

鉄道高架橋近傍での地盤振動の簡易評価法

富士通エフ・アイ・ピー（株）

正会員

○唐澤 里英

富士通エフ・アイ・ピー（株）

正会員

塩見 和利

(財) 鉄道総合技術研究所

正会員

神田 政幸

(財) 鉄道総合技術研究所

正会員

川西 智浩

1. 目的

鉄道高架橋近傍の地盤振動は、複数のフーチング及び杭から列車走行に伴う時間遅れを伴って、3 次元的に伝播する。現在列車走行時に発生する地盤振動を低減させる工法として、発泡スチロールビーズを混合したソイルセメント（EPS ビーズ混合ソイルセメント）による振動遮断工¹⁾の開発が行われているが、振動遮断工の評価に 3 次元動的弾性解析を実施することは、実務設計上適していない。そこで、3 次元動的弾性振動伝播特性および列車走行の影響を考慮した振動遮断工の簡易評価法を確立することを目的として、3 次元動的弾性 FEM 解析および軸対称動的弾性 FEM 解析を実施し、鉄道高架橋近傍に敷設した振動遮断工周りの地盤振動について比較検討した。

2. 解析の概要

3 次元動的弾性 FEM 解析に用いた地盤モデルを図 1 に示す。表層地盤と基盤層からなる二層地盤で寸法は 72m×70m×20m であり、この地盤中に高架橋のフーチングを線路方向に 12 個、線路直角方向に 2 個ずつ設け、1 つのフーチングに対して 2×2 本の杭基礎を深さ 16m 地点まで設定した。また、振動遮断工については、線路中心から 4.55m 離れた位置に壁体側面が来るように設定した。なお、境界条件は、地盤モデル側面を粘性境界、底面を全面拘束とした。

一方、軸対称動的弾性 FEM 解析では、3 次元解析と同一地盤モデルを用い、その寸法は 20m×60m である。解析モデルを図 2 に示す。地盤モデルの右側面を粘性境界、左側面を鉛直ローラー、基盤を粘性境界とした。

両解析における地盤条件を表 1 に示す。なお、減衰定数は 2%とした。入力波は、列車が高架橋上を走行した際に高架橋柱下端で観測された鉛直加速度波形であり、振動遮断工として EPS ビーズ混合ソイルセメントを用いた。3 次元解析では、列車の走行速度を考慮した位相差を付けて、各フーチング上端で加振した。なお、複線片側走行に模擬するために、過去の柱の加速度測定結果を参考に振動遮断工に近いフーチング上端には 1.0 倍、遠いフーチング上端には 0.5 倍の加速度で加振した。一方、軸対称解析ではフーチング上端での加振とした。

表 1 地盤・構造物条件

	層厚 (m)	深さ (m)	単位体積 重量 γ_t (kN/m ³)	剛性 G (*10 ⁴ kPa)	ポアソン 比 ν
表層	14.5	14.5	17	7.36	0.35
基盤層	5.5	20.0	20	17.8	0.30
フーチング		1.0 (底面)	25	980	0.167
杭		16.0 (底面)			
振動遮断壁 (EPS)		6.0 (底面)	4.55	0.4	0.20

表 2 解析ケース

3 次元解析	杭	EPS	軸対称解析	杭	EPS
Case1	16m	—	Case3	—	—
Case2	16m	6m	Case4	16m	—
			Case5	16m	6m

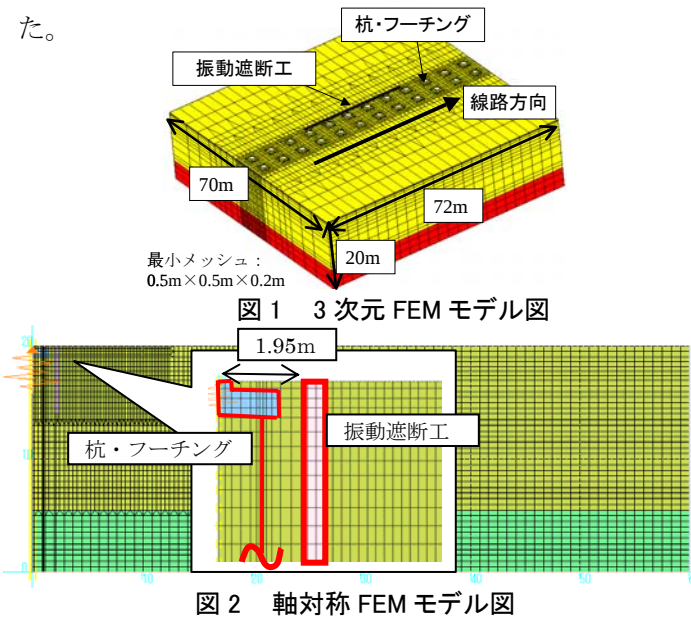


表2に、解析ケース一覧を示す。

高架橋上を列車が走行した場合、各高架橋基礎に入力される振動は、列車速度に応じた時間遅れを伴って地盤に伝播する。そこで本研究では図3に示すように、①軸対称解析から着目点と高架橋柱との距離に対応する地点の振動波形を取り出し、②列車走行による時間遅れを考慮して各振動波形を重ね合わせ、高架橋近傍地盤の各地点に伝播する列車振動を簡易に評価することとした。

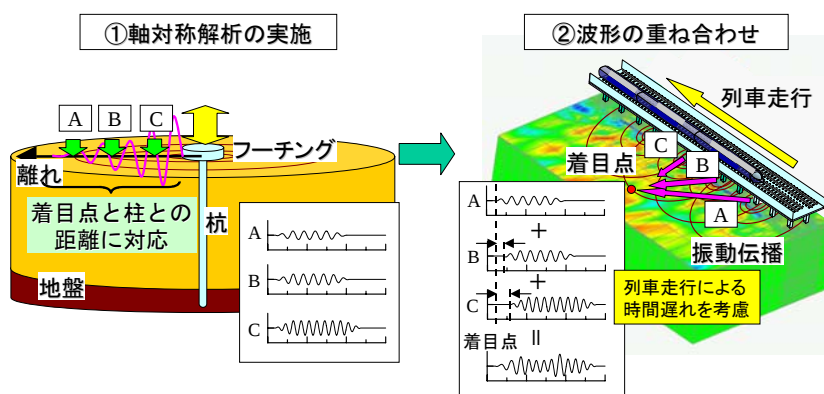


図3 高架橋近傍地盤における地盤振動の簡易評価法

3. 解析結果

軸対称解析から得られた振動加速度波形の重ね合わせ手法による、振動遮断工なし（無対策）のケースについて、杭基礎の場合と直接基礎の場合の振動レベルを比較した結果を図4に示す。杭基礎の方が、杭部分から伝播する振動の影響により振動が大きくなっており、高架橋周辺地盤における地盤振動問題では、杭基礎の影響が無視できないことが分かる。

同様に、遮断工材料にEPS ビーズ混合ソイルセメントを用い、施工延長 50m、施工深さ 6m、施工幅 0.5m とした場合について軸対称解析の結果から振動レベルを求め、無対策の場合と比較して振動レベル変化量を算出した。3次元解析と軸対称解析の振動レベル変化量の比較を図5に示す。両者の振動レベル変化量は概ね整合しており、軸対称解析から得られた振動加速度波形の重ね合わせによる地盤振動算定方法が高架橋近傍地盤において有効な手法であることが確認された。

4. まとめ

本研究では、3次元および軸対称動的弾性 FEM 解析を実施することにより、EPS ビーズ混合ソイルセメントを用いた振動遮断工が、杭基礎を有する高架橋近傍の地盤振動低減効果に及ぼす影響について考察を行った。軸対称解析の結果から時刻歴加速度波形の重ね合わせを行うことで、3次元的に伝播する振動レベルの予測が可能であることが分かった。ただし、振動遮断工の評価を行う際には、これらの振動低減効果の算定結果だけでなく、経済的な観点など総合的に遮断工材料や遮断工深さを判断するのが良い。

今後は、詳細な3次元解析を実施せずして振動レベル低減効果を簡易に予測できるような評価式を確立すべく、さらなる検討が必要と考えられる。

参考文献 1) 神田政幸, 村田修, 太田和善, 平山勇治 : 発泡スチロールビーズ混合ソイルセメントによる振動遮断工, 鉄道総研報告, Vol.18, No.11, pp.31-36, 2004.11.

2) 川西智浩, 神田政幸, 村田修 : EPS ビーズとソイルセメントを用いた交通振動低減工の高架橋近傍における振動低減効果, 土と基礎, Vol.53, No.4, Ser.No.567, pp.21-23, 2005.4.

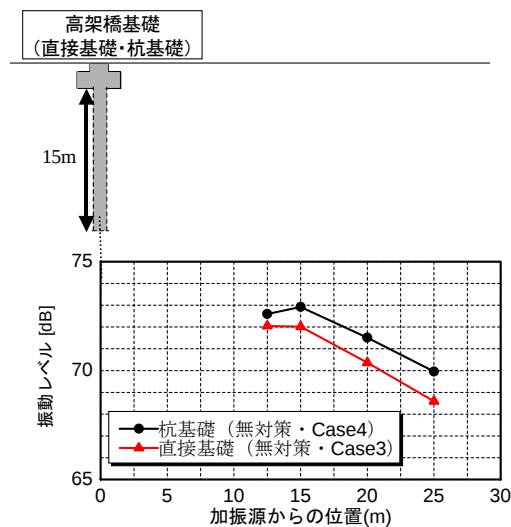


図4 基礎形式を変えた場合の振動レベルの比較

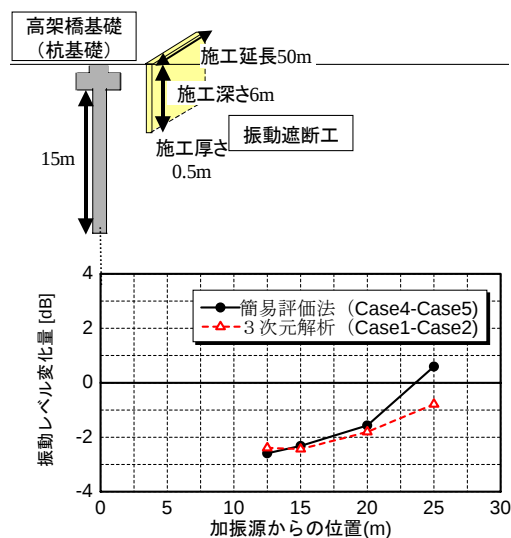


図5 簡易評価法と3次元解析の振動レベル変化量の比較