

レーザドップラ振動計を用いた橋梁通信管路のボルト緩み検知に関する検証

NTT アクセスサービスシステム研究所 正会員 ○池口 雄大, 齋藤 千紘

NTT アクセスサービスシステム研究所 非会員 中川 雅史, 柳 秀一

1. はじめに

日本電信電話株式会社（NTT）では通信ケーブルを全国に敷設するため約4万橋の橋梁に管路設備を添架しており、これらを安全に維持管理するために定期的な目視点検を行っている。管路や金物の錆、脱落、塗装剥がれ等様々な点検項目が存在するが、管路を固定するボルトの緩みや外れは、道路や軌道越し環境においては第三者加害をもたらす可能性が高いことから、重要な点検項目として位置付けている。しかしながら、ボルトは数量が多くかつ目視が困難な箇所に設置されているケースでは足場や梯子を用いる必要があるため、精密に点検することは危険かつ多大な稼働を要する。このような背景から、ボルトの緩みを簡易かつ安全に点検できる方法が求められている。

そこで、簡易かつ安全な点検手法として市中技術であるレーザドップラ振動計を用いたコンクリート設備等の点検手法を活用し¹⁾、遠隔から橋梁通信管路を測定し管路の振動特性からボルト緩みを検出できるかについて基礎検証を行ったので報告する。

2. 検証概要

レーザドップラ振動計を橋梁通信管路に照射して振動を測定し、ボルト緩みに伴い管路の振動特性に変化が生じるかについて検証を行った。検証設備は橋梁通信設備を模擬した図1のような単純モデルを用いた。ステンレス製管路支持台の上に、NTTの橋梁通信管路に用いられる硬質塩化ビニル管（V管）及び鋼管の2種類をそれぞれV管：2500mm、鋼管：5000mmの間隔で支持しA、B点をU字ボルトで固定した。

2-1. 検証条件

レーザドップラ振動計は、2m先から約15度の角度で管路中央に照射する。このときのサンプリング周波数は1kHzとし、鉛直方向の振動を測定した。

ボルト締結状態は、デジタルトルクレンチを用いてトルク値を設定することでボルト締結状態を設定した。作業員が固定状態まで締め付けた際のトルク値10N・mを「ボルト固定状態」と設定し、軸力30%の3N・mを「ボルト緩み状態」、軸力0%の0N・mを「ボルト外れ状態」として、各トルク値の組合せによる9パターンをV管、鋼管それぞれ計18パターンを実施した。加振方法については車両振動を想定し、管路に間接的に振動が伝達するよう管路支持台をハンマーで打撃した。

2-2. 解析手法

ボルトの緩みに伴う振動特性の変化を捉えるため、FFT解析とWavelet解析の2手法による解析を実施した。FFT解析では固有振動数の変化に着目するため、Wavelet解析では時間-周波数情報の2次元的な応答の変化に着目するため用いる。FFTの窓関数はハニング窓を用い、Wavelet解析における基底関数は弦振動の解析に有効とされるMorletを用いた。解析データ範囲は両手法とも振動発生0.5秒前から減衰までの3秒間を抽出し、解析を実施した。

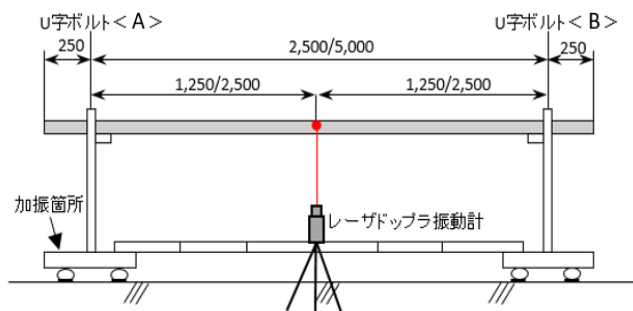


図-1. 橋梁模擬モデル

キーワード 橋梁添架設備, ボルト点検, 振動解析

連絡先 〒305-0804 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTT アクセスサービスシステム研究所 029-868-6212

3. 検証結果

3-1. FFT 解析

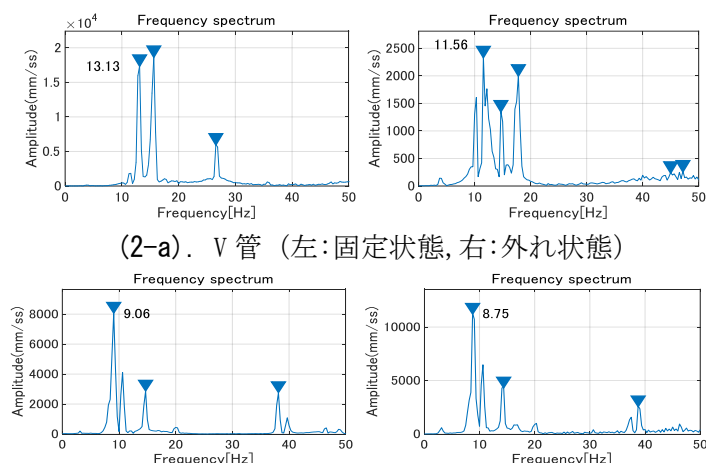
V 管、鋼管における FFT 結果の抜粋として、両側固定状態及び両側外れ状態の FFT 結果を図-2 に示す。V 管では、固定状態と外れ状態で固有振動数に 1.57Hz の変化が生じた(2-a)。また、片側のボルトが外れた状態では固有振動数に 0.4Hz の変化が生じた。しかしながら、片側緩み状態及び両側緩み状態では固有振動数の変化が生じず、どちらか一方のトルク値が 0N・m とならない限り固有振動数の変化は発生しない結果となった。鋼管では、両側固定状態及び両側外れ状態のみ 0.31Hz の微小な変化が生じたが、その他のパターンでは固有振動数の変化が生じなかった。これらの結果から、V 管はボルト締結状態が固有振動数に影響を与えるが、鋼管では影響が小さいことが判明した。

3-2. Wavelet 解析

V 管、鋼管における Wavelet 解析結果の抜粋として、両側固定状態及び両側外れ状態の Wavelet 結果を図-3 に示す。V 管においては、両側固定状態では 100Hz 付近に周波数応答が集中しているのに対し、両側外れ状態では 100Hz 付近には応答が発生せず 10~50Hz 及び 200Hz 以上の領域に応答が発生し、大きな変化が確認できた。しかしながら、鋼管では応答の減衰時間は異なるものの、両側固定状態とも 100Hz 付近及び 200~300Hz の領域に応答が発生し、V 管のように応答の分布に大きな変化は生じない結果となった。

4. まとめ

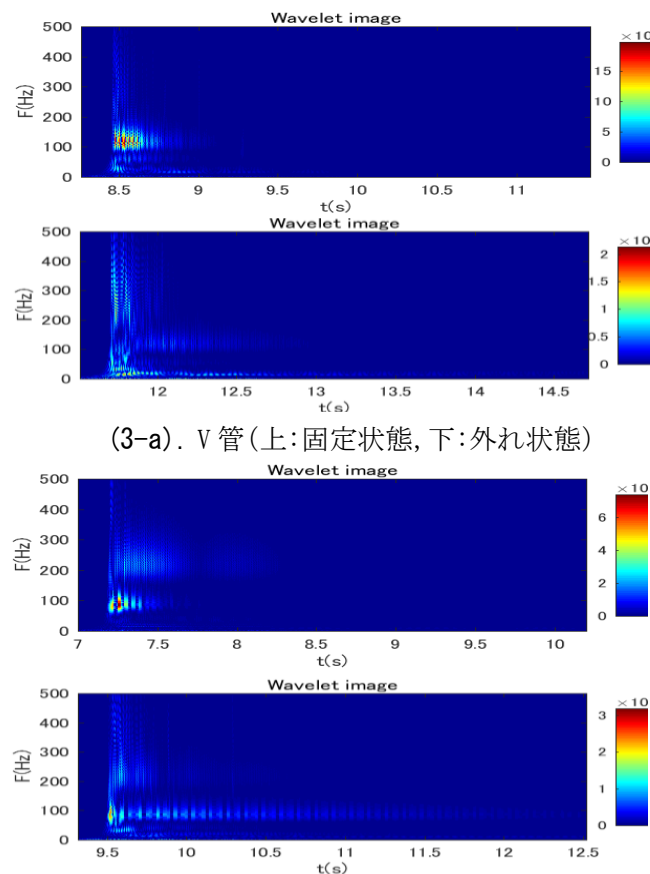
本稿では、レーザドップラ振動計を用いて橋梁通信管路の振動を遠隔から測定し、振動特性の変化からボルト緩みを検知できるか、FFT 解析と Wavelet 解析の 2 手法から検証を行った。V 管では両手法ともボルト緩みに伴う振動特性の変化を捉えることができたことから、遠隔から橋梁通信管路を測定し管路の振動特性からボルト緩みを検出可能であることが確認できた。しかし、鋼管は今回着目した解析手法では変化が微小であったため、今後は周波数スペクトルの強度変化等に着目した検討を行う。また、実際の橋梁通信管路はより複雑な構成となっているため、今後は様々な設備形態を模した検証を行い、レーザドップラ振動計を用いたボルト緩み検知技術の確立を目指す。



(2-a). V 管 (左:固定状態, 右:外れ状態)

(2-b). 鋼管 (左:固定状態, 右:外れ状態)

図-2. FFT 結果



(3-a). V 管 (上:固定状態, 下:外れ状態)

(3-b). 鋼管 (上:固定状態, 下:外れ状態)

図-3. Wavelet 結果

参考文献

- 1) 牧野高平, 松田浩, 森田千尋, 一宮一夫: レーザドップラ速度計を用いた振動計測による実橋梁の構造同定, 日本実験力学学会誌「実験力学」, Vol. 11, No. 3, pp. 201-208, 2011.