

高架橋近傍地盤上の鉄道振動分布

鉄道総研 正会員 ○横山 秀史
 鉄道総研 正会員 権藤 徹

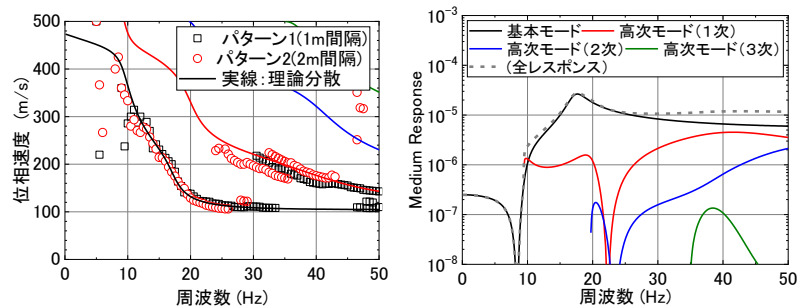
1. はじめに

列車走行に伴う沿線の地盤振動（鉄道振動）は、列車荷重が軌道・構造物を経て地盤に入力されることで生じる。地盤への入力位置となる高架橋の基礎周辺では、地中にある基礎構造物などの影響により周辺の自由地盤とは振動の伝播や分布の性状が異なると考えられる。鉄道構造物の近傍地盤における振動分布性状を把握するため、新幹線の高架橋近傍に振動計を稠密に配置した測定が行われた事例が報告¹⁾されているが、これらの事例は測定時期が古く詳細な再分析は困難であるため、新たに稠密測定を行うこととした。

地盤振動測定には振動レベル計や地震計が多く用いられるが、多数のセンサーを同期させた多点同時の稠密測定に使用するには、センサーの設置や配線が煩雑である。表面波探査などに用いる地震探査装置は、測定可能な振動の大きさに制約はあるが、稠密測定に必要な多点同時測定が容易という利点がある。そこで、地震探査装置を用いた高架橋近傍での地盤振動稠密測定を試行したので結果を報告する。

2. 測定箇所の地盤条件

地盤振動の伝播には地盤の速度構造など地盤条件が大きく影響する。地盤条件を把握するため、掛矢起振による表面波探査を行った。探査には地震探査装置 Geode (Geometric 社) と鉛直用速度センサー GS-11D (Geospace 社、固有振動数 4.5Hz、350Ω)) を使用し、2kHz サンプリングで収録した。測定は 24 個のセンサーをセンサー間



(a)FK スペクトル解析結果

(b)Medium Response

図 1 表面波探査結果

隔 2m と 1m に配置した 2 パターンを行った。起振位置から最近センサーまでの距離はともに 2m とした。BFM で求めた FK スペクトル解析結果を、推定した地盤構造の理論分散曲線および Medium Response とあわせて図 1 に示す。理論分散等の計算には久田²⁾による公開プログラムを用いた。図 1 より、測定箇所付近の地盤において振動が伝播しやすい周波数帯域は、Medium Response のピークがある 18Hz 付近と考えられる。

3. 地震探査装置を用いた高架橋近傍での地盤振動稠密測定

3.1 測定概要

高架橋近傍地盤での稠密測定には、表面波探査と同じ地震探査装置およびセンサーを使用した。測定は 13 個のセンサーを高架橋柱直近から 6m の範囲に、0.5m 間隔で線路直交方向に配置し、列車ごとに 8 秒間収録した。センサー配置を前章の地盤構造推定結果とあわせて図 2 に示す。なお、測定時には線路方向にも 11 個のセンサーを用いた測線を設定し、線路直交測線との同期測定を試みたが、測定レンジを超過した測点が多かったため、本報では線路直交方向測線のみを検討対象とした。

3.2 高架橋近傍地盤の鉄道振動波形

図 3 に測線側の列車通過時の鉄道振動波形の例を示す。この図より、高架橋に近い 4 点では振動がほぼ同時に到達していることや、遠方では

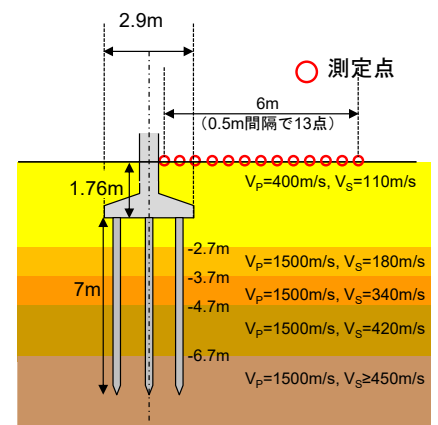


図 2 センサー配置および地盤構造推定結果

キーワード 鉄道振動、高架橋、基礎、地盤振動分布

連絡先 〒185-8540 東京都分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7265

距離が離れるとともに到達時刻が遅くなっていることがわかる。なお、今回測定に用いた地震探査装置は微小振動測定用に感度が高く設定されており、鉄道振動の測定時には一部のピークで測定レンジ超過(図3中に赤丸で表示)がみられた。

3.3 周波数別の振動分布

周波数による振動分布の違いを検討するため、周波数ごとの各点の振幅波形を図4に示す。分析には $\sigma = 8$ のGabor Wavelet型フィルターを用いた。図4では柱直近測定点の最大振幅で正規化した振幅を示した。周波数により異なるが、今回の測定箇所では柱直近から2.5~3m程度までと以遠で振幅分布の傾向に差がみられた。

周波数別にみると、6Hz以下の低周波数帯域では、フーティング端から0.5~1m程度離れると振幅が急激に小さくなり、3.5~4m付近より遠方では振幅変化が小さいという傾向がみられた。類似の事象は従来よりしばしば報告³⁾されており、地盤での距離減衰のほか、高架橋の基礎から地盤への振動の入力損失の影響が考えられる。また、12Hz以上の帯域では距離による振幅変化が比較的小さいことや、柱直近よりも、やや離れた2.5~3m付近の方が振幅が大きいなどの特徴がみられた。

なお、今回用いたフィルターの係数列は分析周期の概ね ± 3 倍で重み为中心の約0.5%となる。例えば3Hzの出力波形の場合、レンジ超過時刻の前後1秒程度の波形はレンジ超過の影響を受けている点に留意が必要である。

4. まとめ

鉄道構造物の近傍地盤における振動分布性状を把握するため、高架橋区間において地震探査装置を用いた鉄道振動の稠密測定を試行した。装置の性能上、レンジ超過を生じた測点の一部にあったが、今回の測定で、高架橋の基礎近傍の地盤振動分布の基礎的な特徴を把握できた。

本報では主に振幅に着目した。引き続き、位相特性も含めた詳細検討を行う予定である。

謝辞 現地測定にあたっては鉄道事業者をはじめ関係各位に多大なご協力をいただきました。また、理論分散等の計算には工学院大学久田嘉章教授の公開プログラムを使用しました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 三塚ら：新幹線の高架橋近傍における地盤振動の波動特性、物理探査学会第91回学術講演会論文集、pp. 252-256、1994
- 2) 久田：成層地盤における正規モード解及びグリーン関数の効率的な計算法、日本建築学会構造系論文集、No. 501、pp. 19-56、1997
- 3) 横山ら：鉄道沿線地盤振動の水平動および鉛直動の伝播特性、鉄道総研報告、Vol. 25、No. 11、pp. 35-40、2011

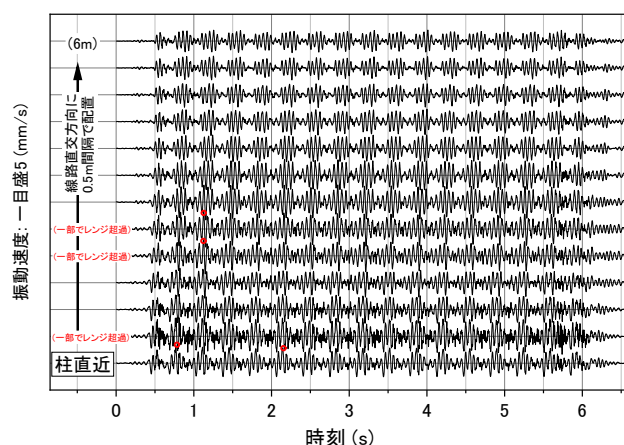


図3 高架橋近傍地盤の鉄道振動波形

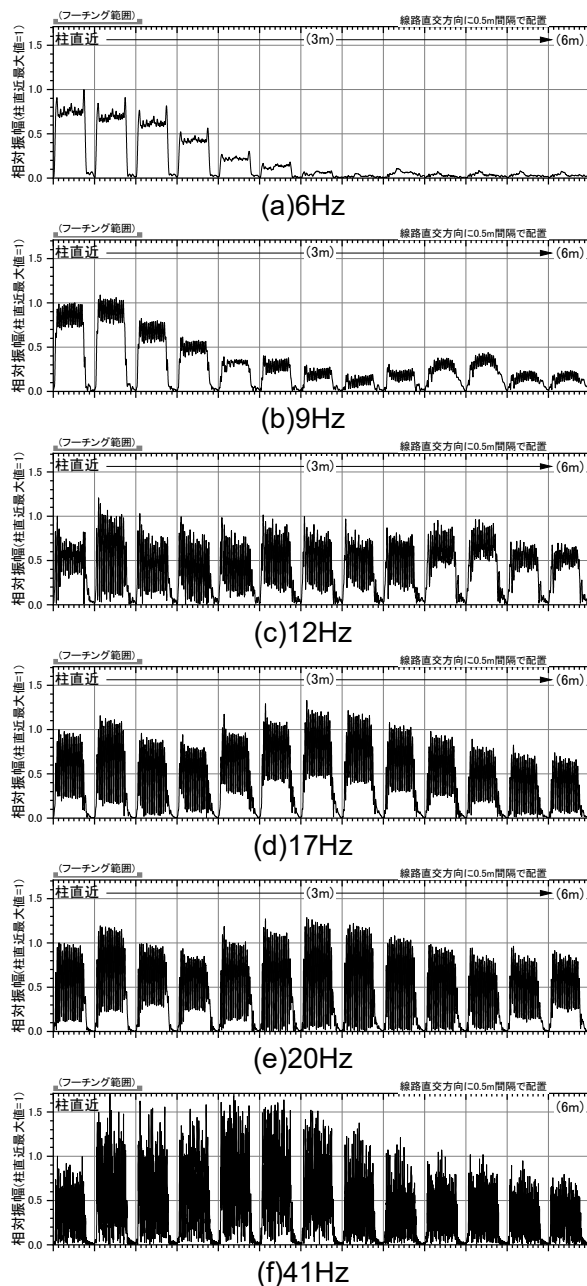


図4 周波数ごとの振動波形分布
※各点の時系列波形を並べて表示した