# 鉄道河川橋梁橋脚の長期計測による健全度診断指標の適用性検証

（公財）鉄道総合技術研究所　正会員　○小湊　祐輝
〃　国際会員　阿部　慶太
〃　正会員　名取　努

**１．はじめに**　鉄道橋梁橋脚では、洪水による洗掘や近傍の河床低下等により橋脚の安定性に関する健全度の低下が生じている。一般的に、橋脚の健全度は衝撃振動試験から得られる固有振動数により評価しているが、異常時に試験を行う事や高頻度な評価は困難なため、固有振動数と相関を有する健全度診断指標（常時微動のパワースペクトル面積比、列車通過時加速度振幅比）を用いた状態監視手法の有効性が既往の研究[1)2)]で示されている。本研究では、単線・線支承の橋梁橋脚の天端に常設した加速度計で健全度診断指標を用いた長期計測を行った。また、河川出水時における健全度診断指標の計測結果について述べる。

**２．長期計測の概要**　対象とした橋梁の側面図を**図１**に示す。対象橋梁は単線で、上部工が上路プレートガーダー、支承種別は線支承で、下部工は直接基礎形式の無筋壁式橋脚である。（P1～P3 は、シートパイル締切工による対策が行われている。）この橋梁の P2～P4 橋脚の天端に加速度計を常設し長期計測を行った。**図２**に加速度計の設置状況を示す。加速度計は、あと施工アンカーで橋脚天端に固定している。なお、加速度計は、計測データを付属のメモリーカードに保存し無線伝送も可能な記録計算ユニット、2 種類の MEMS 加速度センサ（SF600,ADXL335）を内蔵した加速度センサユニット、電源ユニットから構成されている。

計測期間は P3、P4 橋脚が 2015 年 7 月 15 日～12 月 24 日、P2 橋脚が 2015 年 7 月 15 日～9 月 2 日であり、常時微動（列車振動の影響が少ない午前 2 時から午前 5 時の間に 30 分間隔で 5 回、各 16 秒間サンプリング周波数 500Hz で計測し、パワースペクトル面積比の平均値を記録）と列車振動（午前 8 時から午前 9 時の間に 3 回、各 16 秒間サンプリング周波数 250Hz で計測し、列車通過時加速度振幅比の最大値を記録）の計測を行った。

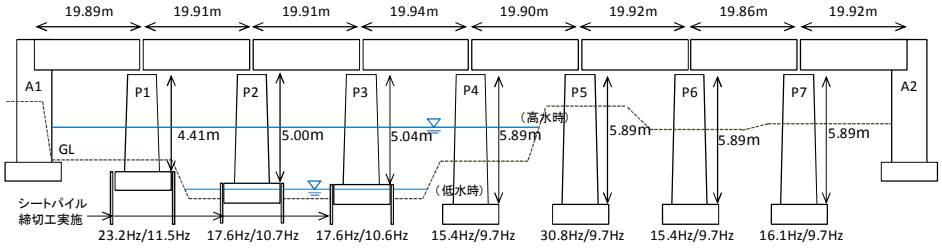


**図１　対象橋梁の側面図（橋脚下の数字は固有振動数の実測値／標準値）**

**図２　加速度計の設置状況**

**３．健全度診断指標**　パワースペクトル面積比 α の計算式を**式１**に示す。閾値は、$f_0$ を標準値の平均値である 10Hz、$f_1$ を実測値の最小値である 15Hz、$f_2$ を橋脚の固有振動数の範囲を考慮して 40Hz に設定した。

$$\text{パワースペクトル面積比}(\alpha)=\frac{f_0\sim f_2\text{までのパワースペクトル面積}}{f_0\sim f_1\text{までのパワースペクトル面積}} \qquad (1)$$

列車通過時加速度振幅比 β は、列車通過時の橋軸直角方向と鉛直方向の最大応答加速度振幅の比であり、これらの健全度指標は、既往の研究[1)3)]で固有振動数と相関を有する事が確認されている。

**４．長期計測結果**　P2～P4 橋脚の健全度診断指標の長期計測データを 5 点移動平均したものを**図３**に示す。P2～P4 橋脚は、**図１**に示す様に隣接しているが、P2、P3 橋脚ではシートパイル締切工による対策が行われている。また、P4 橋脚は、P2、P3 橋脚と比較して土被り厚が大きい。各橋脚の固有振動数は**図１**に示す関係

キーワード　長期計測、健全度診断指標、常時微動、列車振動、鉄道橋梁橋脚
連絡先　〒185-0023　東京都国分寺市光町 2-8-38　（公財）鉄道総合技術研究所　ＴＥＬ042-573-7261

（P2≒P3＞P4）を有しており、同様の傾向が**図３**の列車通過時加速度振幅比βでも長期的に計測できている。**図３**のパワースペクトル面積比αでも概ね同様の傾向が確認できるが、列車通過時加速度振幅比βと比較してばらつきが大きい。これは周辺の振動や流水力による変動、計測機の個体差、設置位置および状態の違いなどの影響によるものと考えられる。また、**図３**には対象橋梁近傍の計測期間中の河川水位と風速の5点移動平均データも示している。2015年9月10～11日にかけて当該橋梁付近では河川水位が5mまで上昇したが洗掘等による健全度の低下は確認されずパワースペクトル面積比αの低下も見られない。また、列車通過時加速度振幅比βは列車の運休によりデータが取得できていないが、運休前後の計測データはパワースペクトル面積比α同様大きな変化はない。一方、パワースペクトル面積比αにおいて河川水位の上昇前に指標が低下傾向を示している。これは、風速の上昇が影響したこと等が考えられるが、より詳細な分析を行う必要がある。

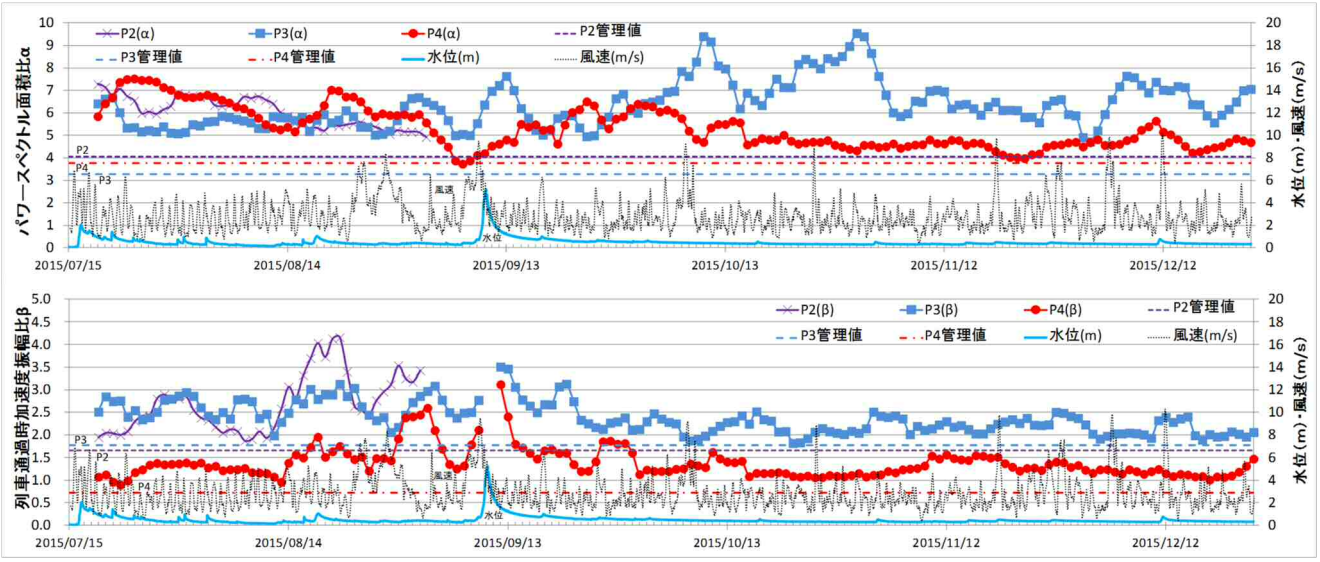


**図３　健全度診断指標の長期計測結果と河川水位・風速**

**５．長期計測結果を用いた管理値の設定**　本橋梁では**図４、５**に示す固有振動数と健全度診断指標の相関関係を事前計測で把握している。一方、健全度指標の管理値を設定する上では、長期計測結果のばらつきを考慮できる方法が望ましい。例えば、P2～P4橋脚の健全度に進行性の無い7月15日～8月14日の5点移動平均データの下限値を通り傾きが回帰直線（**図４、５**の事前計測）と同じ直線（**図４、５**のP2～P4）から固有振動数の健全度判定区分の判定ランクA、Bの境であるκ=0.85を目安として、**図１**に示す各橋脚の標準値に0.85を乗じた値に対応する健全度診断指標を求めて管理値を設定する事で、加速度計の設置位置や状態の違いによる影響等を考慮した管理値を設定する事ができる。**図３**の管理値は、**図４、５**に示すP2～P4の直線から設定したものである。

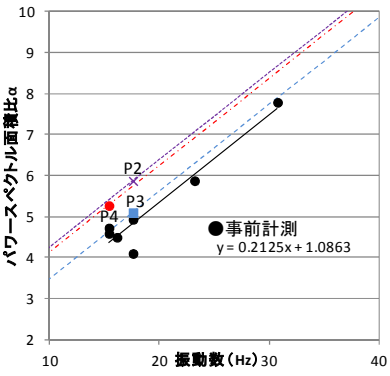


**図４　αと固有振動数の関係**

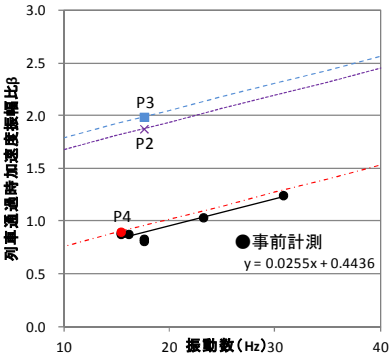


**図５　βと固有振動数の関係**

**６．まとめ**　単線・線支承の橋梁橋脚の天端に常設した加速度計で長期計測を行った。河川洪水時においても橋脚の健全度に変化が無い状況を健全度診断指標で評価できる事を確認した。

**謝辞**：本研究の一部は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。また、本研究を進める上で、東武鉄道株式会社様に大変お世話になりました。ここに、深甚たる謝意を表します。

**＜参考文献＞** 1) 阿部慶太ら:固有振動数と相関を有する健全度診断指標を用いた鉄道橋梁橋脚の健全度の状態監視手法,土木学会論文集 A1,Vol.72,No1,pp.21-40,2016. 2)名取努ら:模型実験および実フィールド計測による鉄道橋梁橋脚の状態監視手法に用いる健全度診断指標の適用性検討,鉄道工学シンポジウム論文集,Vol19,pp.37-44,2015. 3)谷賢俊ら:常時計測可能な指標を用いた単線橋梁橋脚の健全度診断手法,土木学会第70回年次学術講演会概要集,pp.271-272,2015.