

神戸大学工学部 学生員 ○山本 和宏 阪急エンジニアリング(株) 正会員 庄 健介
 阪急エンジニアリング(株) 上野 勝大 神戸大学工学部 正会員 北村 泰寿

1. はじめに

既設高架橋の健全度を評価する指標として、固有振動数が用いられている。この固有振動数を推定する方法として、重錘打撃による高架橋の応答波形のフーリエ解析から固有振動数を求める方法が用いられている¹⁾。本報では、鉄道のラーメン高架橋で実施した振動試験による応答波形のフーリエ解析、ウェーブレット解析²⁾に加えて、固有振動解析から固有振動数を推定した。

2. 応答波形の測定

固有振動数を調べる最もよい方法は、高架橋天端に加振機を設置して強制振動試験を行うことである。しかし、この方法は時間と費用がかかるため、数多くの高架橋に適用するには実用的ではない。簡便な方法として、図-1 に示すように、ラーメン高架橋の天端を重錘で打撃し、高架橋の速度応答を測定する打撃振動試験が用いられている。本研究では、重錘打撃による振動（打撃振動応答）を測定するとともに、列車通過時の振動（定常振動応答）と、加振源を特定しない状態での微振動（常時微動応答）も併せて測定した。

3. スペクトル処理と固有振動解析

速度応答波形のフーリエ解析では、位相角が 180° となるピーク振動数を固有振動数として読み取る。一方、ウェーブレット関数は振動数のパラメータと時間のパラメータを含んでおり、時間領域で周波数特性の変化を観察することができる。したがって、卓越振動数の時間変化から、固有振動数の推定ができる。なお、本研究ではウェーブレット関数にモルレーの関数を用いている。

固有振動解析では、高架橋を平面ラーメンとして取り扱い、集中質量の多質点系にモデル化した。材料諸元は設計時の値を用いて計算した。

4. 結果と考察

ここでは紙面の都合上、天端の応答にのみ注目する。まず、打撃振動応答から得られた結果を図-2 に示す。同図は上から速度応答波形、フーリエ解析による振幅および位相特性、ウェーブレット解析による時間周波数特性を示したものである。フーリエ解析結果から、約 3.8Hz にピーク振動数が見られ、この振動数で位相角もほぼ 180° となっており、 3.8Hz が固有振動数であると推定される。ウェーブレット解析結果からも、卓越振動数は約 3.8Hz であることがわかる。一方、フーリエ解析結果において 8Hz と 14Hz 付近の振動数にピークが見られるが、ウェーブレット解析結果から時間の経過で直ちに減衰していることがわかる。このため、 8Hz と 14Hz の振動は、固有振動数とは特定しがたい。

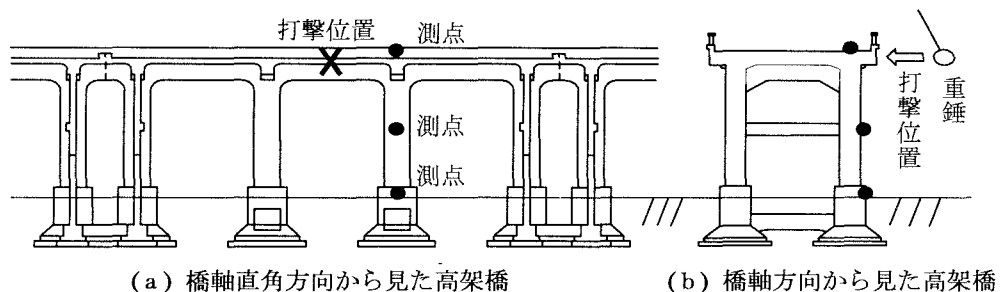


図-1 計測器の設置位置と打撃位置

つぎに、定常振動応答の結果を図-3に示す。フーリエ解析結果から複数のピーク振動数が確認できる。しかし、位相角が乱れているため、位相角を援用して固有振動数を推定することはできない。ウェーブレット解析結果にも複数の卓越振動数が認められる。応答波形において、約1秒以降に列車が測定を実施した高架橋に進入しているが、約1秒以降の継続する振動で卓越している約3.8Hzが固有振動数であると考えられる。

図-4は、常時微動応答の結果である。応答レベルが小さく、位相角の乱れもはげしいので約3.8Hzのピーク振動数を固有振動数としては特定しがたい。ウェーブレット解析結果でも、卓越振動数を特定し難いが、3.8Hz付近の卓越振動数がやや強調されていることがわかる。

フーリエ解析では、周波数特性が継続時間全域で平均化されるため、個々のピーク振動数が時間的にどのような状態にあるかの情報に欠ける。一方、ウェーブレット解析では、時間領域で周波数特性の変化を捉えることができるので、現象に対する十分な観察を援用すれば固有振動数を推定できる可能性を有している。

一方、固有振動解析から得られた固有振動数は2.6Hzであった。実測からの推定値より小さくなっており、今後は検討すべきことが多々あるように思われる。たとえば、立体ラーメンへのモデル化、基礎-地盤系のモデル化などである。

また、試験方法については、打撃振動応答から推定する方法が最も分かりやすい結果となっている。しかし、打撃振動試験を簡単に実施できない場合を考えて、常時微動応答から推定するなどの方策も検討しておかなければならない。

参考文献

- 1) 西村 昭彦：衝撃振動試験によるラーメン高架橋の健全度判定，日本鉄道施設協会誌，1991.2
- 2) 芦野 隆一，山本 鎮男：ウェーブレット解析，共立出版，1997.

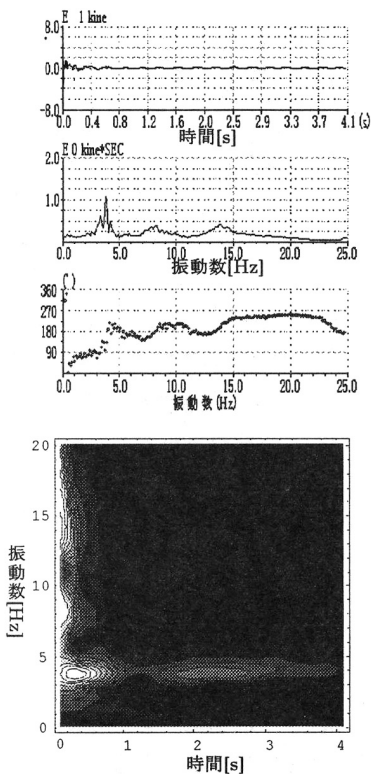


図-2 打撃振動応答の解析結果

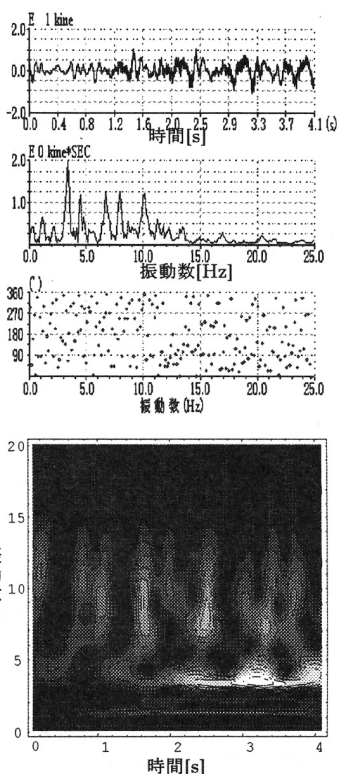


図-3 定常振動応答の解析結果

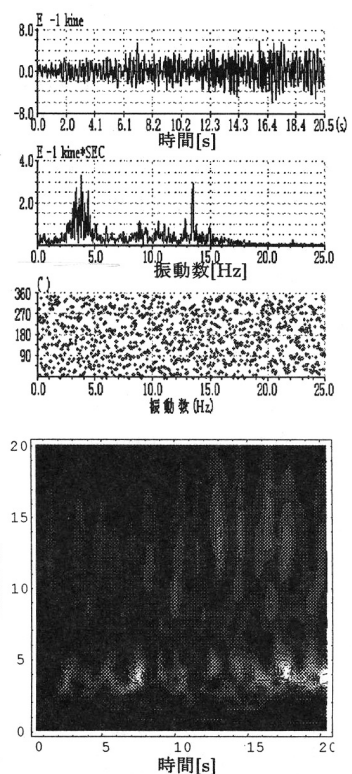


図-4 常時微動応答の解析結果