

## 常時微動によるコンクリート構造物の地震時挙動の把握

(公財)鉄道総合技術研究所 (正) 伊藤賀章 (正)岩田直泰 山本俊六 (正)是永将宏 (正)野田俊太

### 1. 目的

大きな地震が発生した際、鉄道では地震計で計測された地震動指標値に基づき列車の運転規制判断を下している。通常、線路沿線には数十 km 間隔で地震計が配備されており、地震動の大きさによっては地震後に地震計間隔を基準とした定められた区間において線路設備の被害を目視確認する。運転再開までに要する時間の大部分がこの点検に費やされる時間であり、揺れの分布を精度よく求め、より効率的に巡回することが求められている。そこで本研究では、常時微動を基に地震計の間の揺れを把握することや被害推定の基礎データを収集することを目的として、線状のコンクリート構造物において自然地震観測ならびに常時微動測定を実施した。

### 2. 自然地震観測と常時微動測定

自然地震の観測は、(公財)鉄道総合技術研究所 宮崎リニア実験線(宮崎県都農町・日向市)で実施した。地震計は、桁式高架橋とラーメン高架橋の各構造物上と地盤上に計 4 台設置し、100Hz サンプリングで連続的に記録した。尚、地盤上に設置した地震計は、構造物の影響が抑えられるよう支間中央に設置し、構造物上の地震計は橋脚直上に設置した。分析に用いた地震は、2011 年 1 月から 2012 年 1 月までに発生した、主に日向灘を震源とする地震である。

常時微動測定は、地震計設置地点および線状に連続した地点の構造物上と地盤上にて行い、100Hz サンプリングで 60 秒間の測定を複数回実施した。線状微動測定は、各ラーメン高架橋(29 箇所)と桁式高架橋約 100m 間隔(58 箇所)の計 87 箇所において実施し、各測点における橋脚高さをレーザー測距器を用いて簡易的に実測した。フーリエスペクトルは、地震動ならびに常時微動とも時間領域のウィンドウで切り出した後、中心周波数の 20% 幅で平滑化し求めた。

### 3. 構造物上における H/V スペクトル<sup>(1)</sup>

図 1 と図 2 にラーメン高架橋の構造物上における地震動と常時微動の H/V スペクトルを示す。図中の太線は、解析に用いた全データの対数平均を示す。既往の研究において、地盤上の地震動と常時微動の H/V スペクトルの形状が類似する旨の報告があるが、これらの図から構造物上の地震動と常時微動の H/V スペクトルも同様な傾向にあることが確認できる。また 0.8Hz 付近と 4.0Hz 付近に凸部が現れているが、それぞれ地盤の増幅特性と構造物の増幅特性を示していると考えられる。したがって、構造物上の H/V スペクトルは、地盤と構造物の連成系の挙動を示しており、測定が簡易な常時微動を用いて地震時の連成系の挙動を推定できるものと考えられる。

### 4. 線状連続微動測定における卓越振幅比と卓越周波数

図 3 に線状連続微動測定の実施箇所の例を示す。宮崎リニア実験線の桁式高架橋とラーメン高架橋の上部構造の設計はほぼ同じであり、橋脚高さが異なっているが、構造物上 H/V スペクトルの卓越周波数ならびに卓越振幅比は測定位置により異なることが確認できた。

次に構造物上 H/V スペクトル(桁式高架橋)の卓越周波数について、図 4 に実測橋脚高さとの関係、図 5 に図面上の橋脚高さとの関係を示す。また、卓越振幅比について、実測橋脚高さとの関係を図 6 に、図面上の橋脚高さとの関係を図 7 に示す。図 4・図 5 より、橋脚の高さが高くなるに従い卓越周波数は低くなることが分かる。一方、

キーワード 常時微動, 地震動, H/V スペクトル

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 地震防災 TEL:042-573-7273

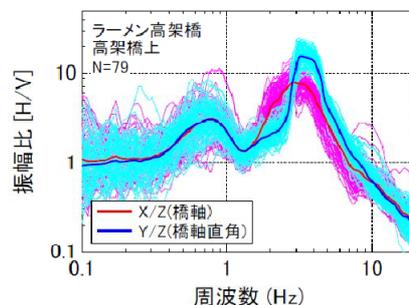


図 1 構造物上における地震動の H/V スペクトル

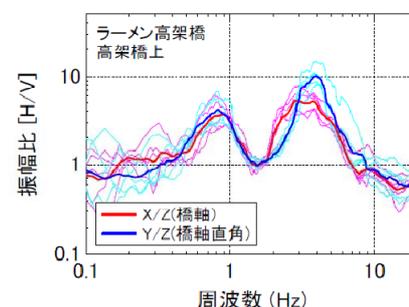


図 2 構造物上における常時微動の H/V スペクトル

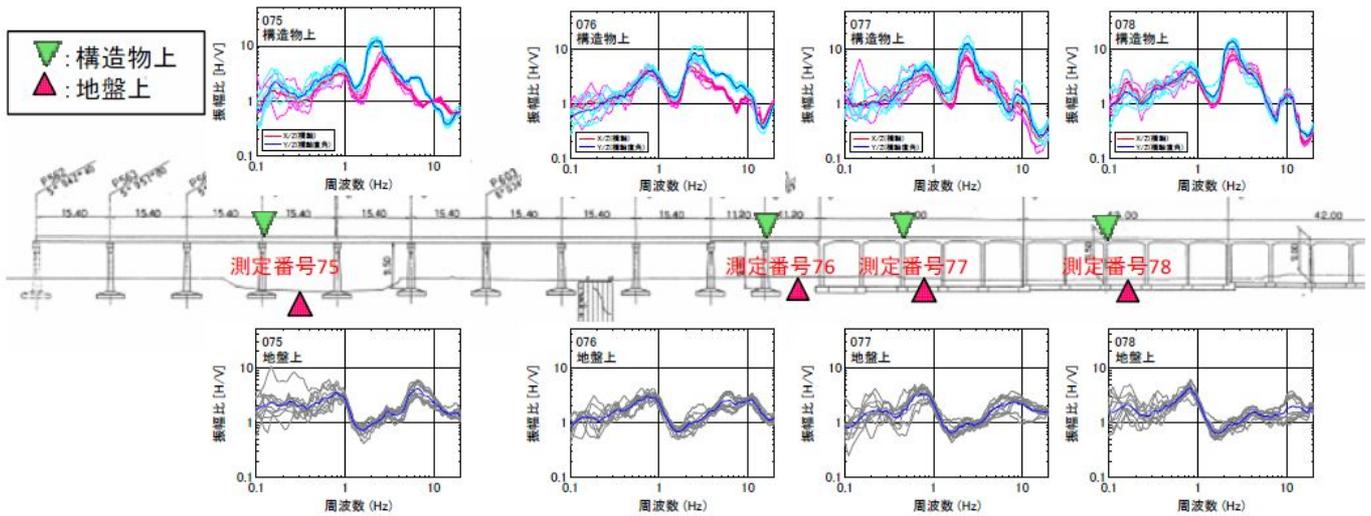


図3 線状連続微動測定の実施箇所の例

図6・図7よりバラつきは大きいものの橋脚高さが高くなるに従い卓越振幅比は大きくなり、地震動による構造物増幅は大きくなること分かる。また、これら図には線形回帰した場合の式と決定係数  $R^2$  を示すが、決定係数  $R^2$  の比較から、基準とする橋脚高さは、図面上の値よりも実測値を用いる方が相関性が高い。前述した様に、常時微動と地震動の震動特性は、構造物上において類似していることから、常時微動から抽出された卓越周波数や卓越振幅比と橋脚高さの関係は、地震動とのそれらの関係を概ね示していると考えられる。常時微動の解析結果に基づき、これらの関係を統計的な関係式で示すことにより、常時微動のデータがない箇所でも橋脚高さから地震時のコンクリート構造物の特性を概ね把握できると考えられる。その際、実測の橋脚高さに基づき関係式を構築した方が精度向上する可能性がある。

5. まとめ

本研究では、常時微動を用いた地震動の空間変化を把握することを最終目的として、線状構造物において自然地震観測ならびに常時微動測定を行った。その結果、常時微動および地震動による H/V スペクトルは、地盤上のものと同様に構造物上の H/V スペクトルも形状が類似し、かつ構造物上の H/V スペクトルは地盤と構造物の連成系の挙動を示していることを確認した。また線状に連続して行った常時微動測定から、橋脚高さや卓越周波数ならびに卓越振幅比の関係を確認できた。以上から、常時微動のデータのない箇所でも橋脚高さから地震時の構造物の特性を概ね把握できると考えられる。本研究は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

参考文献

1) 伊藤賀章, 岩田直泰, 山本俊六, 是永将宏, 野田俊太: 常時微動による地盤・構造物連成系の地震時挙動の把握, 日本地震工学会・大会-2011 梗概集, 128-129

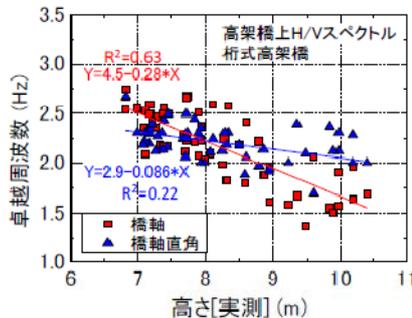


図4 卓越周波数と橋脚高さ(実測)

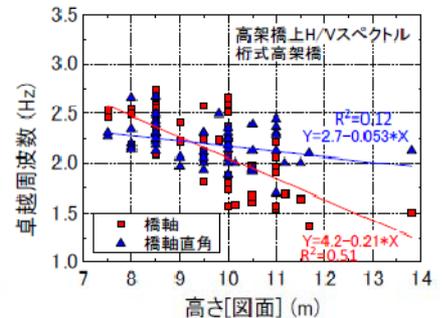


図5 卓越周波数と橋脚高さ(図面)

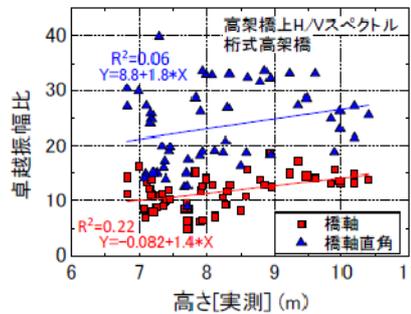


図6 卓越振幅比と橋脚高さ(実測)

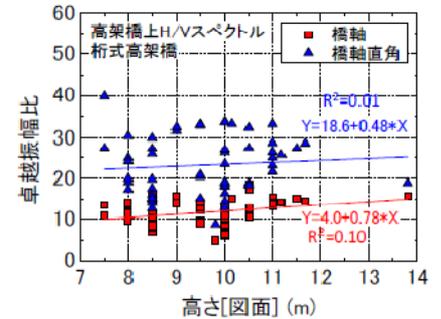


図7 卓越振幅比と橋脚高さ(図面)