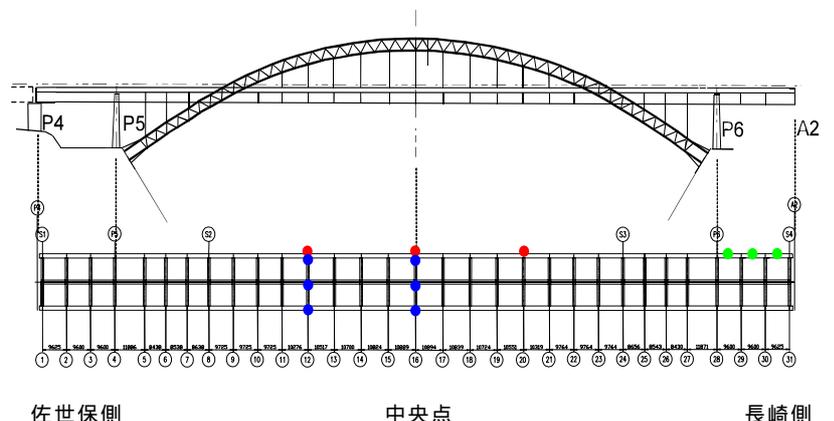


図 - 1 加速度計の設置位置

方向及び面外振動は同じ位置で計測を行い、図 - 1 に示す外桁の 3 点 ( , , ) で実施した。ねじれ振動の計測はスパン中央 ( ) 及び佐世保よりの点 ( ) においてそれぞれ 3 点で、側径間における鉛直振動の計測は長崎側の 3 点とした。

4. 計測結果

(1) 固有振動数

鉛直、橋軸及び面外の 3 方向の常時微動計測から得られた固有振動数及び減衰定数と解析から得られた固有振動数の一覧を表 - 2 に示す。固有振動数及び減衰定数は計測結果の平均値である。3 点の計測値の振幅と位相から振動モードを特定した。1 次、3 次、6 次、7 次、10 次及び 12 次については計測値が得られていない。これは、これらの振動モードがアーチリブの面外振動が卓越するため、主桁のみの計測では把握できないことによる。本橋のアーチリブは連結されていないために、低次振動で面外方向に多くの固有振動数を持つことが分かる。解析値と計測値を比較すると、4 次の振動モードを除くと 10% 以内の差で両者が一致している。このことから本橋のモデル化は適切に行われていると評価できる。

(2) 減衰定数

計測から得られた減衰定数に着目すると、2 次振動と 5 次振動の値が大きい。この 2 つのモードは橋軸方向の変位が卓越する振動モードで、ゴム支承の減衰の影響と判断される。ゴム支承は、ばね定数のみで評価しているが、地震応答解析を行う場合は減衰の影響を考慮すべきことを示している。面外及び鉛直振動の減衰定数は 0.01 程度で小さい。減衰の大きさは、鋼橋と同程度といえる。

5. まとめ

本研究によって、新西海橋の解析モデルの妥当性と減衰定数の大きさの評価ができた。今後、ねじれ振動を評価するとともに、コンクリートの拘束効果を把握するために、夏季と冬季の振動計測値の比較を行う予定である。

6. 参考文献

1) Yoshimura M., Wu Q., Takahashi K., Nakamura S. and Furukawa K. : Vibration Analysis of the Second Saikai Bridge A Concrete Tubular ( CFT ) Arch Bridge, Journal of Sound and Vibration, 290 ( 1 2 ), pp.388 409, 2006  
 2) Wu Q., Yoshimura M., Takahashi K., Nakamura S. and Nakamura T. : Nonlinear Seismic Analysis of the Second Saikai Bridge Concrete Filled Tubular ( CFT ) Arch Bridge , Engineering Structures, 28 ( 2 ), pp.163 182, 2006  
 3) Ohishi Y., Takahashi K., Wu Q., Yoshimura M. and Nakamura S. : Comparison of Running Vechibe Tests and FEM Analysis Results for the Shin - Saikai Bridge, 4th International Symposium on Steel Structures, 2006.12 ( Korea )

表 - 2 固有振動数，減衰定数，振動モード一覧

次数	解析値	計測値	比 (%)	減衰定数	振動モード
	固有振動数 (Hz)				
1	0.365				面外 1 次
2	0.470	0.434	92	0.065	橋軸 1 次
3	0.473				面外 2 次
4	0.574	0.490	85	0.010	面外 3 次
5	0.640	0.581	91	0.029	橋軸 2 次
6	0.683				面外 4 次
7	0.833				面外 5 次
8	0.850	0.836	98	0.006	面外 6 次
9	0.927	0.885	92	0.006	鉛直 1 次
10	1.113				橋軸 3 次
11	1.128	1.110	98	0.003	面外 7 次
12	1.253				面外 8 次
13	1.455	1.307	90	0.002	鉛直 2 次
14	1.475	1.365	93	0.008	面外 9 次
15	1.510	1.369	91	0.003	橋軸 4 次
16	1.867	1.766	95	0.013	面外 10 次
17	1.944	1.920	99	0.007	面外 11 次
18	1.948	1.915	98	0.005	鉛直 3 次
19	2.012	1.969	98	0.006	面外 12 次
20	2.026	1.983	98	0.004	鉛直 4 次
27	2.644	2.766	105	0.012	側径間鉛直 1 次
34	3.200	3.308	103	0.010	側径間鉛直 2 次