

## 新幹線高架橋の軌道状態に関する構造物挙動からの一考察 (第一中里高架橋軌道状態に伴う構造物調査)

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○安部 明裕  
正会員 海保 大樹  
正会員 畑中 達彦

### 1. 調査概要

東海道新幹線 65k810m 付近第一中里高架橋において、バラストが流れる等軌道状態に変状が見られることがあるが、軌道に特殊要因が無い場合、それを支える土木構造物に着目し調査を行うこととした。第一中里高架橋は極軟弱地盤区間(N値<1)に位置し、スパン12.5mの単線鉄筋コンクリートT型桁を門型コンクリート構造の橋脚上に複線配置した構造で、嵩上げ防音壁の支柱と橋脚とが接続されている。過去の調査結果(H17年度)より、桁たわみ量、支点沈下量に異常は見られなかったため、列車通過時の構造物振動に焦点を絞り、当該箇所と類似箇所との比較検討を行った。



写真-1 第一中里高架橋

### 2. 調査項目

本調査では、①対象橋脚の衝撃振動試験、②当該箇所および類似箇所の列車通過時の振動比較、③当該箇所の列車速度別の振動測定を実施した。①では重錘を用いた衝撃振動試験を行い、橋脚の固有振動数を把握した。また、嵩上げ防音壁支柱の固有振動数も併せて把握した。②の列車振動測定は、列車通過時の桁上部、橋脚上部、地盤面の振動測定を行い、当該箇所と類似箇所を比較することで構造物上の問題点を抽出した。その後、③にて詳細な列車振動測定を実施し軌道状態変化の要因検討を行った。

### 3. 調査結果

図-1に衝撃振動試験の結果を示す。グラフは橋脚および支柱の周波数ごとのフーリエスペクトルを表したもので、橋脚の卓越振動数は2.44Hzおよび2.99Hz、防音壁支柱は2.50Hzとなった。両者の値はかなり近いことが分かる。橋脚と防音壁支柱は列車振動によって共振し、一体となって大きく振動する可能性があるといえる。また、位相差を考慮して固有振動数の判断を行うと、橋脚は2.99Hzと考えられる。グラフでは2.44Hzが大きく卓越しているが、これは支柱の影響を受けた可能性が高い。

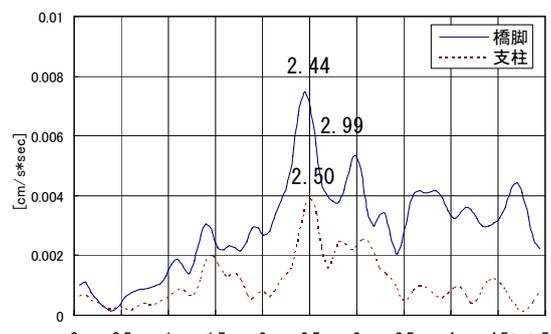


図-1 橋脚・支柱の衝撃振動試験結果

次に、橋脚上部振動測定波形のFFT結果を図-2に示す。これより、列車通過時はX(線路方向)、Y(線路直角方向)、Z方向(鉛直方向)ともに2.8Hz付近が卓越周波数となり、これは車両長25mに起因するものであることが分かった。衝撃振動試験結果より、橋脚および支柱の卓越振動数を列車通過時の加振振動数と考えると、列車速度は約220~270km/hに相当し、当該箇所を通過する速度に近い。このため、列車振動と橋脚振動は若干共振している可能性が考えられる。

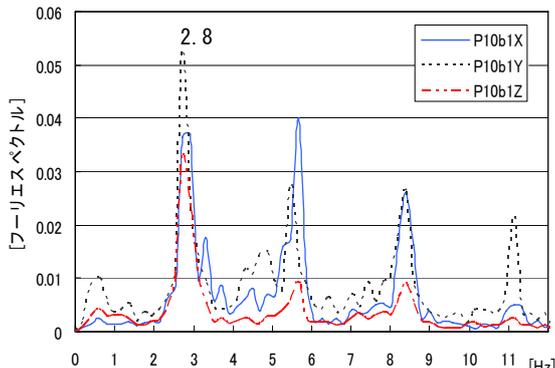


図-2 列車通過時のFFT波形

当該箇所と類似箇所の列車通過時比較を行った結果を図-3以降にまとめた。類似箇所は桁形式、橋脚形式が同一であ

キーワード：構造物振動 固有振動数 列車速度

連絡先 横浜市港北区篠原町 3219-1 東京新幹線構造物検査センター TEL:045-474-0167

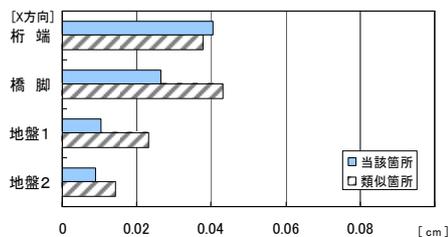


図-3 X方向変位量

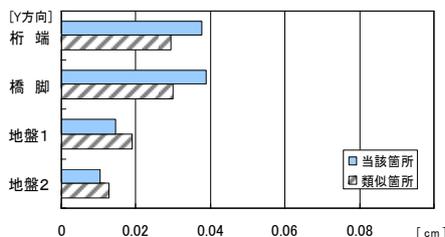


図-4 Y方向変位量

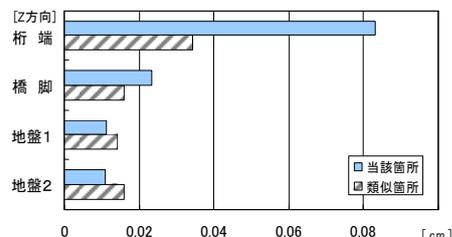


図-5 Z方向変位量

るが杭長は長く、嵩上げ防音壁が設置されていない第二中里高架橋を選定した。図-3~5は当該箇所と比較箇所の変位量を比べたもの、図-6が測定位置図を表す。なお、変位量は速度データを積分し算定した。

これより、当該箇所では地盤の動きが類似箇所比べて小さいにもかかわらず、桁端、橋脚でのY方向、Z方向の動きが逆に大きくなっていることが分かる。地盤の動きについては、当該箇所の杭長は8mであるが、比較箇所は25mと長いことから地盤の状態が悪く、地盤表面の動きが大きいためと推定される。一方、桁や橋脚の動きは、類似箇所よりも地盤状態が良好と考えられる当該箇所が大きくなっている。類似箇所の固有振動数は3.3Hz以上であるのに対し、列車通過時の加振振動数と橋脚・支柱の卓越振動数が近い当該箇所は、若干の共振現象の発生があるためと考えられる。

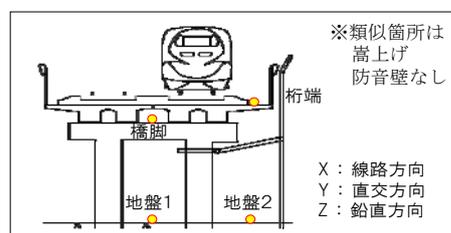


図-6 測定位置図

以上より、①橋脚・支柱の卓越振動数と列車通過時の加振振動数が近いこと、②嵩上げ防音壁が支柱と接続されていることが要因であると推定されたため、列車速度の違いによる橋脚、桁および支柱の挙動を比較することとした。図-7に示すとおり橋脚と桁、支柱の3箇所でのY方向振動を測定し、各点の応答加速度と加振周波数の関係を求め、図-1に示した橋脚の衝撃振動試験結果を曲線にし重ねたものを図-8に示す。同図から支柱の変化に着目すると共振周波数である2.44Hzに近づくほど加速度値は大きくなり、高い周波数でも増加傾向が見られる。橋脚および桁は、共振周波数である2.99Hzに近づくると応答加速度が大きくなるが、支柱の応答が大きくなった2.53Hz付近では変化が見られなかった。ただし、支柱の共振周波数付近で列車が走行すれば、支柱と共振することも考えられる。これらより、橋脚は3Hz付近の加振振動数に対して共振が発生すること、支柱は2.6Hz以下および3Hz付近で応答が大きくなることが確認できた。

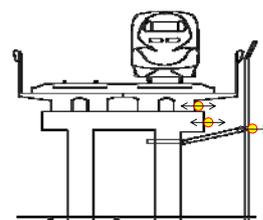


図-7 測定位置図

最後に、固有振動数を高め、現在共振していると思われる3Hz付近の応答を低くする検討を行った。橋脚の固有振動数標準算定式※より、現在のバラスト厚を半分程度にし、桁上重量を軽減することで0.1Hz程度の固有振動数増加が見込める試算となった。これにより、現在応答値が大きい2.9Hz~3.0Hz付近の振動を抑えることができる可能性がある。また、橋脚を25cm程度拡幅することでも0.2Hz程度の増加が予想され、軌道状態変化の主要因が共振であれば、対策の足掛かりとなるものと考えられる。

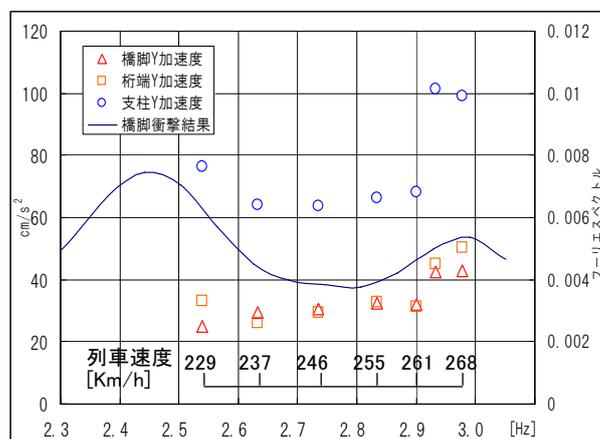


図-8 列車速度(加振振動数)と応答加速度振幅

最後に、固有振動数を高め、現在共振していると思われる3Hz付近の応答を低くする検討を行った。橋脚の固有振動数標準算定式※より、現在のバラスト厚を半分程度にし、桁上重量を軽減することで0.1Hz程度の固有振動数増加が見込める試算となった。これにより、現在応答値が大きい2.9Hz~3.0Hz付近の振動を抑えることができる可能性がある。また、橋脚を25cm程度拡幅することでも0.2Hz程度の増加が予想され、軌道状態変化の主要因が共振であれば、対策の足掛かりとなるものと考えられる。

#### 4. まとめ

- ・ 橋脚の固有振動数と当該箇所通過列車の加振振動数が近く、共振している可能性が高い。
- ・ 嵩上げ防音壁支柱の固有振動数と橋脚の卓越振動数が近いこと、支柱の振動が構造物に影響を与えている可能性がある。
- ・ 桁上重量の減少、橋脚の補強等により、固有振動数を高めることで共振を避けられる可能性がある。