

部材材料の温度依存性を考慮した鋼ランガートラス桁橋の振動解析

長崎大学工学部 学生会員○沖田海渡 長崎大学大学院 正会員 奥松俊博
 長崎大学大学院 正会員 中村聖三 長崎大学大学院 正会員 西川貴文

1. はじめに

過去に実施した橋梁振動の観測結果 1)や 2)から、固有振動数は季節変動に伴い微細ではあるが周期的に変動することを確認しており、その要因は温度変化によるものと推測されている。また、各部材材料の剛性には温度依存性があることが確認されている。本研究では、温度変化に伴う振動数を数値解析的に検証するために 3D-FE モデルを用いた振動解析を行い、観測結果と比較し、その妥当性を検証した。次に温度変化による部材材料の温度依存性を考慮し、気温変化に合わせた材料の剛性を設定して振動数変化について数値解析を行い、その影響について検討した。

2. 対象橋梁

対象となる橋梁は長崎半島先端部に位置する樺島と脇岬をつなぐ樺島大橋である、樺島大橋の外観を図-1 に示す。同橋は、昭和 53 年に着工し昭和 61 年に完成した橋長 227 m(最大支間 152m)、幅員 7.5m の下路式鋼ランガートラス桁橋である。



図-1 樺島大橋の外観

3. 固有振動数観測結果

2007 年に実施した固有振動数と温度変化の観測より、外気温および橋体温度の年間変動分はおよそ 30℃であった。固有振動数は低次より、高次モードの方が大きく変化していた。

表-1(a) 鋼材の温度依存性

温度 (°C)	ヤング率(kN/mm ²)			
	-195	25	250	500
鋼	216	203	189	150

4. 部材材料の温度依存性

解析時に用いる、温度変化に伴う材料の温度依存性を調査し、傾向を分析した。

表-1(b) アスファルトの温度依存性

温度 (°C)	0	10	20	30
アスファルト	9	5	3	1.8

4.1 鋼材

鋼材の温度依存性について表 1-(a)にまとめた。表をもとに計算をしたところ温度が 1℃減少すると 0.057kN/mm²減少することが確かめられた。

4.2 アスファルト

アスファルトの温度依存性について表 1-(b)にまとめた。現時点で表 1-(b)の値はレジリエントモジュラスを用いていた。温度が高くなるほどにヤング率が減少することが確かめられた。

5. 橋梁上部工のモデル化と固有振動解析

5.1 樺島大橋のモデル化

山崎らの研究ではアスファルト舗装部が表現されておらず、剛性はなく質量のみが床版部に考慮されている。温度

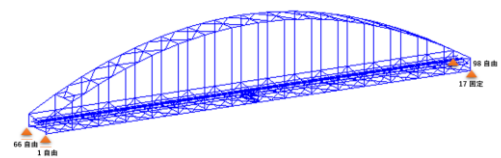


図-2 対象橋梁の上部工モデル

表-2 モデル材料係数

	鋼材	コンクリート	舗装1	舗装2
弾性係数(kN/m ²)	200	28	9	9
ポアソン比	0.3	0.2	0.35	0.35
熱膨張係数	0.000012	0.00001	0.00001	0.00001
比重(kN/m ³)	7.70E-08	2.78E-08	2.17E-08	2.88E-09

依存性は鋼材よりアスファルトが高く、固有振動数に与える影響は大きいと考えられる。本研究ではアスファルト舗装を考慮したモデルの作成に取り組んだ。

対象橋梁の上部工を図-2、床版の断面の構成を図-3のように3次元弾性梁要素でモデル化し、3次元FE解析を行った。モデル材料係数は表-2に示す。解析ツールはMidas Civilを使用した。本モデルの節点総数は443、要素数は792である。MIDASで得られた温度変化を考慮しない場合の1~7次までの振動解析結果について、面内振動モードを図-4に、2つのモデルの固有振動数を表-3に示した。剛性についてモデルAは床版のみを表現したモデルであり、モデルBは床版に加えアスファルト舗装も考慮したモデルである。結果から、舗装の表現を新たに加え、より詳細に表現したモデルは観測値により近い解析結果を得ることができた。

5.2 材料の温度依存性を考慮した固有振動解析

観測結果から得られた橋体温度の年間変動分(30℃)に基づき、設定温度に対するヤング率を設定し、固有振動解析を行った。現時点では鋼材とアスファルトの温度依存性を考慮した。観測結果の温度変化における固有振動数への影響は1%程度であったため低減率は微小であることが予想される。設定温度に対するアスファルト変形特性はレジリエントモデュラスを用いたことを付記する。解析結果を表-4に低減率とともに示した。温度設定0℃の場合と30℃の場合を比較しておおよそ0.1%~0.8%の範囲で低くなっていたため、温度上昇に伴う振動数低下を確認した。

6. おわりに

本研究では、温度変化に伴う固有振動数の変化を解析的に求めるための手法を鋼ランガートラスモデルに適用し、その有効性を検証した。次に、材料の温度依存性を考慮した解析で固有振動数の変化を確かめた。低減率が実測値よりやや小さくなった理由はコンクリートの温度依存性が考慮されていないからであると考えられる。今後はコンクリートの温度依存性を考慮したモデルを作成、解析し、実測値と比較をしていく。解析結果をまとめ、材料の温度依存性が固有振動数に与える影響を確かめる。

[参考文献]

1) 小松, 奥松ほか: 長期モニタリングによる鋼ランガートラス橋の固有振動数年間変動の評価, 鋼構造年次論文報告集第20巻, 2012.11
 2) 奥松, 岡林ほか: 橋梁遠隔モニタリングシステムによる鋼ランガートラス橋の固有振動数の推移観測, 構造工学論文集 Vol.53A, pp.844-852, 2007.

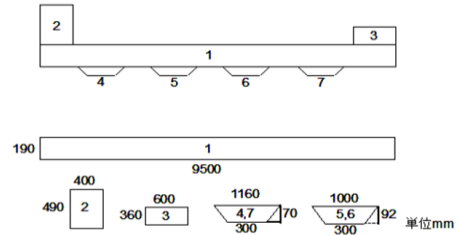


図-3 床版の断面の構成

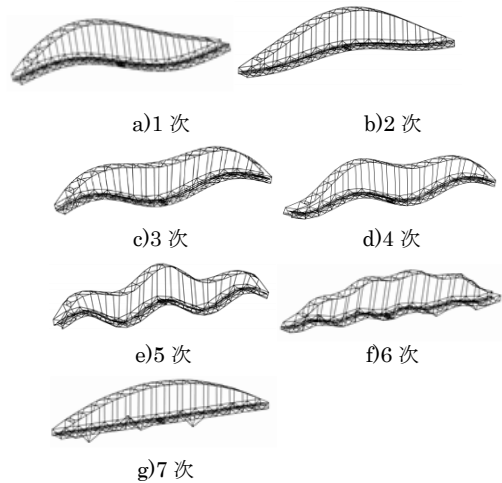


図-4 振動モード (面内)

表-3 モデルの解析結果

mode	モデルA	モデルB	差
1次	0.765	0.779	0.014
2次	1.080	1.093	0.013
3次	1.687	1.714	0.028
4次	2.420	2.461	0.041
5次	4.027	4.101	0.074
6次	8.371	8.437	0.066
7次	9.835	9.846	0.011

表-4 固有振動数 [Hz]

	温度設定0℃	温度設定 30℃	低減率(%)
1次	0.779	0.773	0.842
2次	1.093	1.090	0.244
3次	1.714	1.704	0.620
4次	2.461	2.446	0.630
5次	4.101	4.070	0.771
6次	8.437	8.407	0.355
7次	9.846	9.838	0.080