

見明川歩道橋の振動特性（その2）

日本大学大学院 学生会員 ○浅沼 憲和
日本大学 正会員 仲村 成貴
日本大学 正会員 鈴木 順一
日本大学 正会員 花田 和史

1.はじめに

対象構造物の補強や振動制御を行う際には、適切に振動特性を把握することのできる数値モデルが必要である¹⁾。本研究では、対象とする实在橋梁に対して施された様々な実験結果（見明川歩道橋の振動特性（その1））に基づいて、妥当な数値モデルを作成することを目的とする。まず設計図をもとに3次元数値モデルを作成し、その妥当性を把握するために、実験値と数値モデルの固有振動数及びモード形、そしてフーリエスペクトルを比較した。

2.数値モデル

実験値と数値モデルの固有振動数の比較を表1に記す。実験値は常時微動観測の実験結果より引用した。作成したトラス橋の数値モデルを図1に示す。トラス部を3次元はり要素に、コンクリート床版と高欄をシェル要素に置き換え、下弦材に剛結合した。支持条件に従ってA側支点はヒンジ、B側支点はローラーである。総自由度は265×6、総要素数は400個である。材料特性は表2の通りである。この数値モデルで固有値解析した結果を数値モデル1とし、実験値と比較して表1に記す。各モードに誤差が生じており、適切な振動特性を把握するために数値モデル1を修正する必要がある。そこで本橋梁の構造を変えてしまわぬよう、材料特性を修正することで固有振動数が近づくよう試みた。

本橋梁のトラス骨組み部材は、上弦材、下弦材、斜材、縦げた（床げた）、上横構、下横構の6種類の部材断面形状に大きく分けられる。よって鋼材の材料特性を6分割し、各部材ごとにヤング率、せん断弾性係数、質量密度の材料特性を微調整し固有値解析することで、各材料特性が各モードに与える影響を調べた。表4

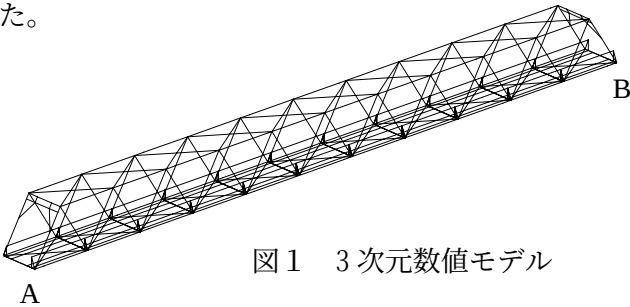


図1 3次元数値モデル

は、断面積の大きな上弦材のヤング率だけを10%低減させたとき、表5は、下弦材のヤング率だけを10%

表2 数値モデル1 材料特性

材料特性番号	ヤング率 tf/m^2	せん断弾性係数 tf/m^2	ポアソン比	重量密度 tf/m^3	減衰比
トラス	2.10E+07	8.00E+06	0.3	7.82	0.02
床版	1.40E+06	6.36E+05	0.1	2.5	0.03
高欄	1.30E+06	5.90E+05	0.1	2.3	0.03

表1 固有振動数の比較

モード 次数	固有振動数 (Hz)		
	実験値	数値モデル1	数値モデル2
1	2.02	1.95	1.90
2	2.70	2.49	2.42
3	4.05	4.04	3.92
4	4.89	5.06	4.93
5	5.96	6.14	5.95
6	6.65	6.90	6.69
7	7.70	8.05	7.88
8	9.46	10.28	9.97
9	11.00	11.46	10.99

表3 数値モデル2 材料特性

材料特性番号	ヤング率 tf/m^2	せん断弾性係数 tf/m^2	ポアソン比	重量密度 tf/m^3	減衰比
上弦材	2.12E+07	8.00E+06	0.3	7.82	0.02
下弦材	2.12E+07	8.00E+06	0.3	7.82	0.02
斜材	1.95E+07	8.00E+06	0.3	7.82	0.02
床桁	1.75E+07	8.00E+06	0.3	7.82	0.02
上横構	1.75E+07	8.00E+06	0.3	7.82	0.02
下横構	1.75E+07	8.00E+06	0.3	7.82	0.02
床版	1.15E+06	6.36E+05	0.1	2.56	0.03
高欄	1.15E+06	5.90E+05	0.1	2.36	0.03

キーワード 实在橋梁 振動実験 モード特性 実験モード解析

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 TEL・FAX03-3259-0689

低減させたとき、表6は、上弦材のせん断弾性係数だけを10%低減させたときの、それぞれの固有振動数の変化を数値モデル1と比較したものである。これらより断面積の大きな部材の材料特性を修正することが有効であること、コンクリート床版に剛結合されている下弦材の材料特性を修正しても、上弦材を修正したときほどの影響を及ぼさないこと、さらに固有振動数は、せん断弾性係数の変動には敏感ではないことが分かった。これらの結果より、少ない修正量でより固有振動数を近づけられるよう修正した材料特性を表3に、その数値モデルを

数値モデル2とし、固有値解析を行った結果を表1に記す。高次モードを中心に実験値に近づいている。以上より、数値モデル2は本研究で対象としている橋梁

の挙動を表現することのできるモデルである。

数値モデル2の固有値解析より得られるモード形と常時微動観測から得られたモード形の比較を図2～4に示す。これより実験から得られたモード形と解析結果とが一致していることを確認した。

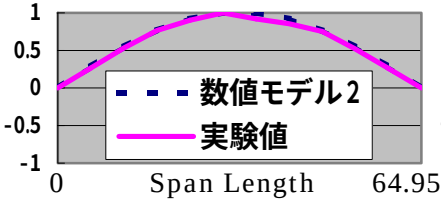


図2 鉛直曲げ1次モード

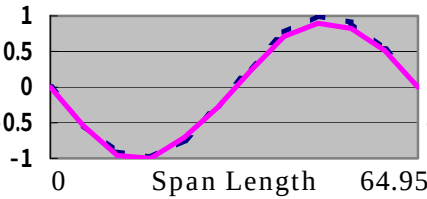


図3 鉛直曲げ2次モード

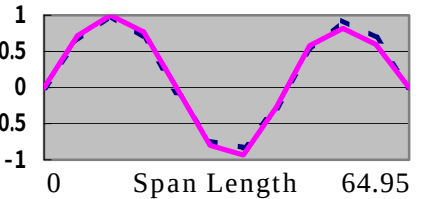


図4 鉛直曲げ3次モード

3. 振動特性の把握

人力加振実験値と数値モデル2で比較した、変位のフーリエスペクトルを図5に示す。数値モデル2の支間中央の点に2Hz、支間1/4の点に6Hzの正弦波の波形を入力し、その後自由振動させたときのそれぞれの時刻歴応答解析を行い、フーリエ変換したものである。ここでも実験値と数値モデル2のフーリエスペクトルが一致していることを確認した。6Hzの実験値では2Hzに反応があるが、これは実験が人力による加振であったため、6Hzだけで加振できず2Hzを励起してしまったためと考えられる。また実験値と数値モデル2で振幅に差が見られるが、これは人力加振時の加振力の大きさが分からなかったため、数値モデル2に入力した波形の大きさが実験値と違うためである。

4. おわりに

経年劣化などによる部材の一部の強度が変化する状況を観察する際の、基準となる振動特性を把握することができた。また、今後適切な振動制御法、および補強法を検討する必要があるときに、この3次元数値モデルを用いることが可能である。

参考文献

1) 大塚久哲、中径間橋梁の動的耐震設計、(財)九州大学出版会、2000年

表4 上弦材ヤング率修正時の変化

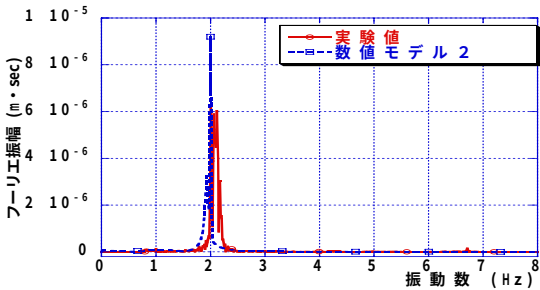
モード 次数	数値モデル 1	上弦材 ヤング率: 1.90E+07
		(Hz)
1	1.94	1.86
2	2.50	2.48
3	4.05	4.00
4	5.06	4.94
5	6.14	6.00
6	6.90	6.88
7	8.05	7.85
8	10.28	10.13
9	11.46	11.32

表5 下弦材ヤング率修正時の変化

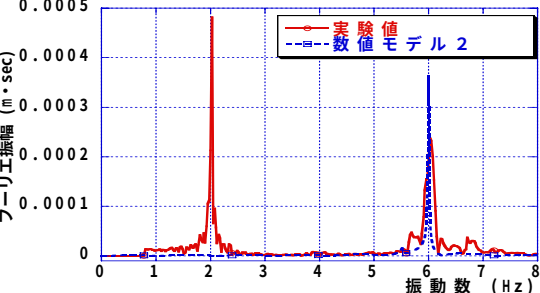
モード 次数	数値モデル 1	下弦材 ヤング率: 1.90E+07
		(Hz)
1	1.94	1.94
2	2.50	2.46
3	4.05	4.05
4	5.06	5.05
5	6.14	6.12
6	6.90	6.81
7	8.05	8.04
8	10.28	10.25
9	11.46	11.41

表6 上弦材せん断弾性係数修正時の変化

モード 次数	数値モデル 1	上弦材 せん 断弾性係数: 7.20E+06
		(Hz)
1	1.94	1.94
2	2.50	2.50
3	4.05	4.05
4	5.06	5.05
5	6.14	6.14
6	6.90	6.90
7	8.05	8.04
8	10.28	10.26
9	11.46	11.46



(1) 2 Hz 加振時



(2) 6 Hz 加振時

図5 フーリエ振幅スペクトル（変位）