

簡易な振動計測による鋼橋の調査

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

著者らは、橋梁の振動特性を利用した健全度診断を行なうために、簡易な振動計測による手法を提案している。鋼橋に対して振動計測を実施し、その固有振動数の抽出と簡易な健全度診断を試みたので報告する。

対象橋梁の一般図を図-1に示す。本橋は愛知県に架かる単純非合成鋼4主桁桁橋6連である。本橋は昭和46年に第1~2径間が建設された設計荷重 TL-20 の一等橋で、支間長 48.0~55.0m、有効幅員 8.0mであり、当時の橋梁としては典型的な構造といえよう。なお、平成3年に第3~6径間の建設ならびに第1~2径間の歩道部の設置工事が実施されている。

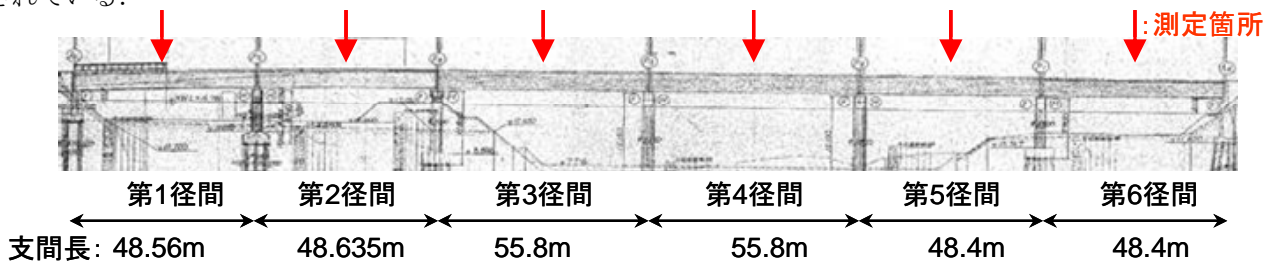


図-1 対象橋梁

2. 計測方法

計測装置は写真-1に示すように、現場の作業性、運搬性を考慮して電池駆動の小型な装置とした。ひずみゲージ式3軸加速度計（東京測器研究所製：ARF-20A-T）と超小型動ひずみレコーダ（同社：DC-104R）を接続し、制御用に携帯情報端末 PDA（MiTAC 製 MiO558）を使用した。計測は図-1に示すように、支間中央付近の路肩部に加速度計を設置した。加振のための荷重車や起振機の調達は大掛かりな作業となることから、交通規制を行わず、交通車両による不規則振動を計測した。本橋では写真-2に示すように、ダンプトラック等の大型車の通行のタイミングを狙って計測を実施した。サンプリングは 200Hz とし、40 秒間の計測を1単位とした。1測点当りの所要時間は、交通車両を待つ時間を含めて15分程度であった。

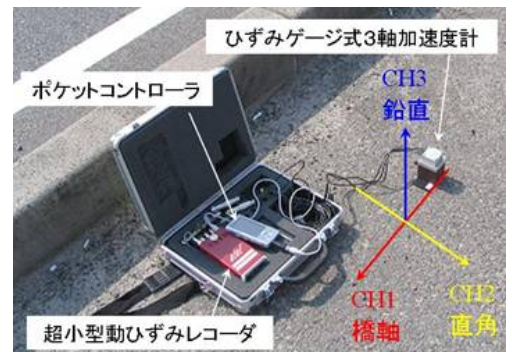


写真-1 計測装置

3. 測定結果と解析結果

図-2, 4に各計測点で計測された振動加速度波形データ, 図-3, 5に各々のランニングスペクトル（1024データのFFT解析を512データずつ移動させ並べたもの）を示す。ランニングスペクトルで卓越振動数の時間的な変化が読み取れる。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には、著者の一人である島田作成の Data Previewer を用いた。計測データから算出した統計固有振動数、観測された曲げおよびねじれ1次の卓越振動数を表-1に示す。なお、1次の曲げ振動数とねじれ振動数が求めれば、2主桁の2質点系の振動力学モデルを用いて式(1)の荷重分配係数が計算できる¹⁾。分配係数 q_{12} が大きければ、1-0分配に比べて分配効率が高いことを示す。分配係数の算出方法は図-6に示すが、表-1には参考に2主桁桁橋²⁾の値も引用している。



写真-2 計測状況

キーワード：簡易振動計測、ランニングスペクトル、固有振動数、分配係数

図-3の第1径間のランニングスペクトル(CH3:鉛直方向)から分かるように、曲げ1次振動数($f_1=2.93\text{ Hz}$ >統計固有振動数 $100/L=2.1\text{ Hz}$)、ねじれ1次振動数($f_2=3.52\text{ Hz}$)である。本結果は、明確なスペクトル波形を示していることから、本径間は弾性的な挙動を示していることが分かり、健全であることを示している。一方、図-5の第2径間のランニングスペクトルから分かるように、CH3(鉛直方向)の曲げ1次振動は第1径間と同程度の値($f_1=2.54\text{ Hz}$)であるが、CH2(水平方向)およびCH3(鉛直方向)の両方にねじれ2次と推察できる高次振動($f=16.6\text{ Hz}$)が算出されている。水平および鉛直方向のねじれ2次振動は、床版や上部工を支えている橋脚の剛性の影響により捉えられるため、今後、考察を追加する。

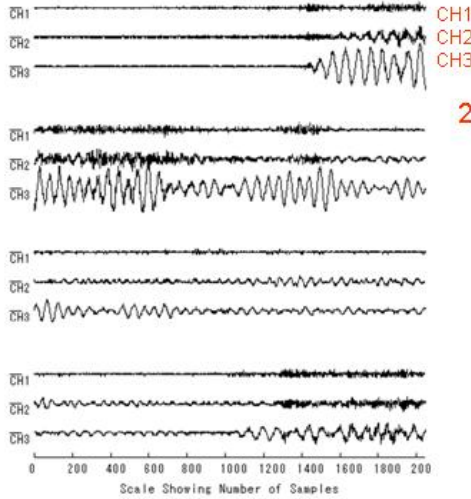


図-2 振動加速度波形 (第1径間)

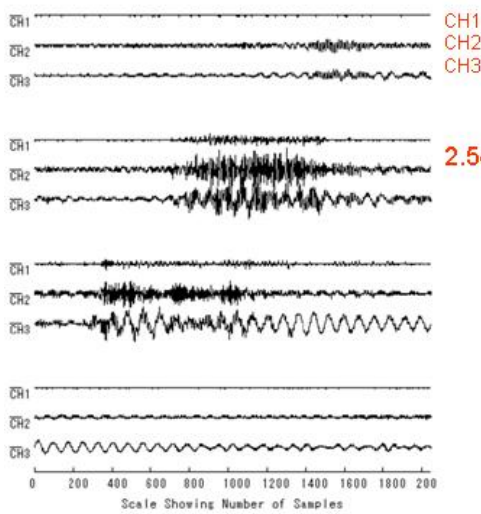


図-4 振動加速度波形 (第2径間)

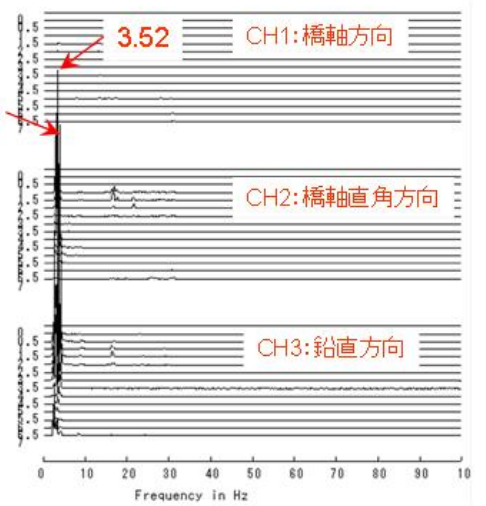


図-3 ランニングスペクトル (第1径間)

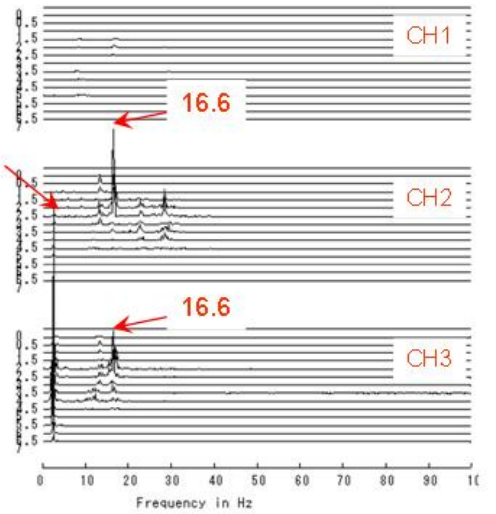


図-5 ランニングスペクトル (第2径間)

表-1 卓越振動数・分配係数の算出結果

径間	支間 (m)	統計固有振動数 $f_1 = 100/L$ (Hz)	観測卓越振動数(Hz)		分配係数	
			曲げ1次 f_1	ねじれ1次 f_2	q_{11}	q_{12}
第1径間	48.560	2.1	2.93	3.52	0.85	0.15
第2径間	48.635	2.1	2.54	3.52	0.76	0.24
第3径間	55.800	1.8	1.95	3.12	0.70	0.30
第4径間	55.800	1.8	1.95	3.12	0.70	0.30
第5径間	48.400	2.1	2.15	3.71	0.67	0.33
第6径間	48.400	2.1	2.34	3.71	0.70	0.30
2主鈹桁橋 ²⁾			2.30	2.60	0.89	0.11

分配係数の算出式

$$q_{11} = \frac{1}{2} \left(1 + \left(\frac{f_1}{f_2} \right)^2 \right)$$

$$q_{12} = \frac{1}{2} \left(1 - \left(\frac{f_1}{f_2} \right)^2 \right) \dots (1)$$

f_1 : 曲げ1次振動数

f_2 : ねじれ1次振動数

図-6 分配係数算出

なお、表-1の曲げ1次の卓越振動数(f_1 の値)は、統計固有振動数($100/L$ の値)を何れも上回っており、本橋においては顕著な損傷が生じている状態ではないことが考察できる。また、分配係数が $q_{11}=0.67\sim 0.85$ 、 $q_{12}=0.15\sim 0.33$ となり、2主鈹桁橋に比べて分配係数 q_{12} が大きい(2主鈹桁の値0.11より0.5に近づく)ことが分かる。以上からも、4主鈹桁である本橋は横方向の部材について健全に機能していることが推察できる。

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ご協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 島田静雄：易しくない構造物の振動調査と診断法，橋梁&都市 PROJECT, Vol.42, No.10, pp.15-21, 2006.
- 2) 橋吉宏，吉岡昭彦，高橋昭一，牛島祥貴，山中治，辻角学：PC床版2主桁橋「ホロナイ川橋」の載荷試験，土木学会第51回年次学術講演会，I-A341, pp.682-683, 1996.