

U ドップラーを用いた高架橋固有振動数取得に関する一考察

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○福元 義幸

東海旅客鉄道株式会社 正会員 庄司 朋宏

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 上半 文昭

1. はじめに

東海道新幹線では、ラーメン高架橋の地震時における健全度評価のために、衝撃振動試験¹⁾による通常時の固有振動数取得を計画的に進めている。衝撃振動試験は、橋梁健全度診断測定器 IMPACT (以下、IMPACT) を用いて、高架橋上部の地覆部に重錘等による打撃を与え、高架橋に取付けた速度センサにより応答波形を収録し、フーリエ解析から固有振動数を特定する。しかし、作業環境によってはセンサの取り付けや打撃が困難なため、IMPACT では固有振動数を取得できない高架橋がある。また、自然災害など異常時には迅速に高架橋の健全度評価を行う必要がある。このような背景から、当社では非接触振動測定システム U ドップラー²⁾ (以下、「U ドップラー」) を用いた固有振動数の取得手法について取り組んできた³⁾。U ドップラーは、運動する物体にレーザー光を照射して、その反射光を受光し、レーザー光の周波数変化を利用して、対象物の運動速度を非接触で検出する計測装置である。今回、この U ドップラーを用いた高架橋固有振動数取得の実用化に向けた検討内容について報告する。

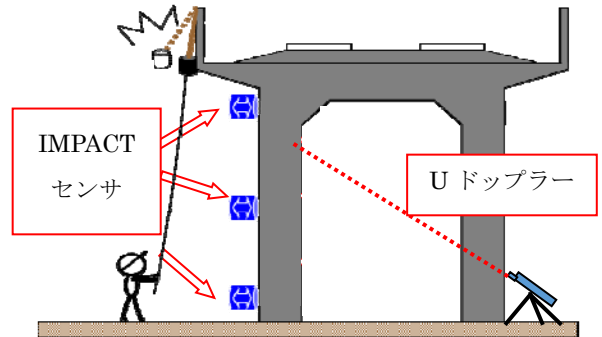


図-1 測定位置

2. 実用化に向けた検討

(1) U ドップラーの精度検証

東海道新幹線の高架橋 41 基において、衝撃振動試験及び常時微動測定を実施した。衝撃振動試験では、IMPACT と U ドップラーの両方で測定した。IMPACT センサは高架橋柱の上・中・下段に取り付け、U ドップラーの照射位置は IMPACT センサを取り付けた高架橋柱の上部とした。また、常時微動も同じ高架橋柱の上部の位置で測定した。測定位置を図-1 に示す。

「IMPACT と U ドップラーによる衝撃振動試験」では、まず位相を考慮せずフーリエスペクトルのピークから固有振動数を推定すると、相関は 0.83 であった。そのため、位相スペクトルを考慮して固有振動数を推定し直すと、相関は 0.95 まで向上した (図-2)。このことより、位相差スペクトルを固有振動数の重要な決定根拠とする必要がある。

次に、「IMPACT による衝撃振動試験」と「U ドップラーによる常時微動測定」で推定した固有振動数の相関は 0.81 であった (図-3)。図中の比較的相関が低いデータは、IMPACT による衝撃振動試験でも卓越周波数が複数あり、位相からの特定が難しかった高架橋のものである。衝撃振動試験で振幅スペクトルに明瞭な卓越ピークが表れた高架橋のみで比較したところ相関は 0.92 となった。

以上より、明瞭なピークが表れにくい高架橋への常時微動の適用方法の検討が今後の課題である。

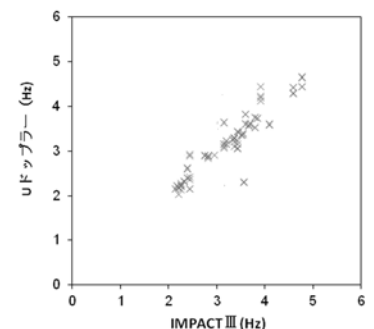


図-2 衝撃振動試験結果

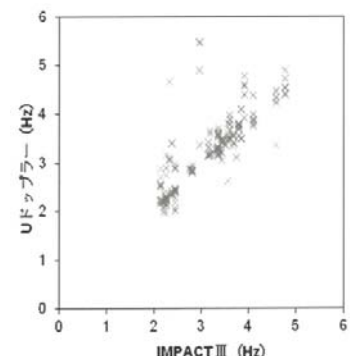


図-3 常時微動試験結果

キーワード ラーメン高架橋, 固有振動数, 非接触振動測定システム, 衝撃振動試験, 常時微動

連絡先 〒100-0005 東京都千代田区丸の内一丁目9番1号 東海旅客鉄道株式会社 TEL 03-5218-6274

(2) アプリケーション検討

IMPACTによる固有振動数は、測定波形を重ね合わせた応答波形のフーリエ解析から得られる振幅スペクトルと位相スペクトルより決定する(図-4)。特に、振幅スペクトルで卓越する周波数が複数ある場合には、位相差スペクトル値が固有振動数の重要な決定根拠となる。よって、衝撃振動試験用には、連続した応答波形から衝撃波形を切り出して重ね合わせる機能、重ね合わせた応答波形をフーリエ解析し、振幅スペクトルと位相差スペクトルを解析する機能を追加した。

常時微動解析では、フーリエスペクトルの時間変動を示す時間一周波数解析機能を加え、連続した応答波形(120sec)からノイズの影響が少ない応答波形区間を任意に3箇所切り出し、それらを重ね合わせた波形のフーリエ解析から振幅スペクトルを解析する機能をUドップラーのアプリケーションとして追加した。

3. 現地確認試験

東海道新幹線の1層2柱式3径間の複線ラーメン高架橋(延長24.0m, 高さ7.0m)にて、改良したUドップラーの確認試験を実施した。測定内容は、図-1と同じである。

改良したUドップラーによる衝撃振動試験解析結果を図-5に、常時微動解析結果を図-6に示す。衝撃振動試験では、振幅スペクトルの卓越周波数4.46Hzで位相 0° を表示しており、固有振動数の決定根拠として活用可能であると考えられる。また、常時微動測定においても、明瞭なピークが4.46Hzで確認できた。

4. まとめ

今回、Uドップラーを用いた衝撃振動試験及び常時微動による固有振動数の推定手法を確立するため、精度検証及び実用可能なアプリケーションの改良を実施した。今後は、改良したUドップラーを活用して衝撃振動試験と常時微動による固有振動数の全数取得を進めていく予定である。また、常時微動においては、交通振動などのノイズの影響が大きいと予想される高架橋での検証を引き続き行う計画である。

参考文献

- 1) 西村昭彦：ラーメン高架橋の健全度評価手法の研究，鉄道総研報告，Vol.3/No.9，1990.9
- 2) 上半文昭：構造物診断用非接触振動測定システム「Uドップラー」の開発，鉄道総研報告，Vol.21/No.12，pp.17-22，2007
- 3) 田中佑児，畑中達彦，上半文昭，箕浦慎太郎：非接触振動測定システムを活用した高架橋固有振動数の取得，土木学会第69回年次学術講演会



図-4 IMPACTシステムによる
衝撃振動試験解析結果例

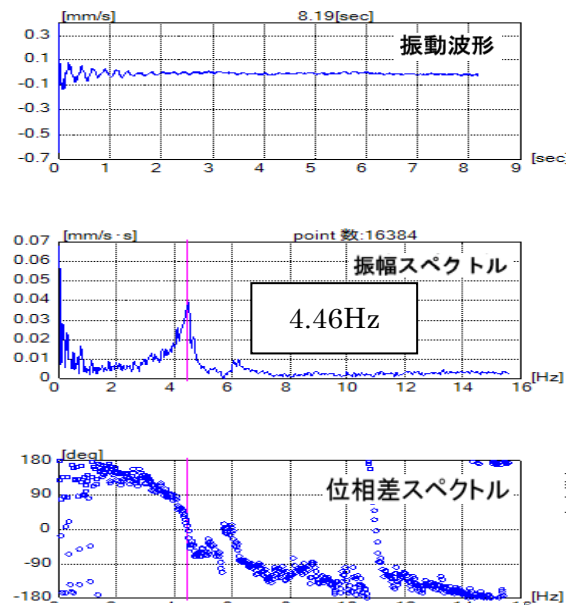


図-5 Uドップラーによる
衝撃振動試験解析結果例

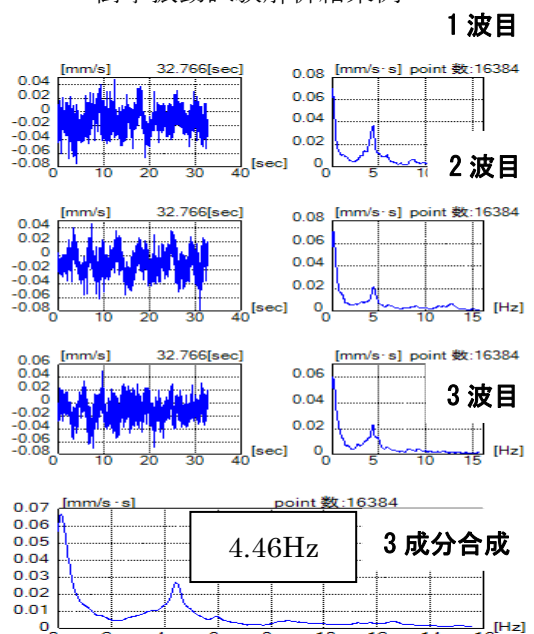


図-6 Uドップラーによる
常時微動解析結果例