

簡易な振動計測によるトラス橋の健全度調査

瀧上工業(株) 正会員 ○橋本保則 中日本建設コンサルタント(株) 非会員 島田静雄
 (株)東京測器研究所 非会員 平岩健一 瀧上工業(株) 正会員 松村寿男

1. はじめに

膨大な量の橋梁の老朽化が進み、適切な維持管理の方法やコスト削減策が求められている。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。揺れやすいとの報告があったトラス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。

2. 対象橋梁

対象橋梁の全景を図-1に示す。対象橋梁は愛知県の矢作川に架かる単純下路トラス橋2連である。本橋は昭和37年に建設された設計荷重TL-20の一等橋で、支間長48.0m、有効幅員6.0mである。当時の中小橋梁としては典型的な構造と言える。振動しやすいとのクレームがあり詳細点検が平成18年度に実施されたが、主構自体には数箇所のリベットの緩み以外に目立った損傷はなかった。そのため、主構の損傷と揺れとの関係を調査するために、同年3月27日に振動調査を実施した。



図-1 対象橋梁の全景

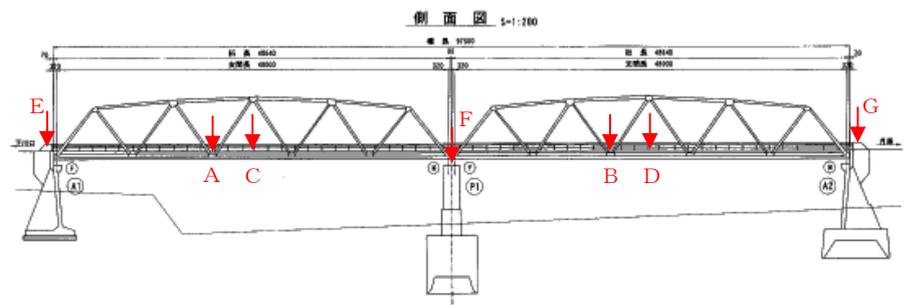


図-2 計測位置図

3. 計測方法

3.1 計測装置

計測装置は現場の作業性、運搬性を考慮して電池駆動の小型な装置とした。計測装置の写真を図-3に示す。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(東京測器研究所製 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。図-3は、PDAの代わりにノートパソコンを使用した時の写真である。



図-3 計測装置

3.2 計測位置

計測位置を図-2に示す。主構の1次振動を捉えるために、支間中央付近のトラス格点に加速度計を直接マグネットで設置した(A点、B点)。全体振動に加えて、床組の振動が現れやすい格点間の床版上面も計測対象とした(C点、D点)。その他、各橋台と橋脚の天端でも計測を実施したが(E~G点)、本報告では省略する。計測位置は全て下流側の路肩である。

3.3 計測条件

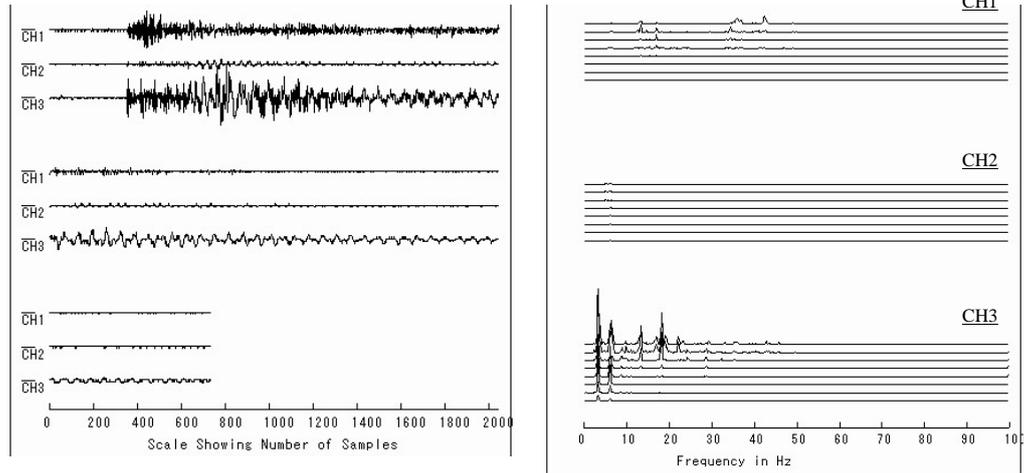
加振のための荷重車や起振機の調達は大掛かりな作業となることから、交通規制を行わず、交通車両による不規則振動を計測した。本橋では比較的ダンプトラック等の大型車の通行が多かったため、そのタイミングを狙って計測を実施した。サンプリングは200Hzとし、20~40秒間の計測を一単位とした。1測点当りの所要時間は、交通車両を待つ時間を含めて15分程度であった。

キーワード：振動計測，トラス橋，健全度診断，分配係数

連絡先：〒454-8517 名古屋市中川区清川町2-1 瀧上工業(株) 技術設計グループ TEL052-351-2214

4. 解析結果

図-4は、主構格点の計測点(A点)で計測された約24秒の加速度データと、そのランニングスペクトルである。ランニングスペクトルとは、1024データのFFT解析を512データずつ移動させながら実施したもので、卓越振動数の時間的な変化が読み取れる。



(CH1 : 橋軸, CH2 : 橋軸直角, CH3 : 上下)

(a) 加速度の時系列データ (b) ランニングスペクトル

図-4 解析結果

各測点のデータから算出した卓越振動数を分類した

ものを表-1に示す。振動数は確率的な要素や誤差を含むため、その精度を小数点1桁として表示している。なお、減衰定数については記載を省略した。今回の計測では、数点の同時計測やモード解析を実施していないため、表-1に示す挙動の説明は、計測位置と3方向の卓越振動数の関係から推定した挙動である。

表-1 卓越振動数の集計

測定箇所	卓越振動数 (Hz)	説明
第一径間 (A1~P1)	3.1~3.3	トラスの鉛直曲げ1次振動
	6.0~6.1	橋軸回りの捩れ1次振動
	8.6~10.5	床組の振動と推測
	13.2~13.3	トラスの鉛直曲げ2次振動
第二径間 (P1~A2)	3.2~3.3	トラスの鉛直曲げ1次振動
	6.0	橋軸回りの捩れ1次振動
	8~10.5	床組の振動と推測
	13.2~13.3	トラスの鉛直曲げ2次振動

5. 考察

2連のトラスともに、曲げ1次振動数で3.2Hzの明瞭なピークが得られた。加藤、島田によって集められた統計データ¹⁾では、支間48mのトラス橋の1次振動数は3.04Hzであることから、本橋の状態が一般的なトラス橋と同程度の剛性を有していると判断した。

1次の曲げ振動数と捩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²⁾。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。分配係数の値を表-2に示す。表-2には、多主桁橋²⁾と2主桁橋³⁾の値も引用して記載した。

本トラス橋では、分配係数が $q_{11}=0.64$ 、 $q_{12}=0.36$ となり、桁橋に比べて分配係数 q_{12} が大きいたことが分かる。分配効果が得られたことから、本橋の横方向の部材についても健全に機能していることが推察できる。なお、実橋の分配係数の実態がどの程度の範囲であるかはデータを蓄積することにより今後明らかにしたいと考えている。

ところで、体感として揺れが顕著であった箇所は、トラス格点間の床版上であった。この位置での計測結果は、床組と床版の振動と考えられる8~10Hzの振動が強く観測され、この振動数帯がクレームの原因である可能性が高いことが分かった。以上の結果、揺れの原因が主構の損傷によるものではないことを明らかにした。

参考文献

- 1) 加藤雅史, 島田静雄: 橋梁実測振動特性の統計解析, 土木学会論文報告集, 第311号, pp.49-58, 1981.
- 2) 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.
- 3) 橘吉宏, 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.

表-2 荷重分配係数

	曲げ1次	捩れ1次	分配係数	
	f_1	f_2	q_{11}	q_{12}
トラス橋	3.2Hz	6.0Hz	0.64	0.36
多主桁橋	4.4Hz	5.1Hz	0.87	0.13
2主桁橋	2.3Hz	2.6Hz	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 : 捩れ1次振動数