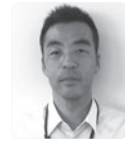


振動発電を用いた鋼橋アオリ検知装置の開発

Development of steel bridge clattering-detecting device utilizing vibration-powered generator



森井 広樹*



栗林 健一*



小西 俊之**

When a bridge loses support from one pier due to causes such as shoe subsidence, this imbalance causes repercussions known as “clattering”. Clattering is so harmful that it may cause not only damages to shoes but also rapid extension of cracks in peripheral structures, and greatly affects total soundness of beams. However, it is difficult to pinpoint the occurrence and progress of clattering by inspections at fixed interval (every two years). In this paper, we introduce a development of clattering-detecting device utilizing vibration-powered generator as a new monitoring system to complement inspections.

●キーワード：鋼橋、モニタリング、センサ、加速度、変位、振動発電

1. はじめに

支点沈下等により橋りょうが三点支持状態になると、アオリと呼ばれる桁のバタつきが発生する。アオリは支点部のみならず、周辺部材の亀裂発生原因となり、桁全体の健全度に大きな影響を与えることが分かっている。当社では、列車通過時の桁振動による振動発電を活用したアオリ検知装置を開発中であるので、本稿で報告する。なお、本開発はJR東日本とパナソニック(株)による共同開発であり、検知方法については特許の共同出願(特許2015-112359)を完了している。

2. 開発コンセプト

今回開発しているアオリ検知装置のコンセプトは、以下3点の特長があげられる。

- ①振動発電による装置の省電力化
- ②左右桁振動差による検知手法
- ③営業列車による異常検知手法

2.1 振動発電による装置の省電力化

本開発では、列車通過時の桁振動を活用した振動発電(圧電式)を起動電力とすることで、通常センサに必要な外部電源を不要とした。圧電式振動発電は、圧電素子・素子マス(錘)・ダンパマス(鉄製)・ゴムの構成となっており、圧電素子が振動・変形時に発生する電位差を電力として回収する方式である。ゴムがダンパーの役割を果たし、特定の周

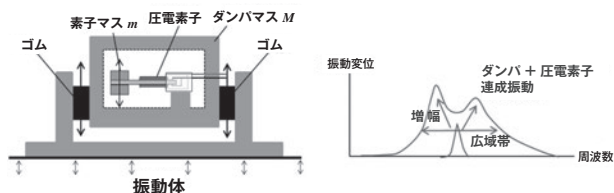


図1 圧電式振動発電の概要

波数帯域を増幅させ発電効率を高めると共に、広域な動作周波数を獲得可能である(図1)。

2.2 左右桁振動差による検知手法

アオリの発生による桁振動は、左右の振動に差が現れると考えられる。桁の振動量そのものは、橋りょうごとの諸元や剛性その他外部要因に影響を受けるため、健全な桁とアオリ発生桁との左右振動量差や比率に着眼することで、検知閾値を標準化し、鋼橋全体に適用可能な検知手法構築をめざしている。

2.3 営業列車による異常検知手法

JR東日本では、線路設備モニタリング装置を順次導入中である。これは、軌道変位装置(高低測定など)および材料モニタリング装置(締結装置確認など)で構成されており、材料モニタリング装置には撮影機能が付与されている。本撮影機能を用いたLED点灯状況の撮影・確認により、効率的な異常検知を検討している(図2)。

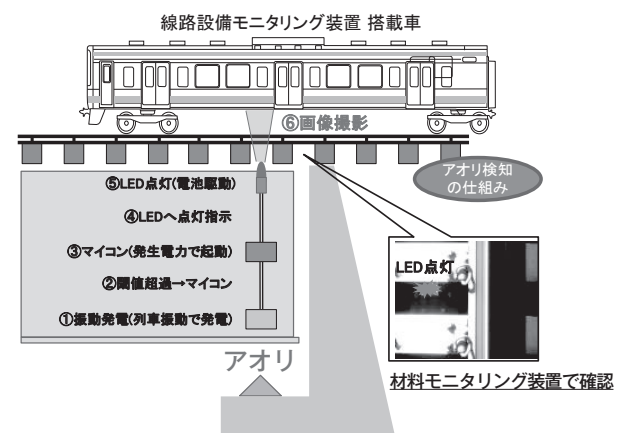


図2 LED点灯によるアオリ検知イメージ

3. プロト機の開発

以上のコンセプトに基づきプロト機を開発した(図3)。振動発電器は30-60Hzに発電周波帯特性を持ち、発電量が起動電力量(約50 μ J)に達すると、その時点から1秒後と2秒後の左右振動発電量を記録する。左右発電量を比較し閾値を超過すると、アオリ状態と判定してLEDを点灯させる仕組みである(閾値やLED点灯までの判定回数は任意設定可能、LED点灯は単三電池150時間駆動)。

4. 現地測定

製作したプロト機および加速度計を用いて、実橋りょうAにて現地測定を行った。当該橋りょうは、4連目の終点方左にアオリ約2mmが発生している。アオリ箇所と未発生箇所(終点方右)において、支点部からの設置距離を変化させながら、下フランジ上に計測器を設置した。

4.1 アオリの振動周波数帯域

加速度測定データをフーリエ変換による周波数分解したところ、アオリの有無で150Hz未満の低周波数帯域に差が見られた(図4)。また、プロト機の発電周波帯特性である30-60Hz付近でも、スペクトルが増幅する傾向が確認できた。

4.2 設置箇所による振動量差

30-60Hz積算加速度と振動発電器による発電量を図5に示す。箇所ごとにそれぞれ複数回測定しており、測定データには多少バラつきがあるが(通過車両の影響等)、ここでは発電量が低いデータを抜粋している。



図3 プロト機外観写真

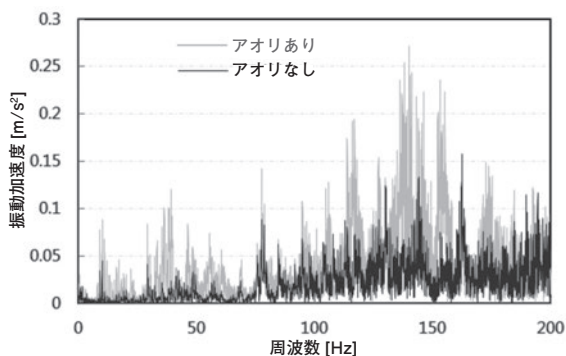


図4 アオリの振動周波数帯域

4.2.1 主桁左右(アオリ有無)の違い

箇所ごとに違いはあるが積算加速度・発電量とも差が見られる。支点部から85cm・アオリ無のように、正常な桁でもアオリ有とほぼ同等に発電する場合も確認された。

4.2.2 主桁下フランジ設置箇所の違い

アオリの有無による発電量差は支点部からの距離が近いほど大きい。検知装置は可能な限り支点部に近接して設置することが望ましい。また、積算加速度が一定値に達しないと、ほとんど発電しないことも確認された。

5. LED点灯試験

前章の測定と同様に橋りょうAにて、列車材料モニタリング装置によるLED点灯(赤色・赤外線・緑色の3パターン)状況を確認した(図6)。ダミー用のLED(非点灯)と比較して、赤外線はやや写りが悪いが、赤・緑のLEDは点灯有無が十分に判定できることが確認できた。

6. おわりに

本開発では、アオリ発生橋りょうの振動特性に着眼し、アオリの有無で発生する振動発電量差による検知可能性を検証した。今後は製作したプロト機と加速度計による測定サンプル数を増加させ、アオリの振動特性把握、検知閾値の最適化を図っていく。

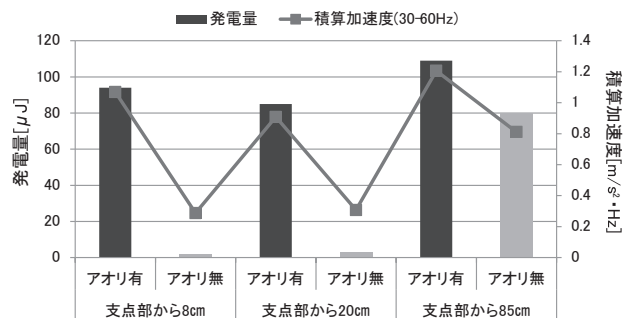


図5 設置箇所による振動量差

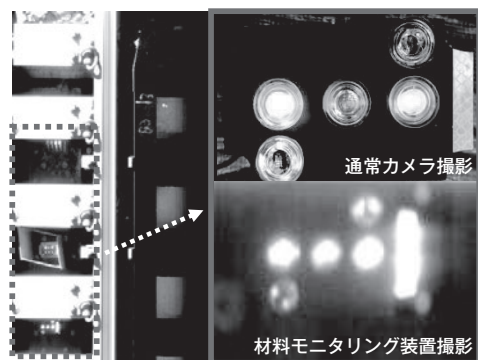


図6 LED点灯状況確認