

# (102) 常時微動を用いた新幹線の高架橋の地震動特性の推定

(財) 鉄道総合技術研究所

中村 豊

(財) 鉄道総合技術研究所

中嶋 繁

## 1. はじめに

地震防災対策を策定する上で、被害想定は基本的な資料となる。被害想定を的確に行うためには、想定する地震の破壊力を見積る必要があり、地震入力を精度よく推定することの他に、対象構造物の地震応答特性を的確に把握することが重要となる。こうした観点から、首都圏JR沿線の地盤および構造物について、その地震動応答特性を詳細に把握するための調査を行っている。これは、運輸省の助成研究の一環として行われているもので、線路沿線の地盤と構造物の常時微動を100m間隔で測定している。ここでは、地盤表面と新幹線高架橋上での常時微動の同時測定結果を用いて推定した高架橋の地震動伝達特性について検討を加えるとともに、東海道新幹線と上越新幹線の比較、さらに在来線である中央線との比較を行う。

## 2. 各線の構造物分類と高架橋の高さ

ここでは、東海道新幹線（東京－小田原間45km）、上越新幹線（大宮－熊谷間29km）および中央線（東京－大月89km）の高架橋について検討する。図1は各線の構造物分類を示したものである。各線多少のトンネル区間があるが、測定地点の構造物種別に従って分類しているため、この図にはトンネルは含まれていない。これによると、東海道新幹線では測定区間の33%が高架橋であり、上越新幹線では測定区間の54%が高架橋であることがわかる。また、中央線は測定区間の11%が高架橋となっている。以下の検討では、高架橋の上と地表面での常時微動データが欠測なくすべて揃っているものを用いた。使用したデータ件数は、東海道新幹線159件、上越新幹線117件および中央線43件である。

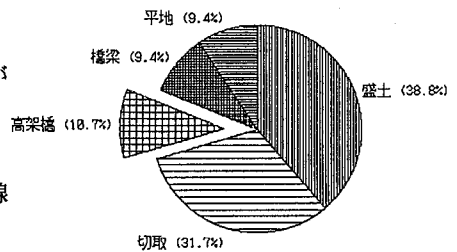
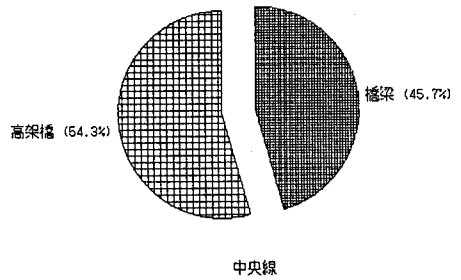
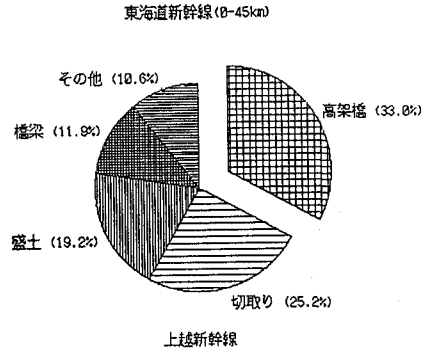


図1 構造物分類 (除トンネル)

図2は高架橋の高さの頻度分布を各線区毎に比較したもの

である。東海道新幹線を見ると、高さ7m～8mが一番多く、大部分のものが5m～10mに分布している。また、上越新幹線では高さ9mのものが多く、7m～12mのものが大部分である。なお、中央線の高架橋は高さ5m～7mに分布しており、新幹線に比べて低くなっている。

## 3. 高架橋基礎地盤の地震応答特性

図3は、高架橋の基礎地盤の推定卓越振動数と増幅倍率の頻度曲線を示したものである。参考のために各線毎の全地盤測点についての頻度曲線も示している。これによると、いずれの線においても高架橋の基礎地盤は、全測定区間に比較して卓越振動数が低く、増幅倍率が大きいことがわかる。これは高架橋区間の地盤が比較的軟弱であることを示しているものと考えられる。

それぞれの中央値は、東海道新幹線が1.7Hz、4.1倍、上越新幹線が2.6Hz、3.7倍、中央線が3.3Hz、4.1倍となっている。便宜上各路線の地盤を、卓越振動数に対して中央値より高い地盤をF<sub>H</sub>、低い地盤をF<sub>L</sub>として区分し、増幅率に対しては中央値より小さい地盤をA<sub>L</sub>、大きい地盤をA<sub>H</sub>と区分する。これら4区分のうち卓越振動数が高く増幅倍率が低い地盤をG<sub>H</sub>、卓越振動数が低く増幅倍率が高い地盤をG<sub>S</sub>とした。G<sub>H</sub>は相対的に硬い地盤のグループ、G<sub>S</sub>は相対的に軟らかい地盤のグループを形成していると考えられる。

#### 4. 高架橋の地震応答特性

##### (1) 地震動と常時微動による地震応答特性推定結果の比較

東海道新幹線の網島高架橋での地震観測データと常時微動測定結果を用いて、地震動による応答特性と常時微動による応答特性を比較する。網島高架橋付近は主として、沖積粘土層からなる厚さ35mの表層地盤があり、高架橋の基礎杭はその下の固結シルト層に達している。地震計は、固結シルト層に5m入った地下約40mのところ(B)、地表面下1mのところ(S)および高架橋のスラブ中央下面(BL)に設置されている。

図4は、高架橋の線路直交方向(HT)の地震応答特性を、1988年3月18日の東京都東部の地震データのスペクトル比BL/Sで推定したものと、付近で測定した常時微動のスペクトル比BL/Sで推定したものとを比較したものである。両者はよい一致を示している。常時微動は高架橋の端にある保守用通路と地表面を同時に測定したものである。保守用通路は地震観測点よりも高い位置にあり、常時微動による震動増幅倍率の方が大きめになっているのはこのためであろう。

##### (2) 高架橋の卓越振動数と増幅倍率

図5は高架橋の卓越振動数と増幅倍率の頻度分布を示したものである。卓越振動数は、東海道新幹線では2.5Hzをピークにして2Hz~4Hzに分布し、上越新幹線では3.5Hzをピークにして2.5Hz~5Hzに分布している。また、中央線については、3Hz~4Hzおよび5Hzにデータが分布している。つまり、東海道新幹線の高架橋が一番“軟らかい”ものと推定される。増幅倍率は、東海道新幹線では4倍~10倍に分布し、4倍と10倍にピーク

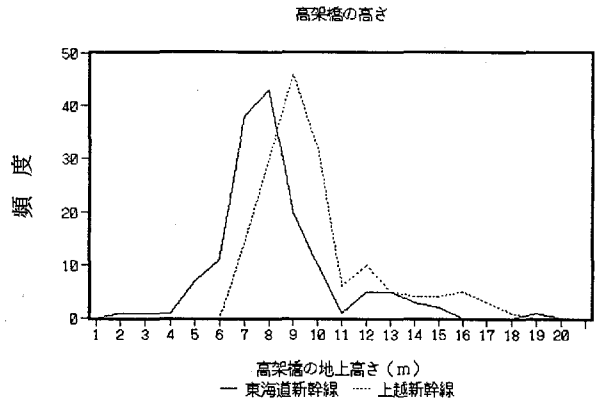


図2 高さ分布 (m)

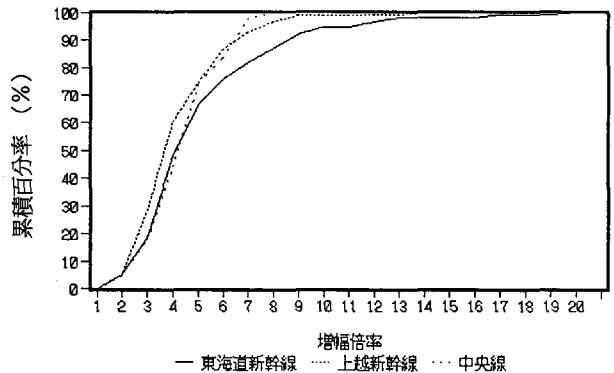
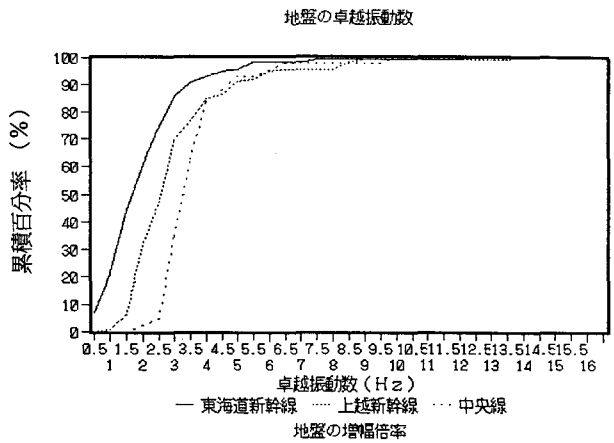


図3 基礎地盤の卓越振動数と増幅倍率 (高架橋)

が認められる。また、上越新幹線では3倍～10倍に分布し、5倍と10倍にピークがある。中央線は2倍～3倍にピークがある。これらから、 $h=1/(2A)$ 、 $A$ :増幅倍率、 $h$ :見かけの減衰定数、を用いて見かけの減衰定数を推定すると、東海道新幹線は5%～12.5%、上越新幹線は5%～16.7%、中央線は16.7%～25%となる。コンクリート構造物の減衰定数は5%程度といわれているので、地盤と構造物の相互作用に基づくエネルギーの逸散減衰が大きいことがうかがわれる。特に中央線は増幅倍率が小さく、剛体的な動きをしているものと推定されるが、これには中央線の高架が複雑線区間であることの影響も考えられる。

### (3) 高架橋と基礎地盤の地震応答特性の関係

図6は高架橋の卓越振動数や増幅倍率と高架橋の高さの関係を、東海道新幹線と上越新幹線について見たものである。このとき、基礎地盤を $G_H$ と $G_S$ に分けて示した。これによると、東海道新幹線の場合、卓越振動数は、高さ8mくらいまでは高さとともに減少する傾向が認められるが、地盤の硬軟にはあまり関係していないことがわかる。しかし、増幅倍率は $G_H$ の方が大きいものが多い傾向が認められる。上越新幹線を見ると、東海道新幹線と同様に高さ8mくらいまで高さとともに卓越振動数が低下している。高さ10m程度までは地盤の硬軟に関係していないことがわかるが、12mを超えると $G_H$ 地盤上にある高架橋の方が卓越振動数が高くなる傾向が認められる。また、その増幅倍率は高さ12mくらいまでは、 $G_S$ 地盤上の高架橋の方が大きな増幅倍率になることが多い。しかし、高さ12mを超えれば、 $G_S$ 地盤上の高架橋は少なくなり、 $G_H$ 地盤上の高架橋の増幅倍率が次第に大きくなる傾向が認められる。

以上から、高架橋の卓越振動数は概ね地盤の硬軟には関係しないことがわかる。増幅倍率については硬い地盤上の高架橋の方が大きくなる傾向（東海道新幹線）とその逆の傾向（上越新幹線）が認められる。これについてはさらに詳細な検討が必要である。

### 5. おわりに

以上、常時微動計測に基づいて高架橋の地震動応答特性について検討した。今後、さらにデータを蓄積して検討を続けるとともに、推定された卓越振動数や増幅倍率（地盤のものも含めて）などを基に高架橋や地盤の諸物性値を推定する方法について検討を進めて行きたい。

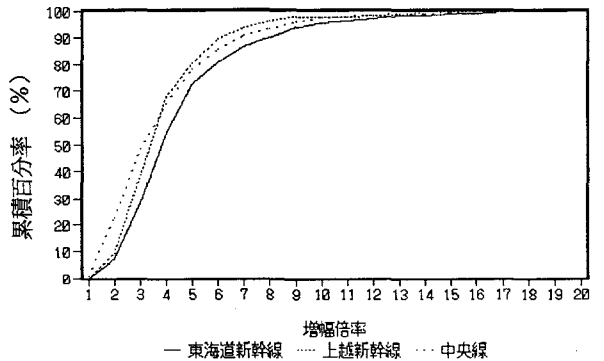
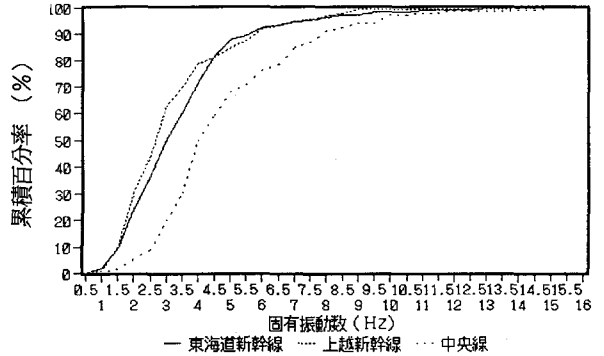


図3 地盤の卓越振動数と増幅倍率（全区間）

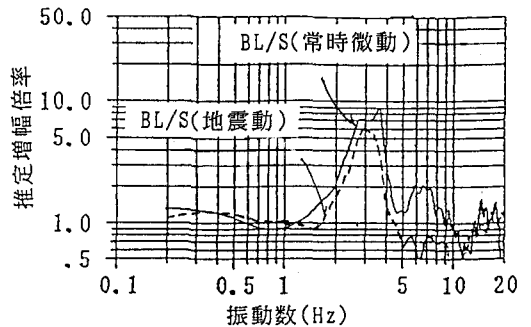
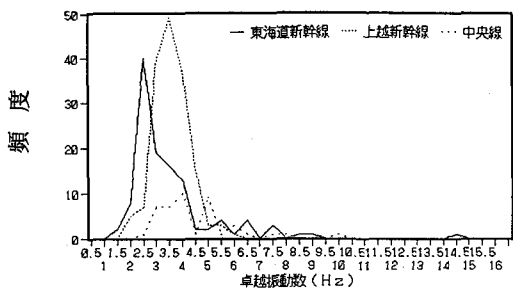
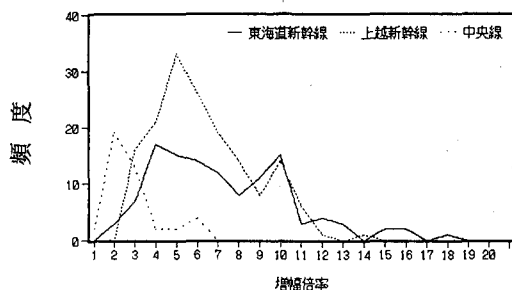


図4 高架橋の推定伝達関数

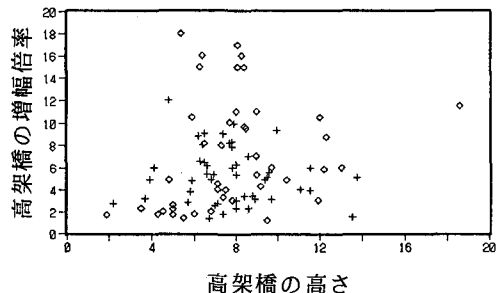
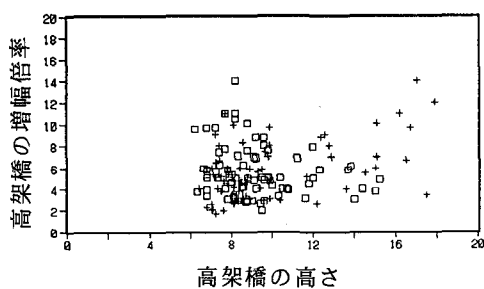
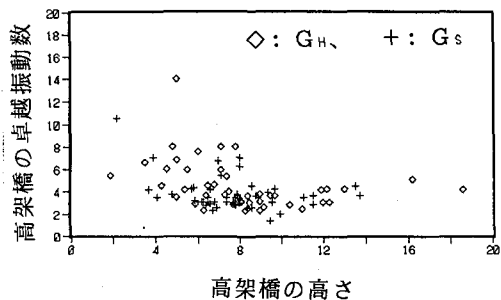
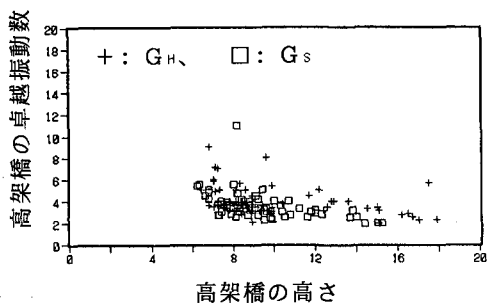


(a) 卓越振動数



(b) 増幅倍率

図5 卓越振動数と増幅倍率の頻度分布



(a) 上越新幹線

(b) 東海道新幹線

図6 高架橋の振動特性と高さの関係

謝辞：測定の便宜を図って頂いているJR東日本とJR東海の関係者ならびに測定・解析に協力して頂いている(株)福山コンサルタントの渡辺保宣氏と中野 聰氏に謝意を表します。

文献：1) 中村「常時微動計測に基づく表層地盤の地震動特性の推定」鉄道総研報告Vol.2, No.4, 1988.4  
 2) 中村「総合地震防災システムのための常時微動を用いた鉄道沿線地盤および構造物の震動特性調査」土木学会第43回年次学術講演概要集I-468, 1988.10