コンクリート構造物のたわみ監視装置の開発について

東海旅客鉄道株式会社　正会員　○前田　昌克
東海旅客鉄道株式会社　フェロー会員　鎧坂　勝則

１．はじめに

鉄道橋において、橋りょうのたわみ値は、構造物の健全性を確保する指標として重要である。東海道新幹線でもコンクリート構造物の健全度評価にたわみ計測が用いられる場合がある。現状、たわみ計測は、従来の計測機では桁下の不動点を必要とするため計測可能な橋りょうが限定され、計測準備等のコストが高いなど異常を見出すための継続的な計測が困難であった。

この問題点を解決すべく、不動点を必要とせず、どこでも簡単に設置でき、かつ、継続的なたわみ計測が可能なたわみ監視装置を開発した。本装置は、高性能で省電力の MEMS 式加速度センサを用いて、列車がコンクリート橋りょうを通過する時に計測した加速度を 2 回積分処理して、これまでの方法と比較して精度の高いたわみ値を算定することができた。以下では、本装置の開発経緯、実際の計測事例を述べる。

２．開発の経緯

(1)加速度センサの選定

たわみ監視装置に使用する加速度センサの選定は、①設置を容易にするため小型であること②継続的にたわみ監視をするため省電力であること③分解能が高いことを基準にした。

当初は、①②の要件およびコスト低減を優先し安価でやや分解能の低い MEMS 式加速度センサで開発を進めていたが、低周波成分の感度が低くなることから 2 回積分で正確な変位算出ができなかった。そこで、③の要件を追加し、高分解能な MEMS 加速度センサを採用することとした。さらに、積分演算による累積誤差を低減させるため、列車が計測点を通過する 1 秒以上前の無振動状態から加速度計測を開始するよう装置の設定を行った。

(2)たわみ監視装置の試作

前項の検討を踏まえ、高分解能な MEMS 式加速度センサを採用し、たわみ監視装置の製作を行った。試作した装置の概略を図 1 に示す。外形は 122mm(W)×120mm(D)×105mm(H)（但し取り付け用金具を除く）、質量は約 1.5kg、筐体構造は防水ポリカーボケースに収納する形とする。また、取付方法に関しては、アンカ打ち込みを想定している。電源に関しては、屋外での電源ケーブル敷設等設置コストを抑え、かつ安定した電源供給を実現するために電池を採用した。本装置は、予め指定した時間帯のみ電源が入り、列車接近時の小さな振動をトリガーにデータ収録する回路構成とし、省電力化を図った。

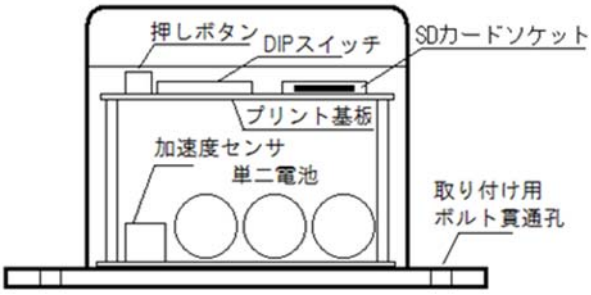

図 1　たわみ監視装置　概略図

キーワード　コンクリート桁，たわみ計測，加速度センサ，長期監視，MEMS
連絡先　〒485-0801　愛知県小牧市大山 1545-33　総合技術本部技術開発部　TEL (0568)47-5385

(3)室内加振試験

前項で試作したたわみ監視装置の精度検証として、振動試験機による加振試験を実施した（図 2)。加振試験では周波数 0.5Hz～10Hz の正弦波をケース別に加振した場合の、たわみ監視装置による振幅量を計測した。同時に計測したレーザー変位計との振幅の比較結果を図 3 に示す。今回実施した周波数帯では 0.5Hz～9Hz で振幅値の誤差は 10%以内になることを確認した。この結果から本たわみ監視装置の精度に問題ないと判断し、現地での試験を行った。

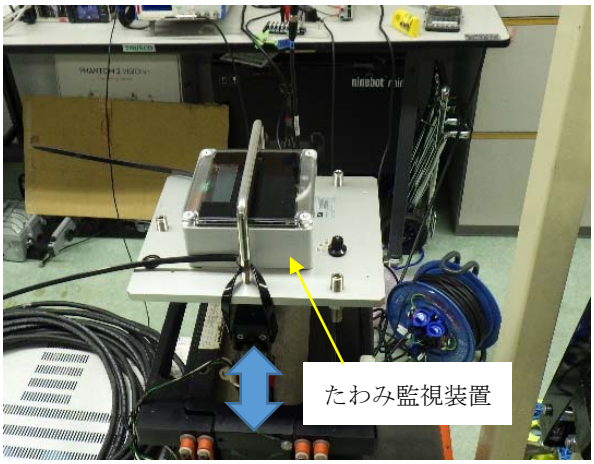

図 2　加振試験

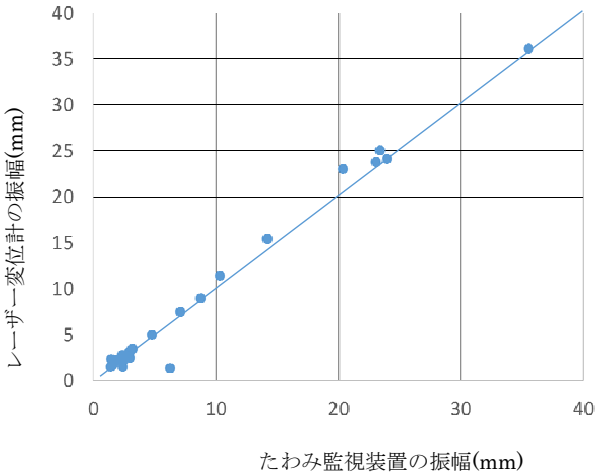

図 3　加振試験結果

3．本装置のコンクリート RC 橋りょう設置事例

たわみ監視装置を東海道新幹線のコンクリート RC 橋りょうに設置して、列車通過時の橋りょうのたわみを計測した。設置場所は定期的に昼間にデータ取得を可能とするため、新幹線の立入可能な通路に設置した（図 4)。現地において、他のたわみ計測機との比較計測として、サンプリングモアレカメラ式たわみ計測装置を選定した。同時計測の 1 例を図 5 に示す。比較した結果、たわみ値の差異は 0.5mm 程度であり、波形に大きな差異はないことを確認している。

図 4　たわみ監視装置の現地敷設

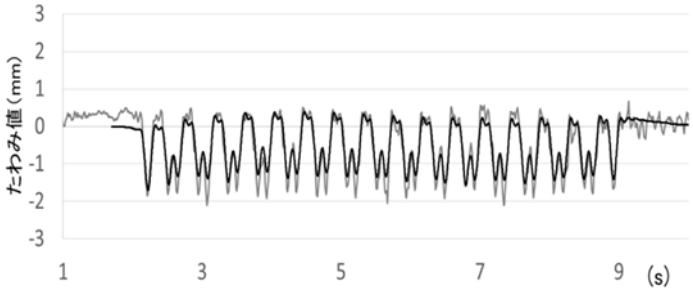

図 5　他計測器との比較結果
（黒：本装置、灰色：モアレ式）

4．おわりに

このたわみ監視装置は平成 28 年 7 月以降、コンクリート RC 橋りょうに引き続き継続的に設置している。平成 29 年 3 月まで 9 カ月ほど経過しているが、正常に稼働して定期的にたわみ値を取得している。また、異常時対応のため、現地で列車通過にすぐたわみ値を表示できる装置も併せて製作している。今後も現地設置を継続してたわみ監視装置の機器状態の確認とともに、たわみ値の季節変動の傾向等を確認していく。