

新西海橋主橋部の固有振動特性と車両走行時の動的応答特性

オリエンタル建設 正 会 員 大石雄己 中国・福州大学 非 会 員 呉 慶雄  
 三菱重工業(株) 正 会 員 吉村光弘 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

1. はじめに

2006年3月に開通した新西海橋主橋部(以下,本橋と記す)は,新設道路橋としては国内初のコンクリート充填鋼管(CFT)アーチ橋である。これまで,実験により本橋の応答を把握した事例はなく,解析の妥当性を検証することができない状況であったが,本橋の竣工により,実験による解析の妥当性の検証が可能になった。本論文では,長崎県と施工会社によって実施された走行車両実験の結果と,実施した走行車両解析の結果を比較して解析の妥当性を検証し,本橋の動的応答特性を明らかにする。また,固有振動解析の結果と常時微動計測の結果を比較して構造モデルの妥当性を検証し,本橋の固有振動特性を明らかにする。

2. 走行車両解析

図-1に側面図を示す。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架歩道が設置されている。歩道は無補剛吊橋に近く,非常に揺れやすい構造である。図-2に作成した構造モデルを示す。全部材をはり要素とトラス要素を用いてモデル化し,添架歩道を考慮した3次元骨組モデルである。また,床版の重量は補剛桁に,剛性は横桁および仮想ラテラル材に考慮した。支承部にはゴム支承が用いられており,表-1に示すバネ定数を用いてモデル化した。この構造モデルに対して,実車両における実測値を基にパラメータを決定した2自由度車両モデルを用い,路面凹凸を考慮して,走行荷重による応答解析を行った<sup>1)</sup>。なお,本論文では,路面状態は最良と仮定し,各パラメータを決定した。

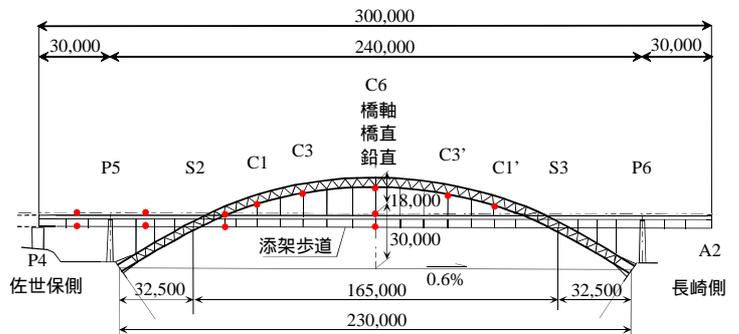


図-1 新西海橋主橋部側面図と計測位置(単位:mm)

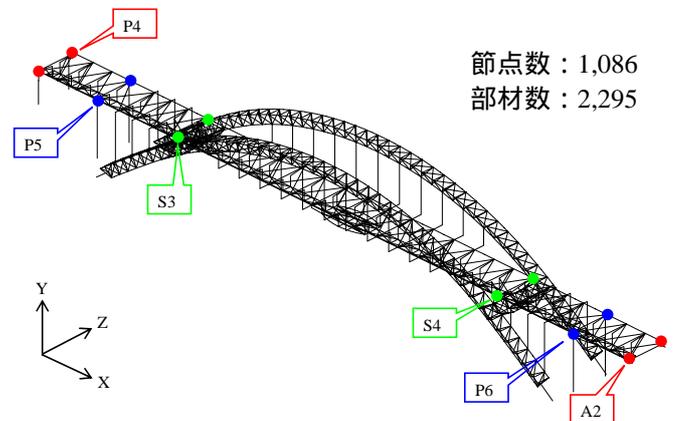


図-2 構造モデル

3. 走行車両実験

本橋竣工前(2006年1月22日)に長崎県と施工会社によって大型車両1台(25.4t)を用いた走行車両実験が実施された。実験の主な目的は添架歩道に生じる振動を確認することであったが,本橋本体(アーチリブ,主桁)の応答を把握できる機会でもあったので,図-1に示した計測点でサーボ型加速度計を用いた振動計測が実施された。サンプリング周波数100Hzである。計測方向はアーチリブスパン中央のみ橋軸,橋軸直角および鉛直方向の3方向,それ以外の計測点は鉛直方向であった。実験ケースは,解析条件と同じく,車両走行速度20,40,60,80km/hの4ケースで行われた。また,走行方向はP4 A2, A2 P4の2方向とし,車線は上り車線を用いて実施された。

表-1 支承条件 k:バネ定数(kN/m)

支承	X	Y	Z
P4, A2	k=5,000	固定	k=5,000
P5, P6	k=8,000	固定	k=8,000
S3, S4	k=10,000	固定	固定

キーワード:コンクリート充填鋼管(CFT),アーチ橋,橋梁振動,走行車両解析,固有振動特性  
 連絡先:〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 Tel.095-819-2610 Fax.095-819-2627

4. 解析結果と実験結果の比較

結果の一例として、図 - 3 に主桁の鉛直方向最大応答加速度を示す。解析値に関しては、P5, P6 位置で弾性支持されているため、応答加速度が小さい。実測値に関しては、20km/h の場合は側径間（計測点 P4, P5, P6, A2）, 80km/h の場合は中央径間中央（計測点 C1）において応答加速度が大きく、実測値のばらつきが大きい。車両走行速度の違いにより、最大応答を示す位置が異なる結果となった。

次に、小堀、梶川によって提案された橋梁振動評価法<sup>2)</sup>により、添架歩道に生じた振動の最大応答速度から振動の大きさ(VG)を数値化し、その値を歩行者の振動感受性に当てはめて評価した結果を図 - 4 に示す。車両速度 20km/h, 80km/h の解析値および実測値から求めた速度別の平均値の値を示している。図の右側にVGによって決まる、歩行者が感じる振動の大きさを表記している。図から、80km/h 解析値では、一部で“少し歩きにくい”と感じる評価となるが、他の解析値および実測値では、“明らかに感じた”あるいは“少し感じた”と感じる評価になり、振動の大きさのランクが下がる。解析値と実測値の結果に差はみられるが、添架歩道に生じる振動は歩行者に不快感を与えるほどのものではなく、歩行者のために、添架歩道の制振対策を新たに講じる必要はないという結論を得た。

5. 固有振動特性

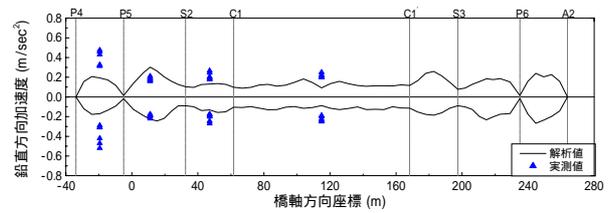
表 - 2 に固有振動解析から求めた固有振動モード、固有振動数とその次数、ならびに、走行車両実験とは別途実施した常時微動計測結果から Subspace 法により推定した計測振動数および減衰定数の一例を示す。表から、固有振動数と計測振動数は概ね一致している。この点から、本橋のモデル化の方法は適切であったといえる。しかし、減衰定数に関しては、値にばらつきがみられ、走行車両解析で仮定した減衰定数  $h=0.01$  と差が生じており、十分に評価できているとはいえない。そのため、再度微動計測を実施して減衰定数を把握し、減衰定数を修正して再度解析を実施する必要がある。

6. まとめ

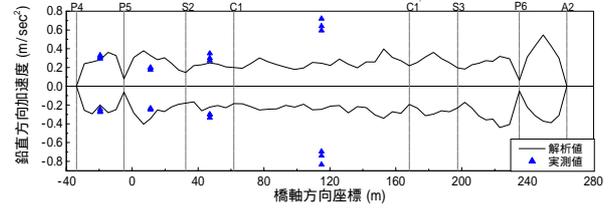
新西海橋の走行車両解析結果と実験結果の比較から、車両走行時の本橋の動的応答特性を把握した。また、添架歩道の振動評価から使用上問題となるような振動は発生しないことを確認した。固有振動解析と常時微動計測の結果の比較において、近接した振動数を得たことから、解析モデルがある程度適切であったといえる。しかし、減衰については実際の減衰を解析で再現できているとはいえず、今後の検討が必要である。

参考文献

- 1) 岡林隆敏：単一走行車両による道路橋の二乗平均応答解析，土木学会論文報告集，第 286 号，pp.15-27，1979.6
- 2) 小堀為雄，梶川康男：橋梁振動の人間工学的評価法，土木学会論文報告集，第 230 号，pp.23-31，1974.10



(a) 20km/h



(b) 80km/h

図 - 3 主桁の最大応答加速度

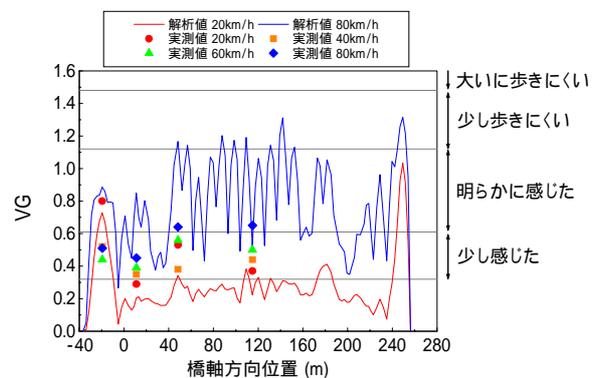


図 - 4 添架歩道の振動感覚評価

表 - 2 固有振動数と振動モード

次数	振動モード	固有振動数 (Hz)	計測振動数 (Hz)	減衰定数
2		0.468	0.438	0.065
3		0.473	0.487	0.005
5		0.638	0.577	0.036
8		0.929	0.892	0.047
13		1.113	1.105	0.019
16		1.475	1.302	0.012