

長崎大学工学部 学生会員○畠中達矢 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

構造物の常時微動を用いて、振動特性の変化から健全度を評価する振動モニタリングという手法がある。各種構造同定理論および高度センシング技術の発展などの恩恵を受け、これは維持管理手法の一つとして確立している。本手法は固有振動数の変化から構造物の剛性変化を類推するものである。過去に実施した橋梁振動の長期観測結果から、固有振動数は微細ではあるが季節変動に伴って周期的に変化することが確認されており、その要因は温度変化によるものと推測できる。本研究では、温度変化に伴う振動数の変化を数値解析的に検証するために、まず3D-FEモデルを用いた振動解析を行い、妥当性を検証した。次に樺島大橋のモデルにおいて、温度変化を考慮した時の振動数変化について振動解析を行い、自重による軸力と温度変化による軸力の影響を区別しながら、特徴について検証した。また老朽によって支持条件の変化も考えられるため境界条件も二通りのもとで解析を行った。



図-1 樺島大橋の外観

2. 対象橋梁および橋梁温度観測結果

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。同橋は、昭和53年に着工し昭和61年に完成した橋長227m(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2に示す温度変化の観測結果から外気温および橋体温度の年間変動分はおよそ30°Cであることがわかった。

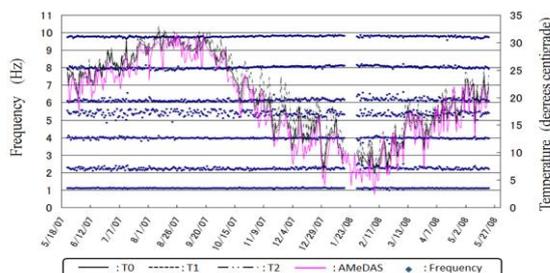


図-2 10Hz付近までの固有振動数と温度推移

3. 単純梁モデルによるMIDAS Civilの検証

MIDASの妥当性については単純梁において検証した。固有振動数算出式から導いた固有振動数とMIDASの固有振動解析の結果を表-1に示す。結果はほぼ一致したことからMIDASは妥当であるといえる。

表-1 固有振動数(Hz)

軸力なし		軸力あり	
算出式	MIDAS	算出式	MIDAS
2.55	2.55	1.58	1.58

4. 橋梁上部工のモデル化と固有振動解析

4-1 橋梁上部工のモデル化

樺島大橋上部工の3D-FEモデルを図-3に示す。節点総数は409、要素数は760である。床版については、鉄筋コンクリート部分のみの剛性を考慮し、ひとつのはり要素でモデル化した。アスファルト舗装や歩道部(クラッシュラン:質量密度 $2t/m^3$)については質量のみを考慮するものとし、高欄や検査路といった付属物については質量等も無視した。縦桁と横桁の中立軸位置の違いを考慮するため、両者を図4-1の点線で示すように剛体的に連結させ、独立節点と従属節点の相互移動を拘束し、両節点



図-3 樺島大橋のモデル

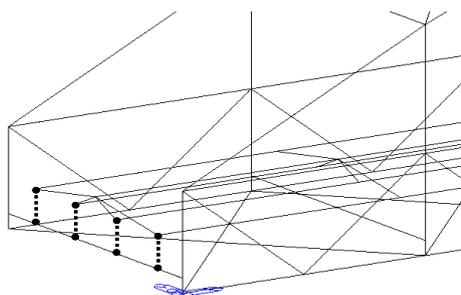


図-4-1 剛体連結部

間の距離を一定に保つようにした。また、縦桁と床版については図-4-2の点線で示すように質量を持たない剛な部材（オフセット部材）で繋いだ。

4-2 固有振動解析

年間温度変動の 30℃を考慮して解析した。軸力は温度変化だけでなく、自重による影響も考えられるため自重を P-デルタ解析によって考慮して自重と温度変化の影響を区別した。また境界条件はピン-ピンの場合とピン-ローラーの二通りで解析した。1～7次モードまでの面内振動モードを図5に示す。

4-3 固有振動解析結果

観測結果から得られた橋体温度の年間変動分に基づき解析を行った。結果を表2に示す。固有振動数はモードが高くなると温度変化、自重どちらも軸力の影響が大きくなり軸力を与えない場合との差が大きくなっていることがわかる。これは高次モードでは波長が小さくなりせん断変形の影響を受けやすくなるのが原因と考えられる。また境界条件の違いにおいては両端ピンの結果に比べて片側ローラーの結果がわずかであるが大きくなるのが分かった。これはピンではX方向に変位せず軸力の影響は大きくなるが、ローラーの場合はX方向に自由に動くので軸力がX方向に及ぼす影響が小さくなるのが原因と考えられる。また、どちらの境界条件においても軸力が固有振動数の変化に与える影響は温度荷重、自重どちらも小さいと言える。

5. 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求めるために、梁モデルで MIDAS の妥当性を検討し、実際に樺島大橋のモデルにおいて固有振動数解析を行った。温度変化、自重による影響を考慮するために P-デルタ解析を適用させた。温度変化、自重が固有振動数の変化に与える影響はわずかではあるが、高次モードになるにつれて影響は大きくなるのが分かった。また老朽化に伴って支持条件が変化することも予測されるため二通りの境界条件のもとで解析した。今回の研究ではピン-ピンの場合とピン-ローラーの場合で固有振動数解析し結果を比べ、ローラーの場合は温度や自重の影響が小さくなるのが分かった。

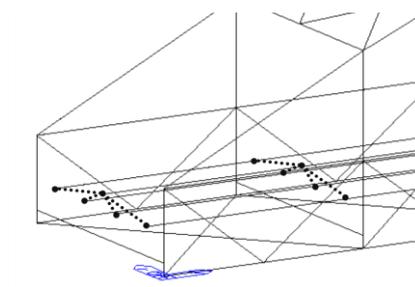


図-4-2 オフセット部材

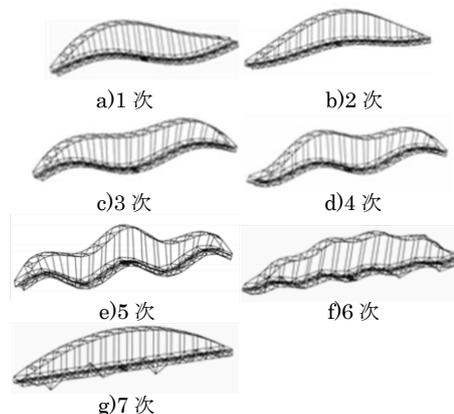


図5 振動モード(面内)

表 2-1 固有振動数(ピン-ピン)(Hz)

mode	+15℃	-15℃	温度荷重なし	温度荷重なし
	自重考慮	自重考慮	自重考慮	自重考慮せず
1	0.761	0.777	0.769	0.791
2	2.059	2.071	2.065	2.082
3	2.911	2.920	2.915	2.926
4	4.082	4.100	4.091	4.120
5	7.537	7.565	7.552	7.593
6	9.685	10.030	9.821	9.788
7	11.995	12.275	12.136	11.936

表 2-2 固有振動数(ピン-ローラー)(Hz)

mode	+15℃	-15℃	温度荷重なし	温度荷重なし
	自重考慮	自重考慮	自重考慮	自重考慮せず
1	0.791	0.791	0.791	0.791
2	1.815	1.815	1.815	1.817
3	2.881	2.884	2.882	2.889
4	3.930	3.930	3.930	3.935
5	7.584	7.586	7.585	7.593
6	9.921	10.146	10.035	9.767
7	12.148	12.304	12.246	11.936

[参考文献] 1)小松, 奥松他: 長期モニタリングによる鋼ランガ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)西行, 中村他, モデル化の違いが下路ランガートラス橋の動的特性に及ぼす影響, 平成 21 年度土木学会西部支部構概集 pp13-14,2009.3