

# モデル化の違いが下路ランガートラス橋の不規則振動特性に及ぼす影響

長崎大学工学部 正 会 員 中村聖三      長崎大学大学院 学生会員 西行 健  
長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄      長崎大学工学部 フェロー 岡林隆敏

## 1. はじめに

近年、日本では社会基盤構造物の維持管理が重要な問題となってきたことから、構造物の維持管理に関する研究が数多く行われている。そうした研究のひとつに、対象となる構造物の動的特性が一部の損傷により変化することを利用して、損傷を特定するというものがある。構造物の動的特性の変化を検出するためには有限要素解析や振動計測を行い、基本となる状態を把握しておく必要がある。有限要素解析においては、対象とする橋梁の動的特性に対しモデル化の影響があると考えられ、耐震分野においてはその影響に関する研究が行われている。しかしながら、耐震分野と維持管理分野では着目する周波数帯域や振動モードが異なるため、耐震分野における研究成果を直接利用することはできない。そこで筆者らは以前、モデル化の違いが維持管理分野に利用されると考えられる比較的高い振動数領域での固有振動数及び振動モードに及ぼす影響を検討した。本研究では、構造物の動的特性を推定する際にしばしば利用される常時微動に対するモデル化の影響に着目し、解析的検討を行った。

## 2. 対象橋梁

長崎半島先端部の樺島と脇岬をつなぐ樺島大橋を対象とした。樺島大橋は、昭和 61 年に完成した橋長 227m(最大支間 152m)、幅員 7.5mのランガートラス式の橋梁である。本橋を対象とした理由として、長崎大学で行った振動計測の結果得られたデータ<sup>1)2)</sup>から、解析モデルの妥当性を確認できるという点が挙げられる。

## 3. 解析モデル

本研究では、midas Civil を用い樺島大橋の上部工を図 - 1 のように 3次元弾性はり要素でモデル化した。その際、表 - 1 に示すように吊材の分割数及びせん断変形の有無を変更した 6 ケースのモデルを設定した。吊材を分割する場合、全ての吊材が同じ分割数となるようにモデル化を行い、またせん断変形を考慮する場合においては全要素に対し考慮するものとした。境界条件については、片端をピンとし、もう一端をローラー支点とした。縦桁と横桁の節点は図 - 2 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、両節点間の距離を一定に保つようにした。また縦桁と床版とは、質量を持たない剛な要素で繋いだ。床版のモデル化については、鉄筋コンクリート部分だけの剛性を考え、舗装や歩道のクラッシャーラン(質量密度:  $2t/m^3$ )については剛性を無視し、質量のみを考慮した。主桁、主構の材料は一般的な鋼であるため、その特性値としてヤング率  $200kN/mm^2$ 、ポアソン比 0.3、質量密度  $7852.3kg/m^3$  とした。床版の材料特性に関しては、ヤング率  $28kN/mm^2$ 、ポアソン比 0.2 とし、舗装及び歩道の質量を考慮するため、質量密度  $3343.84 kg/m^3$  とした。

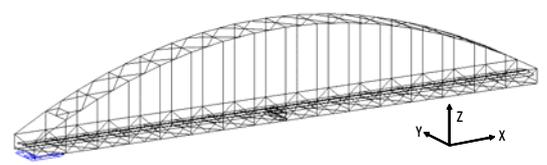


図 - 1 樺島大橋の上部工モデル

表 - 1 解析モデル

	吊材の分割数	せん断変形の考慮
Case1	分割無し	無
Case2	分割無し	有
Case3	2	無
Case4	2	有
Case5	4	無
Case6	4	有

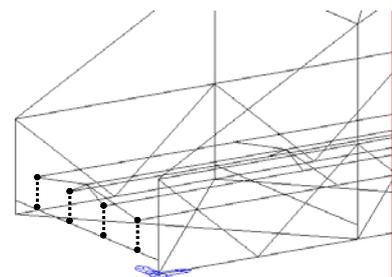


図 - 2 剛体連結図

## 4. 常時微動シミュレーション概要

本解析では常時微動を表現するため、図 - 3 に示す節点に対し

キーワード 維持管理, 鋼アーチ橋, 有限要素解析, モデル化, 常時微動

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14 TEL/FAX 095-819-2613

(逆面のアーチに対しても同様),鉛直方向及び橋軸直角方向に全て独立なホワイトノイズを外力として作用させ,6ケースのモデルに対し線形動的応答解析を行った.また外力として入力するホワイトノイズは,各節点の応答変位が概ね 1mm 程度になるような振幅とし,0.01s 刻みの波形として作成した.解析手法は Newmark $\beta$  法で加速度一定 ( $\beta = 0.25$ ) とし,常時微動シミュレーションの総時間は 10 分間,時間刻みを 0.01s とした.減衰については式(1)に示すレーリー減衰を用い,固有振動解析から得られる各モードの有効質量比を参考に,面内 2, 3 次モード(鉛直方向の有効質量比が大きいモード)での減衰定数を 0.01 と仮定し, $\alpha$  及び  $\beta$  を決定した.

$$C = \alpha[M] + \beta[K] \tag{1}$$

**5. シミュレーション結果**

本シミュレーションにおける結果のうち,図 - 4 に示す各節点の鉛直方向及び橋軸直角方向の応答加速度に着目する.応答波形の一例として節点 9 の Case1, 6 の鉛直方向応答加速度を図 - 5(a), (b) に示す.

**5.1. 鉛直方向応答**

節点 9 における Case 1 ~ 6 の鉛直方向加速度の RMS 値について比較したものを表 - 2 に示す.表 - 2 から吊材の分割数が同じ場合には,せん断変形を考慮した場合の RMS 値が約 7%高いということがわかる.これは節点 1,17 を除く応答を取った全ての節点に対して同様の傾向であり,この傾向により節点 1 ~ 17 の大部分における応答の最大値及び最小値の絶対値も大きくなっていった.吊材分割の影響だけをみた場合には,節点 2, 16 を除く応答をとった全ての節点で Case 1 に対し 0 ~ 6%程度 RMS 応答が高い値を示すという特徴があった.

**5.2. 橋軸直角方向応答**

スパン中央における Case 1 ~ 6 の橋軸直角方向加速度の RMS 値について比較したものを表 - 3 に示す.上述した特徴とは異なり,吊材の分割数が同じ場合において,せん断変形を考慮した場合の共通の変化は見られず,RMS 応答の変化量も小さなものであった.応答の最大値及び最小値は概ね RMS 応答の変化に伴い変化するという事は同様である.しかし,吊材分割の影響だけをみた場合には,図 - 6 からわかるように,吊材を 2 分割した場合,端部 2 点を除けば,スパン中央部に近いほど RMS 応答の変化が大きくなる傾向が見られる.また吊材を 4 分割した場合には,吊材を 2 分割した場合と同様の特徴があり,かつ全体的に RMS 応答が小さくなる傾向がある.

**6. まとめ**

今回の解析により,本橋においてはせん断変形の考慮及び吊材の分割が,不規則振動特性に与える影響は比較的大きいことがわかった.今後の課題としては,本橋とは異なる形式の橋梁において固有振動解析も含めた同様の検討を行い,データを収集していくことが挙げられる.

**[参考文献]**

- 1)岡林隆敏,原忠彦:道路橋振動特性推定における衝撃加振法の適用,構造工学論文集,Vol.34A,pp.731-738,1988
- 2)奥松俊博,岡林隆敏,房前慎一,船原祐樹,大岩根健吾:2段階推定法による橋梁振動特性の高精度自動推定,構造工学論文集,Vol.52A,pp.227-236,2006

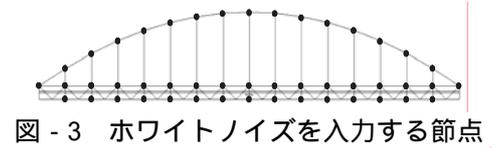


図 - 3 ホワイトノイズを入力する節点

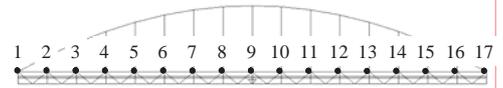


図 - 4 応答加速度を出力する節点

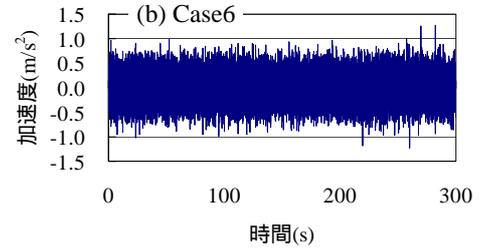
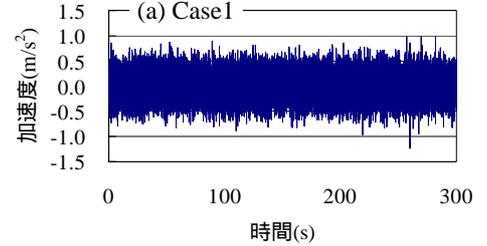


図 - 5 節点 9 の鉛直方向応答加速度

表 - 2 鉛直方向応答 (m/s<sup>2</sup>)

	Case 1	Case 2	Case 3
RMS 値	0.2430	0.2599	0.2553
	Case 4	Case 5	Case 6
RMS 値	0.2728	0.2585	0.2760

表 - 3 橋軸直角方向応答 (m/s<sup>2</sup>)

	Case1	Case2	Case3
RMS 値	0.6253	0.6280	0.7241
	Case4	Case5	Case6
RMS 値	0.7234	0.5747	0.5806

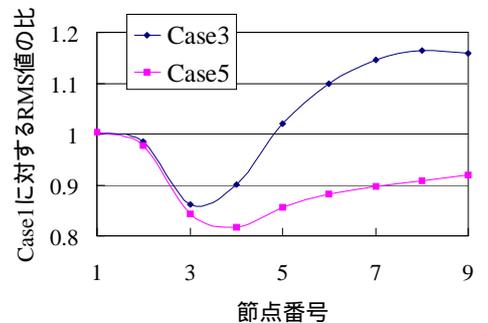


図 - 6 Case 1 を基準とした Case 3, 5 の RMS 応答の比