

鉄道橋梁上に設置した加速度計による地震時の構造物状態監視の試み

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○松本 星斗 田中 浩平 坂井 公俊
 阪急電鉄 (株) 非会員 吉本 章宏
 阪急設計コンサルタント (株) 非会員 上野 勝大
 クローバテック (株) 非会員 松田 滋夫

1. はじめに

地震発生後の鉄道の運転再開や点検要否の判断は，地上に設置した地震計の観測値（計測震度，SI 値等）に基づいて行われている．これを構造物上の観測値に基づく判断とすることで，合理的な意思決定が期待される（例えば 1）．

この時，構造物上は車両通過に伴い比較的大きな加速度が生じるため，これによって構造物の状態を誤検知する可能性がある．そこで，実際の鉄道橋梁を対象として，構造物上で地震観測を実施するとともに，車両通過の影響を除去する試みを行った事例を紹介する．

2. 橋梁上の地震観測

河川橋梁は，アクセスの制約や延長の長さ等の観点で，一般的な高架橋等と比較して地震後の点検に時間を要する．そこで，図 1 の橋梁を対象として，橋脚上に地震計を設置し，常時モニタリングを行うこととした．なお対象橋梁の 1 次固有振動数は，衝撃振動試験によって 3.6Hz 程度であると推定されている．

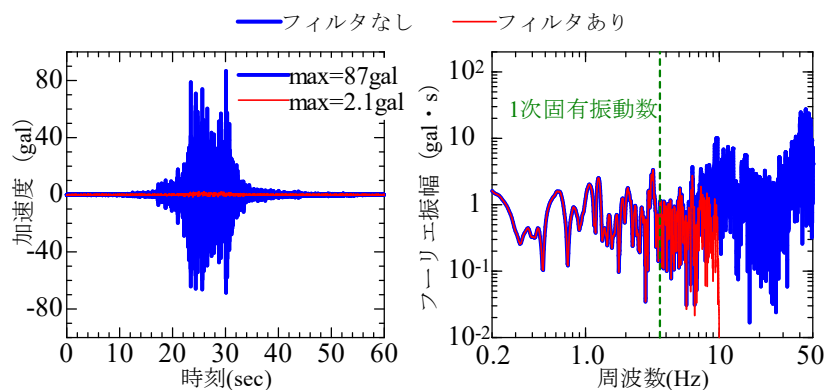
地震計の設置状況を図 2 に示すが，今回は比較的安価なセンサーとして加速度計（セイコーエプソン製 M-A352）を設置した．計測は三成分で，上下方向，橋軸方向，橋軸直角方向とした．この加速度計を用いて常時モニタリングを行うとともに，事前に設定した閾値を超えた場合に最大加速度等の情報をメールで通知する仕様としている．



図 1 対象橋梁



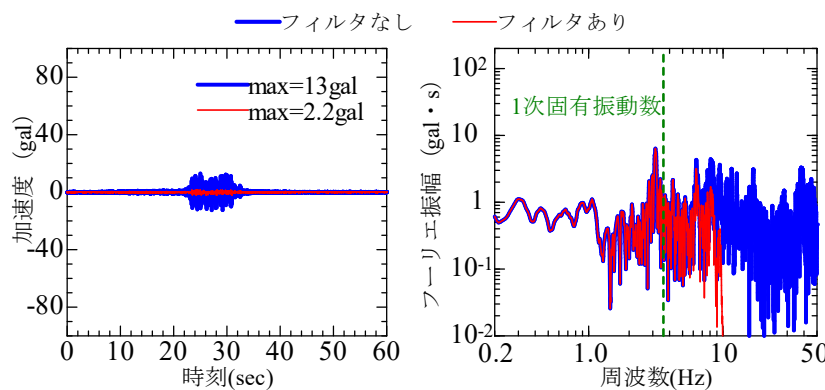
図 2 地震計の設置状況



(a) 時刻歴波形

(b) フーリエ振幅スペクトル

図 3 車両通過時の構造物挙動（橋軸方向）



(a) 時刻歴波形

(b) フーリエ振幅スペクトル

図 4 車両通過時の構造物挙動（橋軸直角方向）

キーワード 鉄道橋梁，地震時運転規制，構造物モニタリング，車両通過

連絡先 〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7336

3. 車両通過時の構造物挙動

前章で述べたシステムによって常時モニタリングを実施すると、当然のように車両通過に伴う振動も計測される。計測結果の一例を図3、図4に青線で示すが、橋軸方向では最大87galと比較的大きな加速度が発生していることが分かる。フーリエ振幅スペクトルを見ると、車両通過時に生じる加速度は10Hz以上の領域に大きなパワーを有しており、橋梁の固有振動数（3.6Hz程度）よりも高振動数成分が主体であることが分かる。

そこで、構造物の固有振動数付近の応答を低減させずに、車両通過の影響を取り除くためのフィルタとして、10Hzを閾値とするローパスフィルタを設定した。フィルタ処理後の加速度波形も図3、図4に赤線で示しているが、単純なフィルタ処理によって車両通過に伴う振動を大幅に低減できることが確認できた。

4. 地震時の構造物挙動

当該橋梁で計測された地震記録の例として、2022年9月24日に兵庫県南東部で発生した地震（M4.0、深さ9km、当該橋梁からの震央距離約20km）の結果を図5、図6に示す。フィルタ処理前の最大加速度は橋軸方向で10.4gal、橋軸直角方向では6.8galであったが、フィルタ処理により両方向とも3gal程度となっている。またフーリエ振幅スペクトルを見ると、構造物の固有振動数（3.6Hz）付近のパワーが比較的大きくなっており、地震時の当該橋梁の振動は橋脚の1次モードが主体であることが確認できる。また、構造物の固有振動数付近のパワーはフィルタの影響を受けないため、フィルタ処理後の振動成分においてもパワーを保っている。その結果としてフィルタ処理に伴う加速度低減の影響は、車両通過に伴う構造物振動の低減程度と比較して相対的に小さい。

5. まとめ

鉄道橋梁上に地震計を設置するとともに、車両通過時の振動成分を除去しつつ地震時の構造物挙動を把握するためのフィルタを設定した。フィルタ処理によって車両通過時の振動成分を大幅に低減できるとともに、地震時には構造物の固有振動数付近の振動成分を適切に評価できることを確認した。

実際の運用では、例えば構造物の降伏震度0.3（約300galで降伏）の場合、安全側の閾値として60galを超過した場合にメールで通知し、それを元に判断を行う等の対応が考えられる。

参考文献

1) 名波健吾, 和田一範, 豊岡亮洋: 鉄道路線を対象とした地震時点検用センサーの効果的な配置法の提案, 土木学会論文集, Vol.79, 2023.

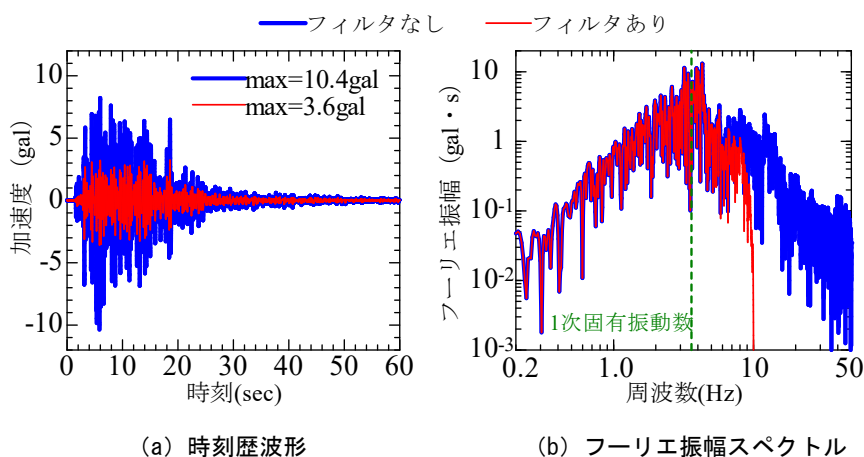


図5 地震時の構造物挙動（橋軸方向）

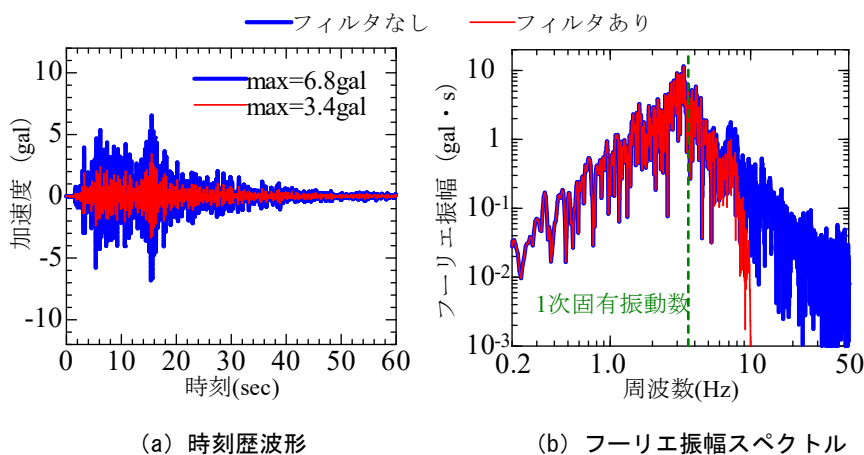


図6 地震時の構造物挙動（橋軸直角方向）