

軟弱地盤におけるラーメン高架橋に対するシートパイル補強による地盤振動低減効果の検討

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○権藤 徹

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 横山 秀史

1. はじめに

新幹線の更なる高速化を検討する際、沿線地盤振動の増加が問題となる可能性がある。過去にラーメン高架橋区間において行われた速度向上試験結果のうち、列車速度 250 km/h と 360 km/h における、高架橋から 5 m と 10 m 離れた地盤上の 1/3 オクターブバンドスペクトルを図 1 に示す¹⁾。文献 1 では、列車速度 300 km/h 以上において 4 Hz 前後の地盤振動が急激に増加する現象を報告している。

この現象の要因として考えられるのが、この区間における軟弱地盤である。地盤の S 波速度構造を図 2 に示す。図 2 より、深さ 25 m 程度まで S 波速度 110 m/s の層があり、この区間が非常に軟弱な地盤であることが分かる。

したがって本研究では、列車速度 300 km/h 以上において 4 Hz 前後の地盤振動が急激に増加する現象と軟弱地盤の関係および耐震工法の一つであるシートパイル補強による振動低減効果について数値解析を用いた検討を行ったので報告する。

2. 軟弱地盤の影響

軟弱地盤の影響を検討するため、基礎の支持力を付加した高架橋と走行列車の相互作用を考慮した移動加振解析を行った。解析には車両走行振動解析プログラム DALIA ((株) 構造計画研究所) を用いた。鉛直方向のみを対象とするため、線路直交方向の応答を考慮しない 2 次元モデルを作成した。移動加振解析モデルを図 3 に示す。車両は標準的な新幹線車両とし、プログラムの制約上 8 両編成とした。また、軌道はスラブ軌道とした。列車速度は 250 km/h, 320 km/h, 360 km/h を想定した。

杭基礎の支持力条件は以下に示す 2 つのパターンで実施した。パターン(i)は軟弱地盤を想定して杭基礎の鉛直支持を小さく設定した。パターン(ii)はパターン(i)における杭先端の鉛直支持を 100 倍、杭側面の鉛直せん断支持を 2 倍にして杭基礎の鉛直支持を大きく設定した。

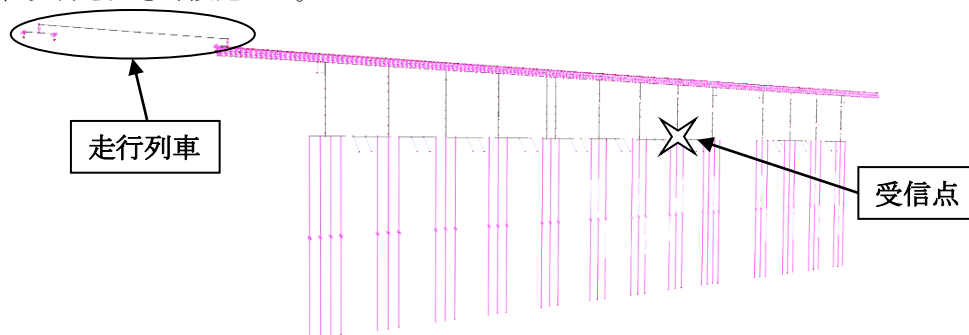


図 3 解析モデル (移動加振解析)

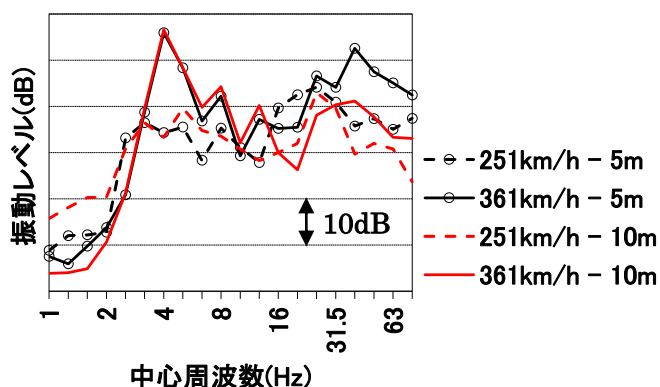


図 1 地盤振動の周波数解析¹⁾

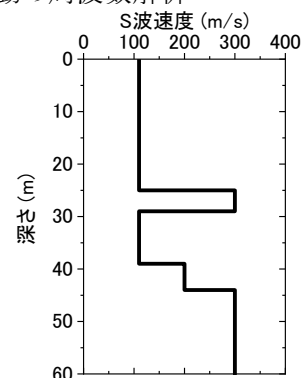


図 2 地盤 S 波速度構造

キーワード 地盤振動、ラーメン高架橋、速度向上、数値解析、シートパイル

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 防災技術研究部 地質 TEL042-573-7265

パターン(i), (ii)の受信点における加速度のフーリエスペクトラムを図4、5に示す。図4より、杭基礎の鉛直支持を小さく設定した場合、速度向上にともないピーク周波数は高い方にシフトし、振幅は大きくなることが分かる。一方、図5より、杭基礎の鉛直支持を大きく設定した場合、速度向上にともないピーク周波数は高い方にシフトするが、振幅は変わらないことが分かる。以上の結果から、4 Hz 前後の地盤振動が急激に増加する現象の要因は、軟弱地盤の影響により杭基礎の鉛直支持が小さいことにある可能性が分かった。

3. シートパイル補強

2章の結果から、シートパイル補強による基礎の鉛直支持の増加にともなう地盤振動の低減効果を検討する。ここでは、走行列車・構造物系の移動加振解析と構造物・地盤系の振動伝搬解析を結合した予測手法を用いた²⁾。移動加振解析には2章のDALIAを用いた。列車速度は360 km/hを想定した。振動伝搬解析には次元動的相互作用解析プログラムSuperFLUSH/3D((株)構造計画研究所)を用いた。振動伝搬解析モデルを図6に示す。

対策を行う前後の受信点における振動加速度レベルを図7に示す。図7より、4 Hz 前後において、10 dB 程度の振動低減効果が確認できる。また、高架橋脇や軌道中心から25 mの地盤上においても同様の結果が得られた。以上の結果から、軟弱地盤の影響により杭基礎の鉛直支持が小さい高架橋に対してシートパイル補強を行うと、地盤振動を低減できる可能性が分かった。

4. まとめ

本研究では、過去にラーメン高架橋区間において行われた速度向上試験にて報告された列車速度 300km/h以上の高速走行において4Hz 前後の沿線地盤振動が急激に増加する現象とこの区間における軟弱地盤の関係について数値解析を用いた検討を行った。その結果、現象の要因は軟弱地盤の影響により杭基礎の鉛直支持が小さいことにある可能性が分かった。

さらに、同区間に対するシートパイル補強による振動低減効果についても数値解析を用いた検討を行った。その結果、軟弱地盤の影響により杭基礎の鉛直支持が小さいラーメン高架橋に対してシートパイル補強を行うと、地盤振動を低減できる可能性が分かった。今後は、軟弱地盤における杭基礎の鉛直支持と地盤振動の関係を理論的に整理していく必要がある。

・参考文献

1) 岩田直泰、横山秀史、芦谷公稔：新幹線高速走行時の地盤振動特性、地盤環境振動の予測と対策の新技术に関するシンポジウム、地盤工学会、2004。2) 横山秀史、伊積康彦、渡辺勉：3次元振動解析による地盤および建物振動の予測シミュレーション手法、鉄道総研報告、Vol.29、No.5、pp.41-46、2015。

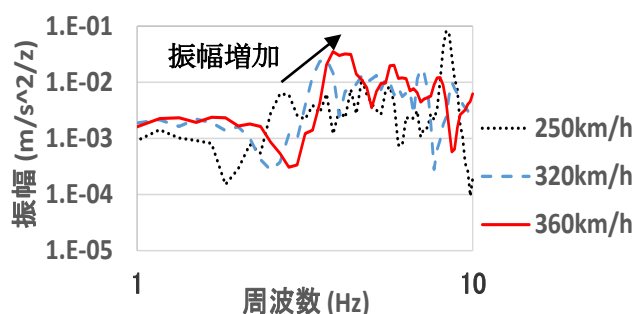


図4 フーリエスペクトラム (パターン(i))

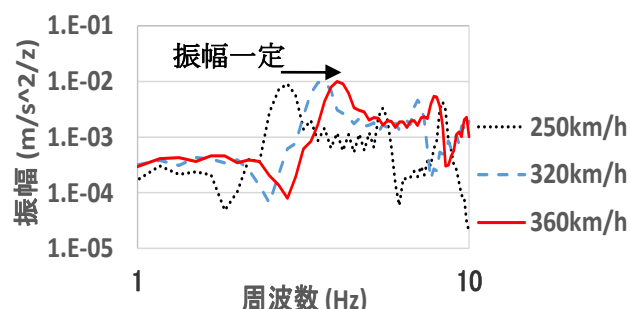


図5 フーリエスペクトラム (パターン(ii))

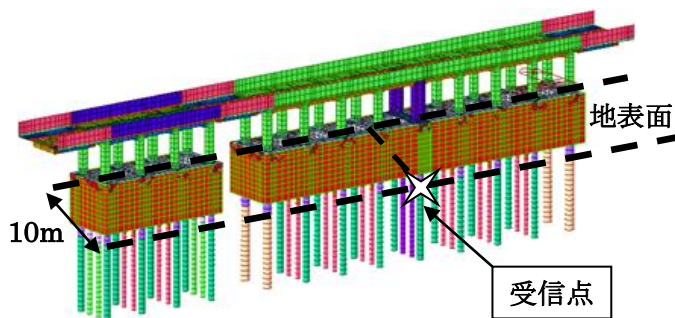


図6 解析モデル (振動伝搬解析)

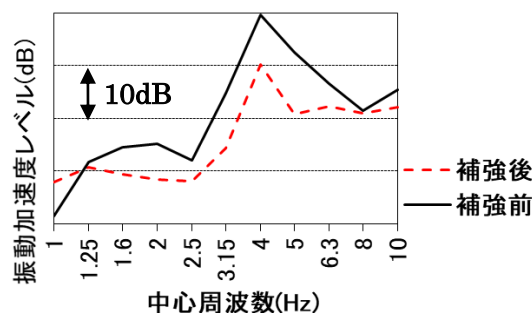


図7 地盤振動の周波数解析 (補強前後)