

VI-179

ウェーブレット解析の橋りょう健全度診断への応用

西日本旅客鉄道(株) 三間谷将充 羽野 敦之 正 松下 英教
 鉄道総合技術研究所 正 芦谷 公稔 日本物理探鉱(株) 渡辺 文雄

1. はじめに

現在、JR西日本をはじめJR各社では、鉄道橋下部工の健全度診断として衝撃振動試験¹⁾を行っているが、従来の列車振動による検査に比べ、定量的かつ適正な検査方法として多くの実績を挙げている。しかし、実用面では、現場で健全度が即断できない、固有振動数の決定に熟練を要す等の課題もあり、現在これらの改善に取り組んでいる。その一つとして、我々は、非定常波形の解析として近年フーリエ解析に代わって注目されているウェーブレット解析²⁾の適用を検討しているが、興味深い結果が得られたので報告する。

2. 検査方法

衝撃振動波形の測定までは現行の試験と同様であり、橋脚上部を重錘もしくはカケヤで橋軸直角方向に打撃し、その時の橋脚天端の加速度応答波形を測定する。

解析は、振動波形 $X(t)$ を1msecでサンプリングし、パソコンにより以下の式で定義される連続ウェーブレット変換CWT(τ, a)を行う。

$$CWT(\tau, a) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int X(t) h\left(\frac{t-\tau}{a}\right) dt$$

$$h(t) = \exp(-t^2/2) - t^2 \exp(-t^2/2)$$

ここで、 $h(t)$ はアラインツォェブレット、 τ は振動継続時間、 a はスケールファクタと呼ばれ周波数に対応する。各スケールファクタに対応す

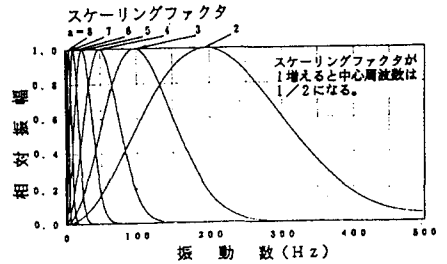


図1 アラインツォェブレットの周波数特性

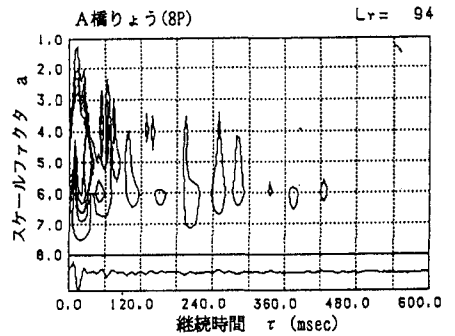
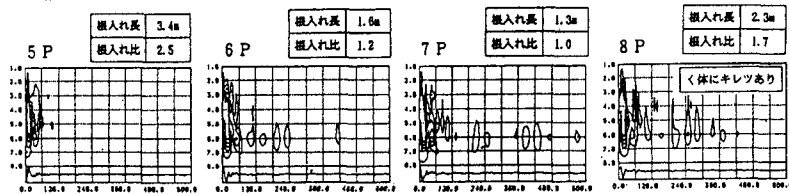


図2 スケーログラムの出力例

A橋りょう(単線, レンガ造, 直接基礎, 高さ4.5~6m)



B橋りょう(単線, コンクリート造, 杭基礎, 高さ8~10m)

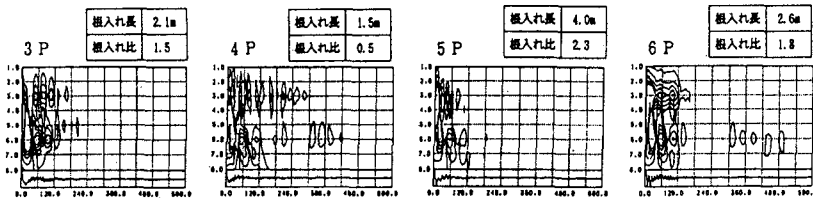


図3 ウェーブレット解析の適用例

る $h(t)$ の周波数特性を図1に示す。解析結果は、変換後の振幅分布を、継続時間(横軸)と周波数(縦軸)の平面内に等高線で表示する(これをスケログラムと呼ぶ)。これにより、振動波形の時々刻々の周波数特性が把握できる(図2参照)。なお、この図面までは、可搬型パソコンを用いることにより、現地で測定と同時に出力することができる。

3. 鉄道橋への適用例

図3は根入れ不足が懸念されている2橋りょうに対して適用した例である(打撃はカケヤ)。両橋りょうとも、各橋脚の根入れ長によってスケログラムのコンターのパターンが変化し、根入れの少ない橋脚ほど振動継続時間が長くなり、特に、低周波数側に顕著である。

図4は、環境整備事業に伴い河床低下工事が行われた橋りょうにおいて、基礎部掘削前後の衝撃振動データに適用した例である(打撃は重錘)。基礎部掘削後(根入れ不足の状態)のスケログラムは、掘削前(健全な状態)に比べて、振動継続時間が長く、また、全体に低周波数側に移行していることが分かる。

4. 健全度判定方法の検討

現段階では健全度判定方法を議論するほど検討データは多くないが、上記のように単にスケログラムの振動継続パターンを見るだけで、概略の健全度判定ができそうである。そこで、試みに、このパターンの数値化を検討した。上記の各スケログラムの右上に示した「Lr=」の値がそれで、仮に健全度指数と呼ぶ。この数値は、振動の継続時間(減衰過程)に着目したもので、数字が大きいくほど減衰が早く、上記の例から判断すれば橋脚基礎部が健全であることを示す。図5は、これまで検討した橋りょうに対して、健全度指数と橋脚根入れ比の関係を示したものであるが、一部の例外を除き、根入れ比が小さいほど健全度指数が小さくなっており、この指数によって基礎部の健全度を把握できる可能性を示している。

5. おわりに

ウェーブレット解析の橋りょう健全度診断への適用はまだ研究の緒についたばかりであるが、スケログラムの振動継続パターンを数値化することにより、現場で簡便に橋脚下部工の概略の診断ができそうである。今後は、検討データを蓄積し、健全度判定の方法を確立するとともに、現行の解析方法と相互補完を図って、構造物検査の効率化と適正化に寄与したいと考える。

(文献)

- 1) 西村, 棚村: 既設橋梁橋脚の健全度判定法に関する研究, 鉄道総研報告, 第3巻, 第8号, 1989
- 2) 渡辺, 鎌田, 岡野, 笠原: 連続ウェーブレット変換を用いた法面打音調査の基礎実験, 物理探査学会第86回学術講演会論文集, 1992

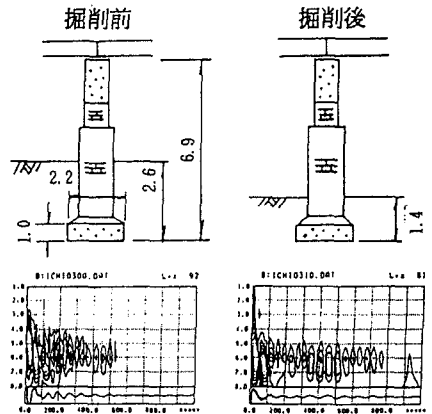


図4 基礎部掘削前後のスケログラムの比較

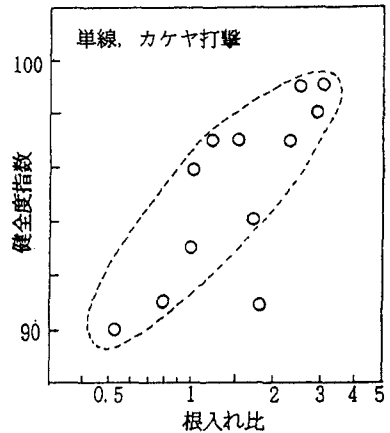


図5 橋脚根入れ比と健全度指数の相関