

## 橋梁と添架管の実計測に基づく動的挙動の検討

NTT アクセスサービスシステム研究所 正会員 ○小林 大樹, 中西 利基

NTT アクセスサービスシステム研究所 非会員 櫻田 洋介, 荒武 淳

### 1. 背景と目的

日本では社会インフラの老朽化や少子高齢化の進行より、インフラ設備の維持管理に対する抜本的な効率改善が喫緊の課題となっている。これまで、橋梁においては振動を計測して健全時と劣化時の動的挙動の差異を判定し、劣化を判別する手法が研究されてきた。しかし、各種センサを取り付ける導入コストが高価であり、十分な費用対効果を得ることが難しいため、実用化が進んでいないのが現状である。

約4万箇所の道路橋の下部や側面にはNTTの保有する通信用の管が添架されており、その中に光ファイバケーブルが収容されている。近年、通信サービス提供用の光ファイバケーブルを用いた振動計測が実現されており<sup>1)</sup>、新たなセンサを取り付けることなく、添架管内の光ファイバケーブルをセンサとして用いて振動を計測できる可能性がある。したがって、この技術でセンサの導入コストが大幅に低減し、振動モニタリングによる点検診断の実現を見込むことができる。しかし、この技術の実用化に向けては、通信用光ファイバケーブル、添架管、橋梁の間の動的挙動の関係性を把握する必要があるものの、研究例は極めて少ない。例えば、Kobayashiら<sup>2)</sup>は実環境の添架管の振動計測をしたものの、橋梁本体の計測は未実施であり、添架管と橋梁との関係性は検討していなかった。そこで、添架管と橋梁との動的挙動の関係性を把握することを目的に、車両通行下において振動を同時計測した。

### 2. 計測対象と手法

本研究では基礎的な動的挙動を把握するために、橋梁および添架管に特段の劣化が無いものを計測対象として選定し、そこに加速度計を取り付けた。橋梁等の加振は、橋梁上の車両通過により行った。対象の橋梁は橋長が約18mで単径間のプレストレスコンクリート橋とした。対象の添架管は、縦桁の間に渡された等間隔

の受梁上に支持されている硬質ビニル製の通信管(図.1)とした。そして、橋梁上を予め総重量約14tに調整した車両を他の車両が通行していないタイミングで平均速度約35km/hにて走行し、そのときの加速度を連続計測した(試行回数 $N=3$ )。



図.1 計測した橋梁および添架管

(上図:橋梁の全景, 下図:下部から上部構造を見上げた様子)

振動を計測するために橋梁の地覆と添架管に対して中央部と端部にそれぞれ2点、総計4点へ水晶式3軸加速度計を設置した。ここで、中央部とは橋梁および管の端部から約9mの位置、端部とは地覆の端部および添架管の端部に位置する受梁間の管上の位置とした。加速度のサンプリングレートは500Hzとし、連続計測した加速度データを高速フーリエ変換

キーワード：橋梁添架管、橋梁振動、振動計測、交通振動、維持管理

連絡先 〒305-0805 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 TEL 029-868-6218

(Fast Fourier Transform, FFT) した。さらに、 $N=3$  の FFT 結果を加算平均して最終的な計測結果を得た。

### 3. 計測結果

端部、中央部それぞれの振動計測結果を図.2 に示す。橋梁の端部においては加速度スペクトル密度 (Acceleration Spectral Density, 以下 ASD) がほぼ検出されなかった。その一方で、添架管は鉛直、橋軸直角方向ともにいくつかの ASD ピークが検出されていた。添架管の鉛直方向について最も強い ASD ピークは 20~30 Hz の間、次に強い ASD ピークとして 5~10 Hz 付近が確認された。また、添架管の橋軸直角方向についても、ASD ピークが 20~30 Hz の間に確認された。次に中央部においては添架管だけでなく、橋梁も鉛直方向を中心に振動していることが確認された。特に 6, 7, 15 Hz においては橋梁と添架管の両方で鉛直方向に ASD ピークが確認された。その一方で、添架管においては強い ASD ピークが 25 Hz 以降に存在するものの、橋梁では検出されなかった。加えて、端部でも中央部でも検出されている添架管の鉛直方向の ASD は端部、中央部ともに最大値が約  $1.6 \text{ mG}^2/\text{Hz}$  と同程度であった。

### 4. 考察

端部においては橋梁が振動していないにも関わらず、添架管が強く振動している。特に 20~30Hz の振動は端部と中央部にて同程度の強度で検出され、鉛直方向だけでなく橋軸直角方向にも振動の発生が確認された。これは、添架管が等間隔の受梁により支持されていることより、受梁により拘束された添架管の固有振動の発生によるものと考えられる。さらに、中央部における 6, 7, 15 Hz では、鉛直方向に関して橋と添架管の両方において ASD のピークが検出されている。よって、これらの周波数においては橋と添架管が一体となって振動している可能性がある。本研究により、位置や周波数領域によって橋梁と添架管の動的挙動の一致、不一致があることがわかった。今後はそれぞれの振動モードの同定をして、橋梁と添架管の動的挙動の関係性をより詳細化することを目指す。

### 参考文献

- 1) Jousset, P. et al., "Dynamic strain determination using fibre-optic cables allows imaging of seismological and structural features", Nature Communications, vol. 9, pp. 1-11, 2018.
- 2) Kobayashi D. et al., "Vibration-Based Detection of Loosened Bolts on Pipes Attached to Bridges", Materials Research Proceedings, Vol. 18, pp. 233-240, 2021

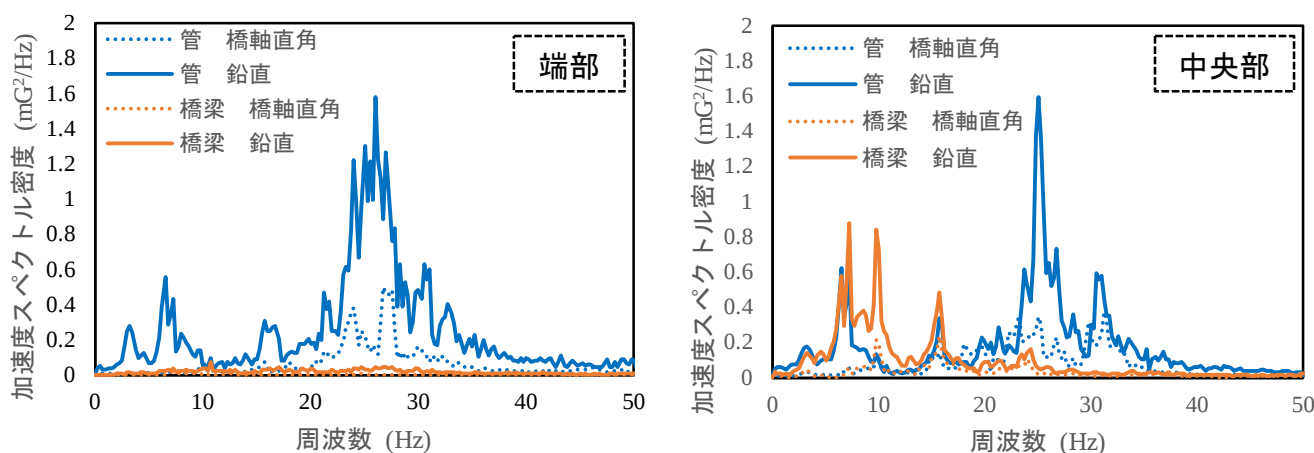


図.2 測定した加速度スペクトル密度：端部計測点（左）、中央部計測点（右）