

鋼鉄道橋支点部アオリモニタリング手法の開発（支点部設置計測機の開発）

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○石澤 俊希
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 秋山 保行
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 滝澤 彰宏

1. はじめに

鋼鉄道橋の変状の大半は支点部で発生しており、支点部変状の原因となるアオリの進行把握は維持管理において重要である¹⁾。アオリとは、沓座の劣化や、橋台の沈下、ソールプレートの摩耗等により、桁と支承の間あるいは支承と沓座の間に隙間が生じて、列車通過時に支点部が上下に動く現象である。

アオリの確認は、列車通過時に行う必要があるため、時間と労力を要する。また、定期検査の間隔が2年と長いため、次の検査までにアオリが進行する可能性がある。そのため、アオリの進行を効率的に監視できるモニタリング手法の開発が望まれている。

本研究では、加速度センサを用いてアオリ量を把握する装置の開発を目的として、加速センサの選定、アオリ量の推定手法について検討した。本稿では、その概要を報告する。

なお、変位計を使用する手法も検討したが、変位計の場合は不動点と計測点の間隔を測定する方法となり、介在物の混入や固定部の緩み等による計測不良が懸念されたため、加速度センサを選定した。

2. アオリ挙動と卓越振動数

営業列車（M 荷重）の車輪間隔を図1に、列車通過時のアオリ挙動（変位波形）とそのスペクトルを図2に示す。最大の車輪間隔 11.7m に着目し、図2には支間長 11.7m 未満と 11.7m 以上の2ケースのアオリ挙動を示した。両方とも3つの卓越振動数（図中の▼）が確認でき、特に1Hz程度の成分が大きい。

なお、支間長 11.7m 未満の場合、車輪が桁に載らない時があるため、アオリ量が0に戻る状態があり、1Hz未満の長周期成分は少ない。一方、支間長 11.7m 以上の場合、車輪が常に桁に載っているため、アオリ量が0に戻らず、長周期成分が多い。したがって、支間長 11.7m 以上の場合、アオリ量を精度よく推定するために長周期成分を考慮する必要がある。

3. 加速度センサの選定

一般的な加速度センサの比較表を表1に示す。本研究では、現場に長期間設置する装置の開発を目的としているため、長期的に安定した計測結果が得ら

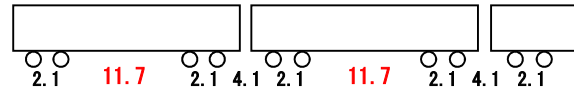
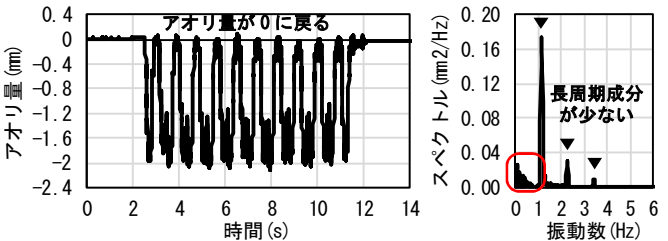
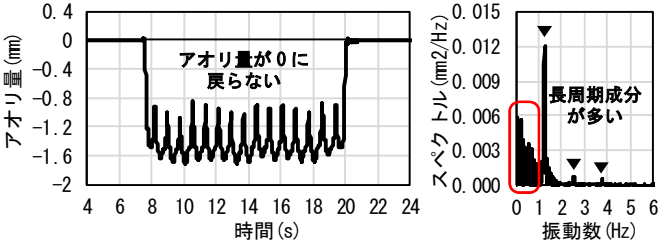


図1 営業列車（M 荷重）の車輪間隔



(a) 支間長 11.7m 未満のアオリ挙動 (b) (a) のスペクトル



(c) 支間長 11.7m 以上のアオリ挙動 (d) (c) のスペクトル

図2 支間長毎のアオリ挙動とスペクトル

表1 加速度センサの比較表

	水晶発振式	圧電式	静電容量式	サーボ式	歪ゲージ式	抵抗式	光ファイバ
帯域 (Hz)	0～百	1～数十 k	0～数千	0～数百	0～数千	0～数千	0～数百
耐久性	◎	◎	◎	○	○	◎	◎
温度依存性	◎	○	◎	○	△	△	△
コスト (円)	△ 十数万	○ 数万	◎ 数千	△ 30 万	○ 数万	◎ 数千	× 数十万
選定	○	○	○	—	—	—	—

れるよう、耐久性・温度依存性に優れる水晶発振式（以後、水晶式と略す）、圧電式、静電容量式の3種類を選定した。

次に、実橋りょうにおいて3種類の加速度センサを設置し、計測結果からアオリ計測の性能を検討した。アオリ量 2mm 程度以上の場合、全ての加速度センサにおいて、前述の3つの卓越振動数を捉えることが確認できた。一方、アオリ量 0.5mm 程度以下の

キーワード 鋼橋、モニタリング、加速度センサ

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町二丁目 479 番地 J R 東日本研究開発センター TEL 048-651-2552

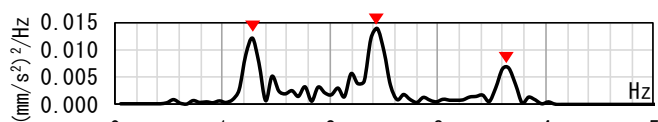


図3 アオリ量 0.2mm の水晶式の加速度スペクトル

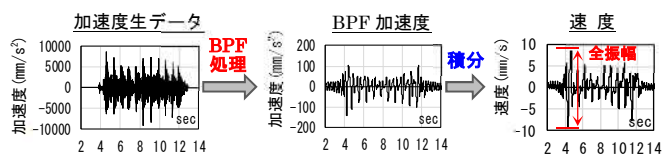
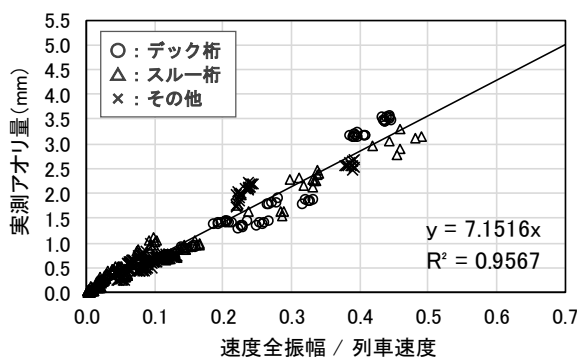
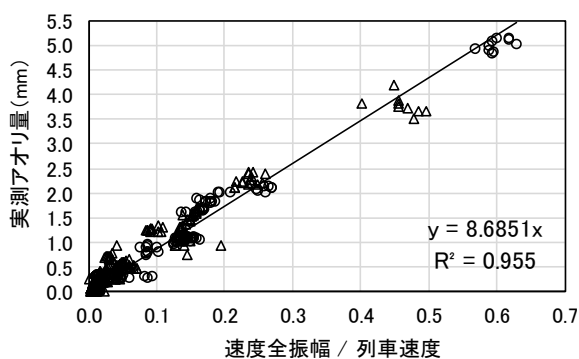


図4 速度全振幅の算出方法



(a) 支間長 11.7m 未満



(b) 支間長 11.7m 以上

図5 速度全振幅/列車速度と実測アオリ量の関係

場合、図3に示すように、水晶式のみで3つの卓越振動数が確認できた。以上より、アオリ量の計測には水晶式が優れると考えた。なお、この検討の他に、加速度波形から得られるいくつかの指標(最大・最小加速度、積分により得られる最大・最小速度、最大・最小変位等)と、変位計によるアオリ実測値を比較し、水晶式で得られる指標がアオリ実測値と相関性が高いことを確認した。

4. アオリ量の推定手法

アオリが発生している20橋を対象に、支点部にライナープレートを挿入してアオリ量の変化前後の加速度およびアオリ量を実測し、加速度からアオリを推定する手法を検討した。

まず、図4に示すように水晶式加速度センサによって得られた加速度波形を低周波数帯でBPF処理し、その加速度波形を積分して速度波形を求め、その最大値と最小値の差を速度全振幅と定義して算定した。

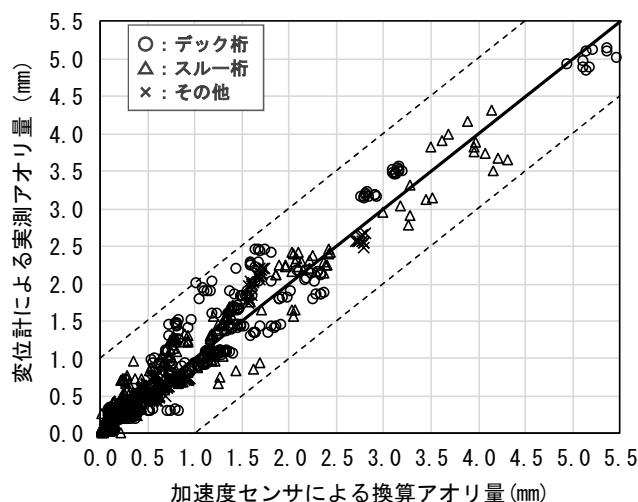


図6 速度全振幅/列車速度による換算アオリ量

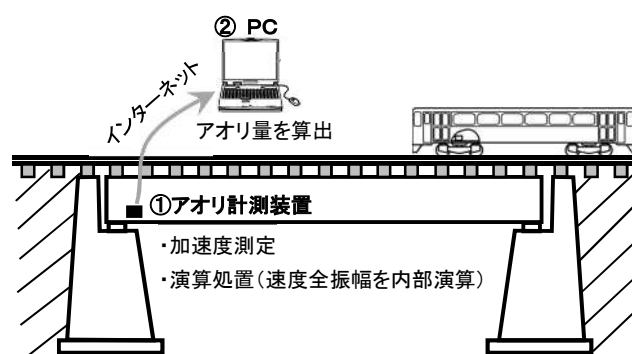


図7 アオリ量の遠隔モニタリングシステム (イメージ)

得られた速度全振幅を列車速度で除して無次元化した指標と、実測アオリ量の関係を図5に示す。なお、前述したように支間長によってアオリ挙動が異なるため、支間長 11.7m 未満と 11.7m 以上に分けて整理した。

次に、図5中の近似式から算定される換算アオリ量と変位計による実測アオリ量の比較結果を図6に示す。図中には45度の実線と±1mmの破線を描いており、45度線に近い程、精度がよいことを示している。図より、誤差が±1mm以内で精度よくアオリ量を推定できることが確認できた。

5. おわりに

本稿では、支点部に設置した加速度センサから得られる値を用いてアオリ量を推定する手法を提案した。図7に、現在検討している遠隔モニタリングシステムのイメージを示す。支点部に設置した装置において加速度波形から速度全振幅を内部演算し、インターネットにより管理者のPCにその値を送信して、手元でアオリ量に変換するシステムである。現在、試作機を作成して、計測・検証中である。

参考文献

- 1) 木下一孝, 他: ライナープレート挿入による簡易的な鋼橋長寿命化措置とその効果の検証, 第65回土木学会年次学術講演会, I-194, 2010.9