

斜角を有する鋼橋の振動調査と固有値解析

瀧上工業（株） 正会員 松村寿男 中日本建設コンサルタント（株）正会員 前田春和
中日本建設コンサルタント（株）非会員 佐藤徹也 名古屋大学・埼玉大学名誉教授 非会員 島田静雄

1. まえがき

一般に、斜角を有する橋梁は活荷重の载荷により曲げと同時にねじりを受けるために直橋とは異なる変形挙動を示すことが分かっている¹⁾。特に鋼橋の場合、河川等の環境条件により桁高を制限される橋梁においては、コンクリート橋に比べて横桁のねじり剛性が小さいため、斜角の影響でねじれ変形を受けやすい傾向にある。このような特殊な橋梁の場合には、直橋と比べて体感する振動特性が異なることが予測されるため、振動モードを適切に把握した維持管理が必要である。

本研究では、斜角を有する鋼橋を対象として実橋の振動計測を行い、3次元 FEM 固有値解析により実橋で生じている振動モードを推定する。

2. 対象橋梁の振動計測

2.1 対象橋梁

対象橋梁は、写真-1 に示す昭和 56 年 11 月に竣工した支間 25.6m+25.6m、有効幅員 16.0m の 2 径間連続鋼床版鈑桁（両側歩道付）で、河川を跨ぐ一等橋である。河川条件により桁高が低い鋼床版橋形式であり、近接する鉄道施設の制約条件により顕著な斜角（右 35° 04' 00"）を有する橋梁である。なお、横桁は主桁に対して直角に配置されている、いわゆる多主桁の直格子斜桁形式の構造である。



写真-1 多米橋

2.2 計測方法

本報告で扱う振動調査は、車両通行による振動を加速度データとして測定し、橋の持つ固有振動数を求め、その橋の健全度を判定するものである。

なお、計測で得られた加速度波形からランニングスペクトルまでを処理し卓越振動数を算出するソフトは、著者の一人である島田の作成による時系列データ処理プログラム Data Pre Viewer²⁾を使用する。

振動計測方法は、現地にてポータブルな機器（（株）東京測器研究所製）を使用し、簡易に橋梁全体の健全度が判定できるものである。本調査では 1 計測約 40 秒で得られた加速度データ（8192 データ）のうち、1024 データの FFT 解析（高速フーリエ変換解析：時刻歴に含まれる振動数成分の検出を行う解析）を 512 データずつずらして行っている。統計の参考値は簡易式³⁾ $f = 100 / L$ を用いる。ここに、 f : 統計固有振動数 (Hz)、 L : 最大支間長 (m) である。

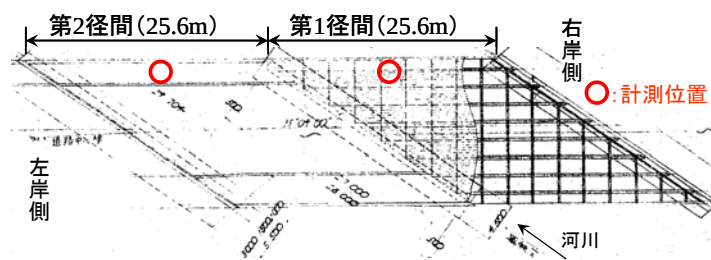


図-1 計測位置

2.3 計測結果

図-1 に振動計測位置、表-1 に計測振動数を示し、図-2 に例として第 2 径間のランニングスペクトルを示す。表-1 から分かるように、曲げ 1 次振動数は第 2 径間で 4.7Hz である。本橋は斜角が小さく第 2 径間中央での観測値は比較的たわみやすい鋭角側であるため、橋軸方向ス

表-1 計測結果

径間	統計固有振動数 曲げ1次(Hz)	観測卓越振動数(Hz)	
		曲げ1次	曲げ2次
第1	3.9	-	13.1
第2	3.9	4.7	-

ンでの振動特性を示していると推定される。この方向のスペン 25.6m で計算した統計値は 3.9Hz であり、これよりも高い値が得られている。図-2 のランニングスペクトル波形は 4.7Hz で明確に読みとれることもあり、弾性的に振動している橋梁と判断される。

本橋は平面的に見ると菱形をしており、横桁が主桁に直角に配置されている。すなわち、構造上は桁橋というよりも、格子作用の強い版構造と考えられる。このような菱形版構造の主な振動性状として、(A) スパン方向(橋軸方向)の主桁が全て同じ曲げ変形を示す成分と、(B) 幅員方向の左右で逆向きの変形となるねじれ変形成分の2つが推定できる。(A) の場合は直行する横桁にも曲げ変形が生じるが、(B) の場合はこの変形が小さくなる。弾性エネルギー的に考えると、横桁の変形が生じない (B) の方が卓越し外力に対して大きな変形を示す。観測された曲げ1次振動は、この変形モード (B) に対応していると考えられる。また、第1 径間で曲げ2 次振動 13.1Hz が求められている。第1 径間の観測点では橋の鋭角側が連続版の中間支点に近く、桁端は鈍角側であるため高次の振動が得られやすく1次振動は計測できていない。すなわち、この付近での振動たわみは小さく、相対的に揺れが感じられないと考えられる。以上により、本橋は (B) ねじれ振動が卓越し弾性的であることが推定でき、現時点では健全な状態にあると判断できる。

3. 固有値解析結果

本橋においてシェル要素を用いた 3 次元 FEM モデルを作成し、固有値解析を行った。図-3 に計測結果を再現していると思われるねじれ振動モードを示す。本橋は斜角が 35° と小さく、主桁と横桁が直角に配置された特徴的な橋で、格子構造が卓越した版構造である。

固有値解析で得られたねじれ振動モード (4.8Hz) は、現地計測で得られた振動数 (4.7Hz) を概ね再現していると思われる。

4. まとめ

固有値解析による振動モードから推察すると、本橋は斜角が小さいことから、桁端鋭角部側 (第2 径間での計測位置) の振動たわみが比較的大きいことが分かった。桁端鋭角側の歩道では反対側車線を走行する車両によっても振動を体感することが考えられ、実際に現地踏査においても確認できた。

【謝辞】本研究で扱う測定器に関して株式会社東京測器研究所関係各位に多大なるご協力を得た。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 原弘行, 本田秀行: 斜角 47° を有する鋼道路橋の構造特性と動的応答評価, 土木学会第 57 回年次学術講演会, I-556, pp.1111-1112, 平成 14 年 9 月
- 2) 島田静雄 HP: <http://www.nakanihon.co.jp/gijyutsu/Shimada/shimadatop.html>
- 3) (社) 日本道路協会: 道路橋耐風設計便覧, 平成 3 年 7 月

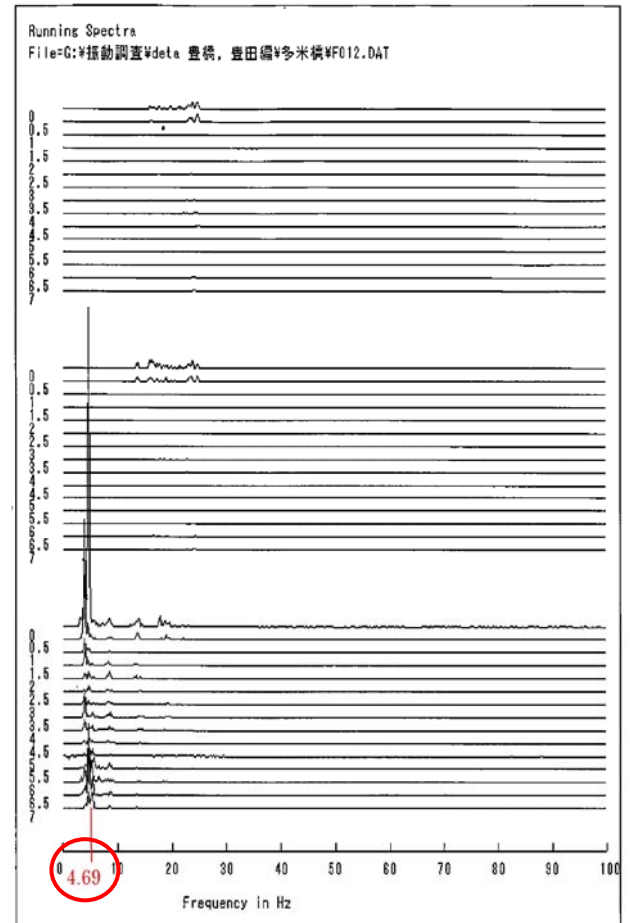


図-2 ランニングスペクトル (第2 径間)

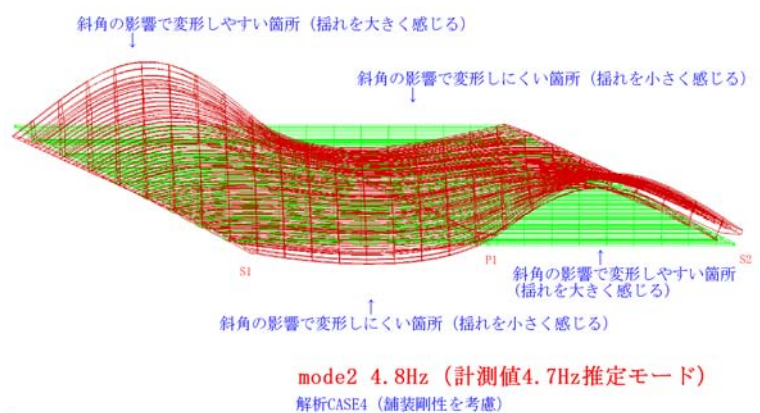


図-3 3次元 FEM 固有値解析による推定振動モード