

列車走行に伴う地盤振動に関する数値解析的検討

中央大学 学生会員 ○清水 敏文・本間 悠介
中央大学 正 会 員 齋藤 邦夫・石井 武司

1. はじめに 鉄道沿線で発生する地盤振動は環境問題として関心を集めている。その対策方法は大きく、発生源（列車）、伝播経路（高架橋・地盤等）および受振（建物）のそれぞれで検討される。本研究では、ある地点を対象に適用効果が大いだと判断される伝播経路の対策を選定し、効果的に振動を低減させる設計パラメータ（サイズ・材質・対策範囲）を解析的に検討した。

2. 対象地点の周辺状況と地盤条件 対象地点の断面図を図-1、地盤条件を図-2に示す。図-2中の V_p （P波速度）と V_s （せん断波速度）はPS検層、密度は密度検層の測定結果である。高架橋の高さは約6.5mで、その基礎は杭である。地盤は地表から約25mまでN値<10の層で構成された軟弱な地盤である。

3. 対策工法の選定と設計パラメータ

図-1に示すように施工箇所が狭隘であるため、柱列式の遮断壁について検討することとした。遮断壁の平面配置を図-3に示す。なお、図中の12.5mは対策工の評価地点である。橋脚側面では施工範囲の制約から遮断壁をフーチング側面に密着させる配置とし、材質はコンクリートとソイルセメントの2種類を想定した。ただし、数値計算の検討においては、コンクリートの剛性を100%として、その数値の50%、20%および10%に低減させることでソイルセメントを表現した。他のパラメータは、遮断壁の深さと壁厚、および施工延長である。

4. 設計パラメータの検討方法 列車走行に伴う地盤振動で生じる地盤のひずみは小さく、変位がもとに戻ることから、地盤を線形粘弾性体と仮定した。対策工の遮断壁は高架橋に沿って設置されるので、この配置による低減効果を正確に評価するためには3次元解析が必要になる。しかし、列車走行に伴う地盤振動は高周波数成分を含んでいるので、3次元で解析すると、FEMの要素数はきわめて多くなり計算の実行が難しい。そこで、遮断壁の効果は振動が地盤へ入力される橋脚近傍が大きいと考えて、橋脚の軌道直下を中心とした軸対称モデルで、最も効果的な遮断壁の深さと厚さおよび剛性を検討した。橋脚の基礎は杭であるが、本間ら¹⁾によるシミュレーションによれば、列車走行によって発生した振動は主に橋脚のフーチングから地盤へ伝わり、杭を通して下方（例えば基盤など）から地表へ伝わる成分が少ないと判断されている。そこで、ここではフーチングのみをモデル化した。対策範囲はそれを施す橋脚の本数で表した。フーチングに载荷する加振力は鉛直方向で、その波形は直下で計測された加速度から逆算したものをを用いた。なお、各橋脚に载荷する加振力には列車の通過速度に応じて時間差を与えた。検

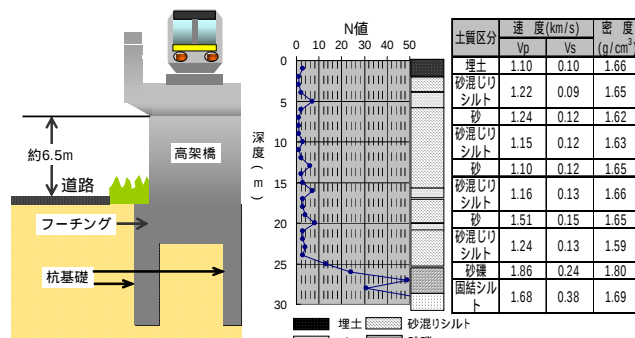


図-1 対象地点の断面

図-2 対象地点の地盤条件

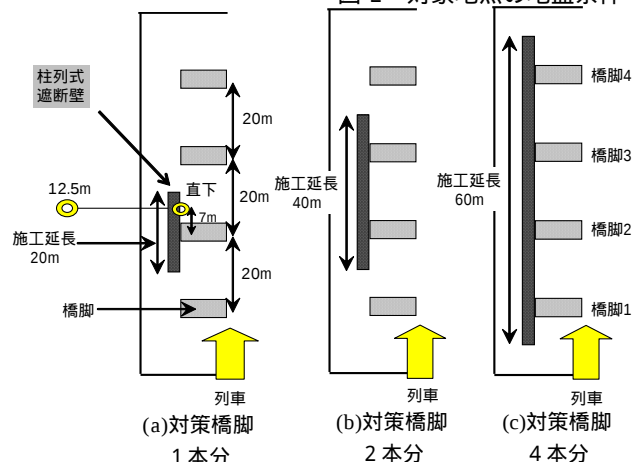


図-3 遮断壁の平面配置

表-1 設計パラメータ

設計パラメータ			
距離(m)	0		
対策橋脚本数(本)	1・2・4		
施工深さ(m)	5・10・15・20・25		
壁厚(m)	0.3・0.5・1.0		
剛性(%)	100	ヤング係数 (kN/m²)	1.25×10^7
	50		6.25×10^6
	20		2.50×10^6
	10		1.25×10^6

る橋脚近傍が大きいと考えて、橋脚の軌道直下を中心とした軸対称モデルで、最も効果的な遮断壁の深さと厚さおよび剛性を検討した。橋脚の基礎は杭であるが、本間ら¹⁾によるシミュレーションによれば、列車走行によって発生した振動は主に橋脚のフーチングから地盤へ伝わり、杭を通して下方（例えば基盤など）から地表へ伝わる成分が少ないと判断されている。そこで、ここではフーチングのみをモデル化した。対策範囲はそれを施す橋脚の本数で表した。フーチングに载荷する加振力は鉛直方向で、その波形は直下で計測された加速度から逆算したものをを用いた。なお、各橋脚に载荷する加振力には列車の通過速度に応じて時間差を与えた。検

キーワード 列車走行 地盤振動 伝播経路対策 数値解析

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 2-1-12 中央大学土木工学科 地盤環境研究室 TEL 03-3814-1812

討対象の設計パラメータを表-1 に示す。対策橋脚本数とは遮断壁の施工延長を示し、図-4(a)の遮断壁が対策橋脚 1 本分（遮断壁の施工延長 20m）、図-4(b)の遮断壁が対策橋脚 2 本分（遮断壁の施工延長 40m）、図-4(c)の遮断壁が対策橋脚 4 本分（遮断壁の施工延長 60m）とする。また、列車が橋脚を通過する順に橋脚 1・2・3・4 とする。解析手法は複素応答解析で、地盤の減衰定数を 5%として計算を行った。この条件下で 12.5m 地点における対策前と対策後の振動レベル（オーバーオール）をそれぞれ計算し、その低減量を対策効果として評価した。なお、計算対象の列車はそれぞれ速度が異なる a 列車、b 列車、c 列車、および d 列車とする。

5．解析結果 対策橋脚 2 本の条件で求めた遮断壁の剛性と低減量の関係を図-4 に示す。全ての列車で剛性と低減量の間に線形関係が認められる。剛性を 10%から 100%にすると概ね 3dB 程度の低減量が見込める。図-5 は、遮断壁の施工深さと低減量の関係である。対策橋脚 1 本分(a)の場合は、いずれの列車も施工深さに関係なく低減量がほぼ一定である。対策橋脚 2 本分(b)の場合は、施工深さと低減量の関係は概ね 15m まで線形関係にあるが、それ以深では全ての列車で低減量は変わらない。対策橋脚 4 本分(c)の場合も、c 列車を除き、線形的な関係が認められる。図-6 には、対策橋脚本数と低減量の関係である。全ての列車において、対策橋脚を 1 本分から 2 本分に増やすと 2dB 以上の効果が認められる。しかし、対策橋脚を 2 本分から 4 本分に増やしても低減量はほとんど変わらない。観測点の振動は主に橋脚 2 と橋脚 3 によるもので、橋脚 1 と橋脚 4 から伝わる振動成分は少ないことがわかる。図-7 には、遮断壁の厚さと低減量の関係を示す。壁厚 0.3m で 3~4dB 程度、壁厚 0.5m では 5~6dB 程度と厚さとともに大きくなる。しかし、それ以上に遮断壁を厚くしても、ほとんどの列車で低減量は横ばいとなる。

6．まとめ 本研究では、遮断壁の設計パラメータを数値解析で検討し、次の結果を得た。

- ・ 遮断壁の剛性と低減量の関係は線形関係がある。
- ・ 遮断壁の施工深さと低減量の関係は対策橋脚 1 本分の場合を除き、深さ 15m まで低減量は線形的に増加する。しかし、それ以深では低減量の増加は認められない。
- ・ 対策橋脚の本数が 1 本分から 2 本分で低減量が大きく増え、4 本ではその増分が小さい。
- ・ 遮断壁の厚さは 0.3m から 0.5m までは低減量の増分が大きい、1.0m ではそれが小さい。

参考文献 1)本間ら(2008)：列車速度や地盤条件の違いが地盤振動へ与える影響について、第 35 回土木学会関東支部発表会（投稿中）

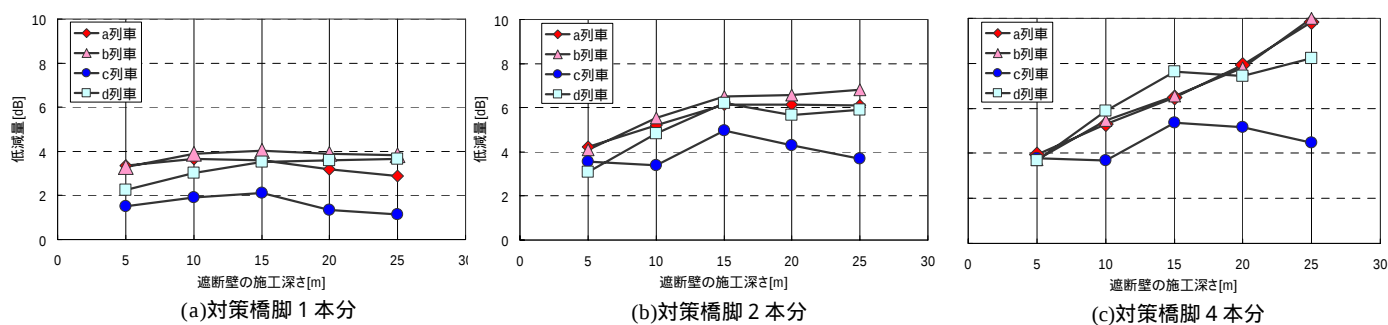


図-5 遮断壁の施工深さと低減量の関係

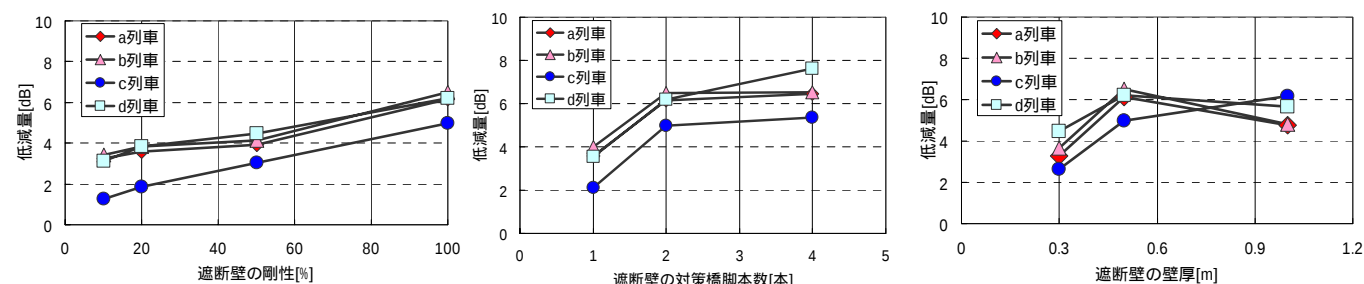


図-4 遮断壁の剛性と低減量の関係

図-6 遮断壁の対策橋脚本数と低減量の関係

図-7 遮断壁の壁厚と低減量の関係

