

鋼矢板防振壁による振動遮断効果の確認実験（第2報）

（三次元解析モデルによるシミュレーション解析）

構造計画研究所 正会員 倉掛 猛
 構造計画研究所 西村忠典
 近畿日本鉄道 正会員 原 文人
 大日本土木 正会員 植野修昌
 立命館大学理工学部 正会員 早川 清

1. はじめに

本研究は、鉄道沿線での地盤振動に対する有効的な防振対策工の開発と、その振動低減効果を予測するための解析手法について検討することを目的としている。

既に筆者らは、鋼矢板防振壁による振動低減効果の確認実験¹⁾を行い、その有効性を確認した。

本検討では、この振動遮断効果の確認実験結果を対象として、三次元解析モデルを用いて数値シミュレーション解析（強制加振解析）を行い、振動低減効果を実験結果と比較することにより解析手法の妥当性について検討を行った。

2. 振動実験結果

本検討では、軌道に平行に敷設した鋼矢板防振壁を圧入施工する際に、施工段階毎に測定した列車通過時の地盤上下方向加速度記録を対象とした。図1に測定点と軌道及び防振壁の位置関係を示し、表1に測定ケースを示す。また図2に測定結果の距離減衰を加速度レベル(オムニ)で示す。鋼矢板を打設することにより鋼矢板背面(No.4)での加速度レベルは、無対策に対して大きく減少するが、その後方の測定点No.5では、加速度レベルが増幅する傾向がある。

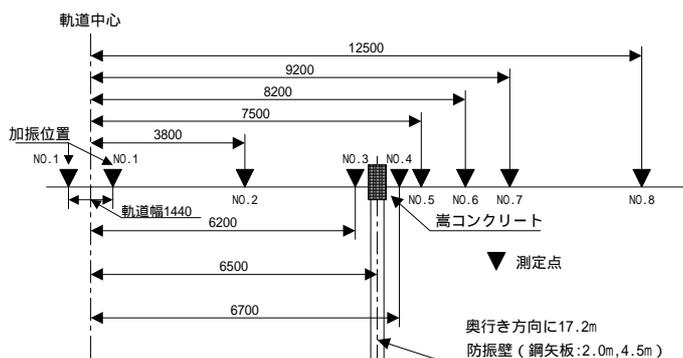


図1 測定点の位置

表1 測定ケース

測定段階	対策	対策内容
STEP1	無対策	防振対策前
STEP2	鋼矢板2m打設	矢板を深さ2.0mまで打設
STEP3	鋼矢板4.5m打設	矢板を深さ4.5mまで打設
STEP4	鋼矢板4.5m打設+ 嵩コンクリート	矢板を深さ4.5mまで打設し 矢板頂部に嵩コンクリートを打設

3. 解析方法

解析に際しては、以下のことに留意した。

- ・矢板敷設長さ等に応じた矢板自身の振動特性を考慮する。
- ・軌道欠線部で生じた振動が卓越することから、解析で用いる加振力としては、軌道全体の線加振と欠線部の点加振の組み合わせとして考慮する。
- ・地盤振動の三次元的な波動伝播特性を考慮する。

本解析では、地盤-防振壁系を動的サブストラクチャ法に基づいて三次元的にモデル化し、軌道を強制加振解析した際の地盤や防振壁の応答を算定した。すなわち、地盤は薄層要素法を用いて成層地盤として層分割し、防振壁は三次元FEMでモデル化し、両者の力と変位の連続性や振動源(加振力)に対する地盤応答を薄層要素法による点加振解を用いて評価した。応答解析は複素応答法を用いて線形解析とした。

実際の解析では、No.2の実測記録から振動源(No.1)での加振力(線加振と点加振)を逆算し、この加振力で軌道を上下方向に強制加振して各測定点での上下方向の加速度を算定した。なお加振力の重み付けは線加振:点加振=1:10と仮定し、線加振の長さは欠線部を中心として全長20mとした。

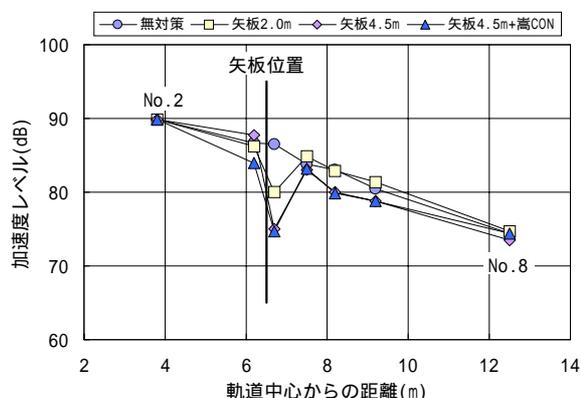


図2 測定結果の距離減衰
（実測記録複数の平均）

表2 地盤モデル

	土質区分	単位体積重量 (kN/m ³)	せん断波速度 (m/sec)	減衰定数 (%)	層厚 (m)
1層	盛り土	16.66	170.0	5.00	0.60
2層	砂礫混じり細砂	16.66	170.0	5.00	0.80
3層	シルト混じり細砂	16.66	170.0	5.00	0.40
4層	シルト質細砂	16.66	180.0	5.00	1.40
5層	シルト	16.66	220.0	5.00	0.50
6層	砂礫	16.66	270.0	5.00	1.80
7層	シルト混じり細砂	16.66	150.0	5.00	1.00
8層	シルト	16.66	180.0	5.00	1.50
	基盤	16.66	300.0	5.00	

キーワード：地中防振壁，振動，波動，振動対策，数値解析

連絡先：〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 3-1-29 電話:06-6243-4500 FAX:06-6243-4503

e-mail: kurakake@kke.co.jp

4. 解析モデル

地盤の V_s は実測地点の試験データ(N 値)を用いて次式²⁾から算定した。

$$\text{砂質土: } V_s = 80N^{1/3} \quad \text{粘性土: } V_s = 100N^{1/3}$$

V_p は水位が地表面近くにあり 1500m/s とした。

表 2 に本検討で用いた地盤モデルを示す。地盤分割は、各層の V_s に応じて透過振動数 100Hz を満足するように波長の 1/6 以下とした。鋼矢板は、三次元 FEM によるシェル要素を用いて、等価な曲げ剛性となる平板としてモデル化した。解析プログラムは、Super FLUSH/3D³⁾を用いた。

5. 解析結果

距離減衰について

図 3 に加速度レベル(オールパス)の距離減衰を実測値と比較して示す。

無対策の場合、解析結果と実測値の差は最大で約 3dB であり、遠方の測定点ほど差が大きい傾向にあるが距離減衰の傾向は比較的良く対応している。

鋼矢板を打設した場合、矢板背面直後の測定点(No.4)では、無対策に比べて加速度レベルは減少している。実測値と比較すると低減量は小さいが、鋼矢板を打設したことによる低減効果が実測値と同様に認められる。

測定点 No.5 での加速度レベルの増幅は、矢板 4.5m 打設の解析結果に顕著に認められ、実測値と非常によい対応を示している。他の矢板打設ケースにも同様な傾向が認められ、かつその後の矢板背面の距離減衰の傾向は実測値と比較して良く対応している。

周波数分布について

図 4 ~ 5 に矢板背面での実測値と解析結果の振動加速度レベル(1/3 オクターブバンド)の周波数特性を示す。

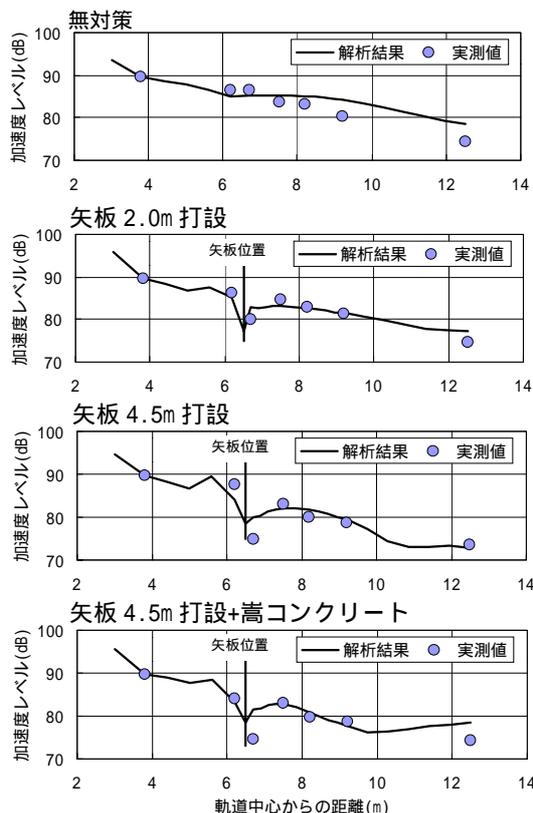


図 3 各測定ケースの距離減衰

図 6 に測定点 No.5 の測定点 No.2 に対する振動伝達量を示す。各測定点の周波数分布は、実測値と解析結果に 40 ~ 63Hz で卓越が認められ両者の傾向は良く対応している。

ただし、測定点 No.4 では、矢板 4.5m 等の実測値に見られる 20 ~ 40Hz の振動加速度レベルの減少が解析結果では十分に表現できていない。一方、距離減衰で顕著な増幅傾向が見られ実測値との対応が良かった No.5 の測定点の周波数特性は、実測値と解析結果が非常に良く対応している。しかしながら、図 6 に着目すると、各対策の伝達量の傾向は良く対応しているが、矢板 4.5m 打設時の実測値に見られる 40 ~ 63Hz の伝達量の急激な増幅が解析結果では表現できていない。上記で述べたような実測値と解析結果の局所的な差異は、地盤物性を N 値から推定したことや、凸凹のある鋼矢板を平板としてモデル化したことなどにより、矢板の振動特性が精度良く表現できていないことに起因していると考えられる。

6. まとめ

本検討で用いた解析手法によって、防振対策工による振動低減効果を定性的に表現することができた。しかしながら、定量的には差異が生じているところもあり、地盤物性や防振壁のモデル化について、より詳細に検討を行う必要がある。また今後は、防振壁の振動特性が地盤振動に与える影響などについても検討を行う予定である。

(参考文献)

- 1) 植野, 三井, 原, 早川
鋼矢板防振壁による振動遮断効果の確認実験
土木学会第 54 回年次学術講演会 (1999.9) I-B121
- 2) 道路橋示方書 耐震設計編
- 3) Super FLUSH/3D 使用説明書 (株)構造計画研究所

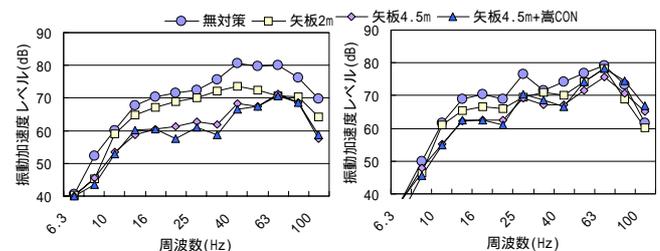


図 4 測定点 No.4 の周波数分布(左:実測 右:解析)

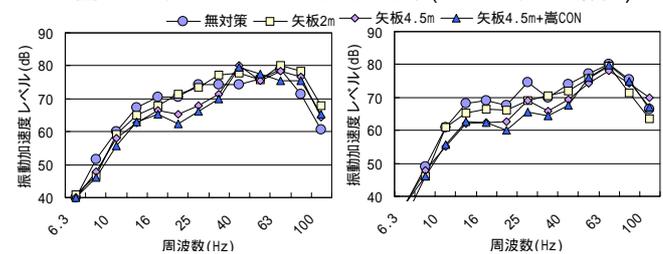


図 5 測定点 No.5 の周波数分布(左:実測 右:解析)

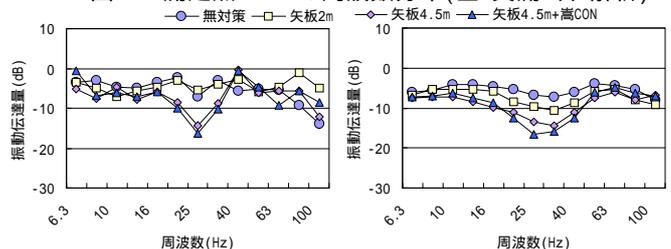


図 6 測定点 No.5 の振動伝達量(左:実測 右:解析)