

路盤下改良による沿線地盤振動の低減効果に関する一考察

東海旅客鉄道(株) 正 ○神田 仁

京都大学大学院

加藤政史

正 松岡俊文

東海旅客鉄道(株) 正 吉岡 修

正 石井啓稔

1. はじめに

筆者らは、鉄道沿線地盤の振動を模擬する3次元数値解析ツールの開発を進めている¹⁾。本稿では、路盤下を改良した場合の振動低減効果について、盛土構造を対象として改良範囲と改良強度(波動伝播速度)を段階的に変化させ、その防振特性を比較した。

2. 解析条件

本解析には、差分法による3次元数値解析ツールを用いた¹⁾。図1に解析モデルを、表1に解析条件を示す。解析領域の規模は、線路方向140m、線路直角方向60m、鉛直方向30mであり、メッシュ間隔は0.5mとした。側面と底面にはそれぞれ10m分の波の吸収領域を設けて、境界面からの反射を防いでいることから、それらも含めたモデル化領域は160m×80m×40mとなり、合計409.6万個の有限要素数を有する。本研究では、これらをPCクラスタにより並列計算している。計算時間は約4時間である。

解析モデルの構造は盛土とし、標準的な高さとして5m、のり面勾配を水平方向1.5に対し鉛直方向1とした。地盤条件は均質な表層と基盤の2層構造とし、表層厚さはGL-15mとした。盛土と表層の波動伝播速度は、 $V_s=100\text{ m/s}$ 、 $V_p=245\text{ m/s}$ とし、基盤は $V_s=400\text{ m/s}$ 、 $V_p=1000\text{ m/s}$ とした。また、地盤の減衰は $h=5\%$ とした。本解析ツールでは、周波数 f_0 を中心として $f_0/2 \sim 3f_0/2$ 、すなわち7.5Hz~22.5Hzの周波数域で減衰がほぼ一定となる。

軌道面(施工基面)の幅は10mとし、列車は振動測定点に近い側の線路を走行するものとして、構造物中心から2mの位置を上下方向に加振した。加振源は、東海道新幹線の実軌道狂いの一部分を切り出して、その上を図2に示す4質点系の車両の一軸(1/4車両)が速度75m/s(=270km/h)で走行するものとして輪重変動値を求め、これをモデルの中央120mに与えた。

次に解析ケースを表2に示す。路盤改良の無いケース1と、路盤部(線路直下の幅4mのエリア)を改良したケース(ケース2~7)をシミュレーションし、両者を比較することで沿線地盤での振動低減効果を考察する。ケース中、2~4では改良強度(波動伝播速度)の差を、ケース2と5~6では改良深さの差を比較するとともに、ケース7では路盤表層

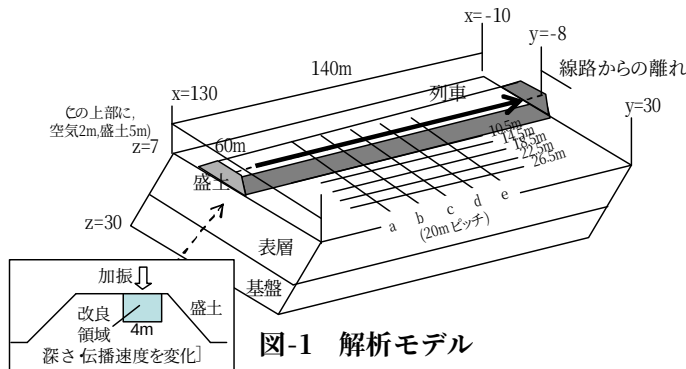


図-1 解析モデル

表-1 解析条件

地盤条件	層構造と波動伝播速度	(空気層 2m) 盛土堤体高さ 5m 表層厚さ 15m 基盤厚さ 8m 表層地盤と盛土堤体は $V_s=100\text{ m/s}$, $V_p=245\text{ m/s}$ 基盤は $V_s=400\text{ m/s}$, $V_p=1000\text{ m/s}$
	密度	1500 kg/m ³ (一律)
	減衰	$Q_p=10$, $Q_s=10$ ($h=5\%$) (7.5Hz~22.5Hz)
	路盤改良範囲	改良範囲と改良部の伝播速度は表2による
計算条件	計算領域	$-10\text{ m} \leq x \leq 130\text{ m}$, $-30\text{ m} \leq y \leq 30\text{ m}$, $0\text{ m} \leq z \leq 30\text{ m}$ 走行路は $0\text{ m} \leq x \leq 120\text{ m}$
	空間格子間隔	0.5m (要素数409.6万個)
	時間格子間隔	0.0001s (ケース4と7) 0.0002s (他ケース)
加振条件	野洲地区軌道狂いによる変動荷重 (速度 $V=75\text{ m/s}$)	

表-2 解析ケース

解析ケース		改良部位波動伝播速度		改良深さ (m)	記事
		Vp (m/s)	Vs (m/s)		
盛土	ケース1	245	100	—	改良なし
	ケース2	735	300	3	基本仕様
	ケース3	368	150	3	
	ケース4	1470	600		
	ケース5	735	300	1	
	ケース6			5	
	ケース7	1500	750	0.5	強化路盤

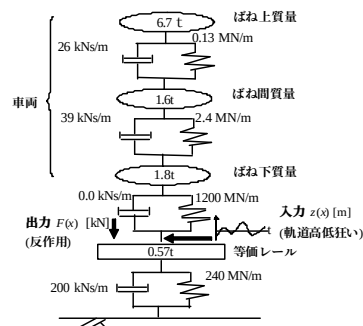


図-2 4質点系車両と軌道のモデル

キーワード：地盤振動，路盤改良，数値解析，防振

連絡先：東京都港区港南 2-1-85 電話 03-6711-9580

Fax 03-6711-9707

を硬く改良(強化路盤を模擬)した場合の効果を検証する。なお、基本としたケース2の改良体の波動伝播速度は、深層攪拌混合杭(例えばJST工法等)による一般的な改良強度を、改良領域内で平均化した値として設定した。

解析結果の評価方法は、図1に示すモデルの中央の80m区間について、20mごとに5測線(a~e測線)を取り、それらの地盤振動加速度(上下方向)の平均値を求めた。

3. 解析結果

線路からの離れと振動加速度の関係について、図3(a)にケース2~4の結果を示す。図より、路盤改良により周辺の地盤振動が全体的に低下しており、低減効果が現れていることが分かる。改良部位の波動伝播速度の違いに着目すると、ケース3から2, 4へと改良部位の波動伝播速度が高くなるほど、効果も増すことが確かめられる。線路から最も近い10.5mを見ると、改良前のケース1と比べて改良後ではケース2で振動加速度が0.4倍に低減している。伝播速度がその半分のケース3では、改良前の0.65倍である。また伝播速度が2倍のケース4では、ケース2よりも効果がやや上乗せされ、改良前の0.34倍になっている。すなわち、ケース2と4では波動伝播速度が2倍、すなわち弾性定数では4倍に変化したにも関わらず、低減効果にはわずかの上乗せしか得られないことが分かる。

次に図3(b)でケース5, 6の結果と比較する。ケース1に対して、深さが1mであるケース5では改良前の約0.67倍に低減している。また深さが5mであるケース6では改良前の約0.35倍に低減していることが読み取れる。すなわち、改良強度を変化させたときと同様に、ケース2とケース6を比較すると、改良部位が2m深くなっているにも関わらず、低減効果にはわずかの上乗せしか得られないことが分かる。

これらのことから、路盤改良による周辺地盤の振動低減効果は、改良強度や深さとの線形関係で増加するのではなく、一定の上限値のあることが伺える。今回の解析条件では、具体的な改良強度としては基本仕様の $V_s=300\text{m/s}$ 、深さ3mでその上限に近くなっていることが推察される。

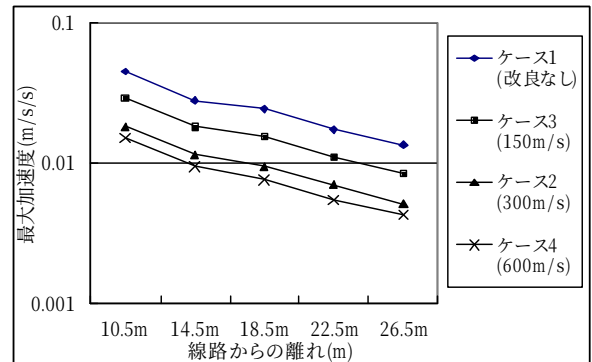
最後に図3(c)にケース7の結果を示す。ここでも振動加速度が低下しており、その効果はケース2と非常に近い。

つまり、改良深さ3m、改良 $V_s=300\text{m/s}$ と改良深さ0.5m、改良 $V_s=750\text{m/s}$ では、その防振性能がほぼ同等であると言える。ここで、ケース2とケース7を比べると、両ケースではせん断弾性係数と改良範囲との積がほぼ等しくなる。すなわち、解析領域全体をマクロにとらえた場合、平均的な改良範囲と改良率が両者で等価であるとも言え換えられ、防振性能が同等であることと調和する。

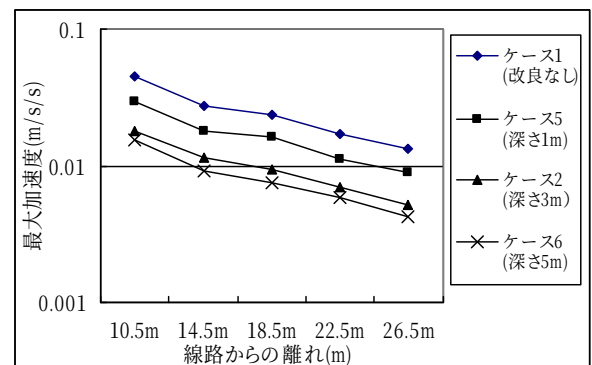
4. まとめ

3次元の解析ツールを用いて、盛土路盤下を改良した場合の防振効果を検証した。今後は、本解析ツールにより地盤条件等に起因する振動メカニズムを解明したり、具体的な防振対策工の設計に活用していく計画である。

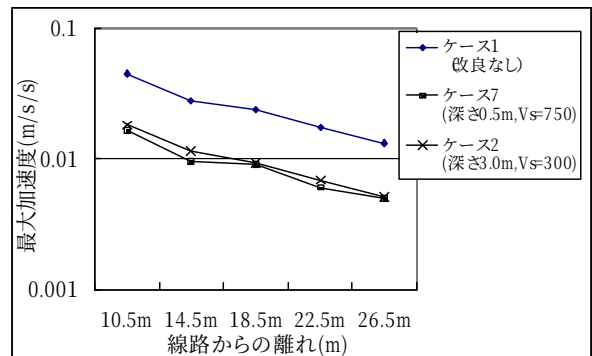
参考文献 1) 神田仁, 吉岡修, 石井啓稔, 加藤政史, 真田佳典, 松岡俊文, 三善孝之: 移動荷重による波動場のシミュレーションにおける振源モデリングについての考察, 物理探査, 第58巻4号, pp.363-375, 2005.



(a) 改良範囲の振動伝播速度の違いによる振動低減効果の比較
(改良深さ3m; ケース1, 2, 3, 4)



(b) 改良深さの違いによる振動低減効果の比較
(改良 $V_s=300\text{m/s}$; ケース1, 2, 5, 6)



(c) 強化路盤を模擬したケースの振動低減効果の比較
(ケース1, 2, 7)

図-3 振動低減効果(周波数別)