

生月大橋の常時微動計測による構造解析モデルの検証

長崎大学工学部 学生会員 ○川端将太郎 長崎大学大学院 学生会員 古賀智己
長崎大学工学部 フェロー会員 高橋和雄 長崎大学工学部 正会員 中村聖三
長崎大学工学部 非会員 永田正美 福州大学 非会員 呉 慶雄

1. はじめに

平成 7 年に発生した兵庫県南部地震による道路橋の被害を契機に耐震設計法は大きく改訂された¹⁾。現在の耐震設計は、地震時の挙動が複雑な橋梁に関して動的照査法により耐震性能を照査することが一般的となっている。これまで生月大橋は、固有振動解析・非線形地震応答解析²⁾は行われているものの、解析モデルの妥当性に関しては評価されていない。そこで、本研究ではまず、生月大橋上部工の FE モデルを再検討し、固有振動解析を行い、固有振動特性を把握する。次いで、常時微動計測を行い、サブスペース同定法によって推定した固有振動数を解析値と比較し、解析モデルの妥当性を評価する。

2. 生月大橋の概要

生月大橋は長崎県北西部に位置する生月島と平戸島との辰ノ瀬戸に架かる離島橋梁で、形式は 3 径間連続トラス橋である。平成 3 年に供用開始され、橋長は 960m で、その内主橋梁部が 800m である。主橋梁部は中央径間 400m、側径間はそれぞれ 200m、幅員 6.5m である。主要鋼材は、SS400,SM520,SM570,SM490Y で、床版は I 型鋼格子床版(0.16m) である。生月大橋の側面図を図-1 に、平面図を図-2 に示す。

3. 解析モデル

生月大橋の上部工を生月大橋設計図³⁾を用いて図-3 のようにモデル化した。解析ソフトは TDAPIII を用いる。各部材の断面積、断面二次モーメント、ねじれ剛性および重量を求め、全ての部材をはり要素として 3 次元骨組モデルを作成する。床版の剛性を評価したモデルをモデル A、床版の剛性を無視し、質量のみ考慮したモデルをモデル B とする。なお、両モデルとも橋脚の影響を考慮していない。境界条件は鉛直方向、橋軸直角方向の変位は全ての支点で固定であり、橋軸方向は P6 橋脚上の支点のみが固定である。回転に関しては全支点で自由である。

解析結果の振動モードを図-4 に示す。振動モードに着目すると、境界条件が P5 橋脚上支点および P6 橋脚上支点で異なるため、面外二次モードは非対称となっている。

4. 常時微動計測

生月大橋の主橋部を対象に常時微動計測を行った。圧電型加速度計の設置位置を図-1 と図-2 に示す。図中に●で示す加速度計を中央点に 1 チャンネル、66.7m ずつ平戸側に 2 チャンネル、

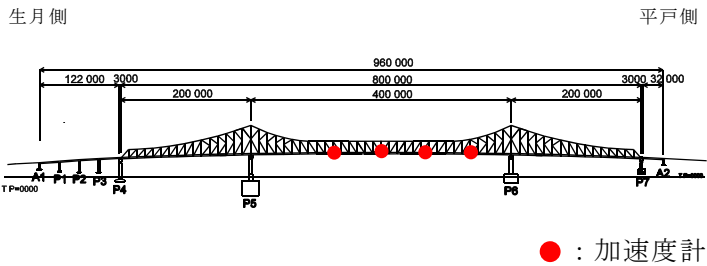


図-1 側面図 (mm)



図-2 平面図

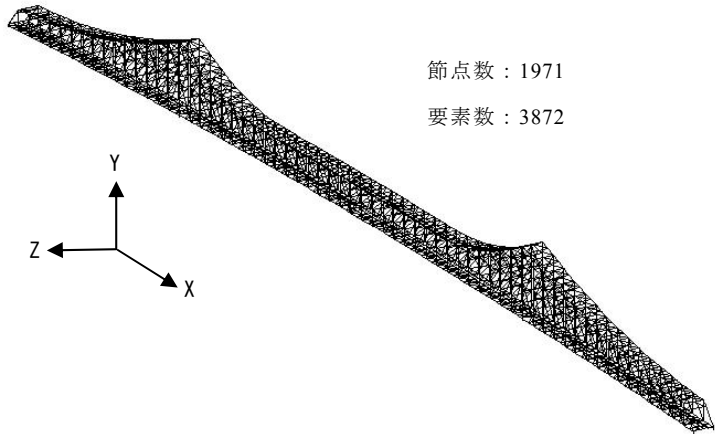


図-3 解析モデル A

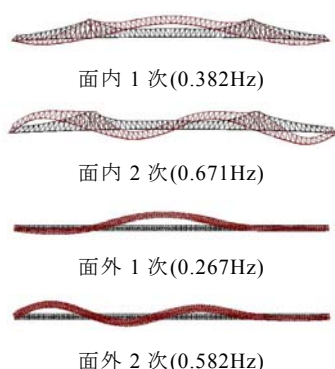


図-4 振動モード (モデル A)

生月側に 1 チャンネルを設置し、測定項目は鉛直振動、橋軸方向振動および面外振動である。計測時間は 1048.576 秒で、時間刻みは 0.002 秒に設定している。測定項目が変わる度に加速度計の向きを変え、それぞれ 2 回ずつ計測した。計測時間中の平均風速は、長崎県平戸測候所のデータによれば 2.4m/s であった。

5. 解析値と計測値の比較

全計測点データを用いて、多点計測によるサブスペース同定法で推定した固有振動数の平均値を図-5、図-7 に、減衰定数の推定を図-6、図-8 に示す。ここで、図-5、図-6 は鉛直振動 2 回目の結果で、図-7、図-8 は面外振動 1 回目の結果である。表-1 にモデル A、B を用いた固有振動数の解析値 A、B と計測値、さらにそれぞれの解析値と計測値との差、減衰定数の一覧を示す。固有振動数の解析値に着目すれば、床版の剛性を考慮したモデル A がモデル B に比べ高くなっている。また、それぞれの解析値と計測値の差に着目すれば、面内振動・面外振動ともにモデル A が計測値と近い値となった。特に、モデル A の面内振動については、最大でも 5% の差となった。モデル B は、床版の剛性を考慮していないため固有振動数が小さく、面内振動・面外振動ともに計測値との差が大きくなり、最大 21% の差が現れた。これらのことから、本橋のモデル化においては、床版の剛性を評価すべきと言え、解析モデル A が妥当と判断される。減衰定数に関しては、0.002~0.038 であった。

6. まとめ

生月大橋の固有振動数の解析値と計測値の比較から、解析モデル A の方が適切にモデル化されていると言える。すなわち本橋は、床版の剛性を考慮した解析が必要である。最後に、振動計測において御協力をいただきました田平土木事務所の方々に感謝いたします。

参考文献

- (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2002
- 窪田圭吾，犬束洋志，呉慶雄，高橋和雄，中村聖三：連続トラス橋（生月大橋）の固有振動および非線形地震応答特性，鋼構造年次論文報告集，第 12 巻，pp.1-8，2004.11
- 長崎県道路公社：生月大橋工事誌，1996.2

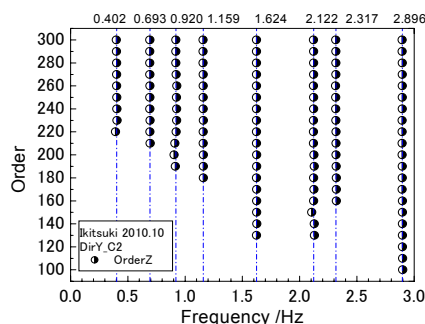


図-5 固有振動数の推定 (鉛直振動)

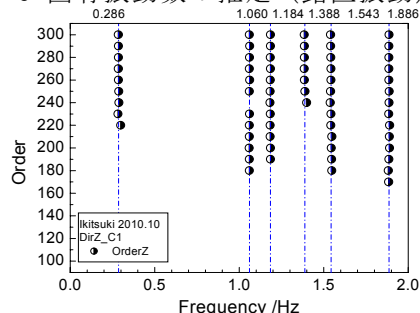


図-7 固有振動数の推定 (面外振動)

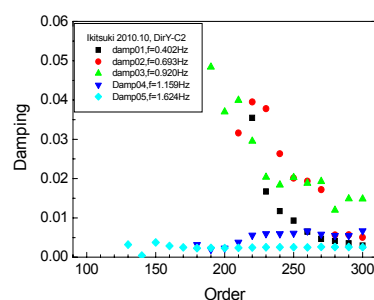


図-6 減衰定数の推定 (鉛直振動)

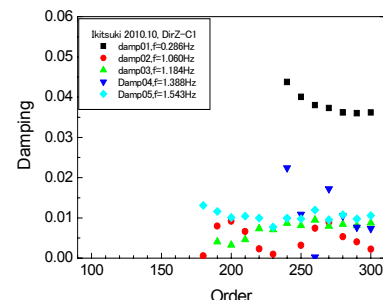


図-8 減衰定数の推定 (面外振動)

表-1 固有振動数および減衰定数の一覧

振動 次数		固有振動数 (Hz)			差 (%)		減衰定数
		解析値A	解析値B	計測値	A	B	
面内	1	0.382	0.343	0.402	-5.0	-14.7	0.011
	2	0.671	0.596	0.693	-3.2	-14.0	0.021
	3	0.913	0.800	0.920	-0.8	-13.0	0.024
	4	1.107	0.914	1.159	-4.5	-21.0	0.005
	5	1.195	1.083	—	—	—	—
	6	1.679	1.509	1.624	3.4	-7.1	0.002
	7	2.183	1.918	2.122	2.9	-9.6	0.009
面外	1	0.267	0.237	0.286	-6.6	-17.1	0.038
	2	0.582	0.493	—	—	—	—
	3	0.728	0.582	—	—	—	—
	4	0.766	0.630	—	—	—	—
	5	0.974	0.867	1.060	-8.1	-18.2	0.005
	6	1.223	1.034	1.184	3.3	-12.7	0.007
	7	1.259	1.142	1.388	-9.3	-17.7	0.011

$$\text{差} = ((\text{解析値} - \text{計測値}) / \text{計測値}) \times 100 \quad \%$$

差 = ((解析値 - 計測値) / 計測値) × 100 %