

I - B117

高速列車走行に伴う沿線地盤振動評価と対策工法（X-WIB）

岡山大学大学院工学研究科 学生会員 塩津吉彦

岡山大学環境理工学部教授 正会員 竹宮宏和

1. はじめに

本研究は、高速列車の走行に伴って発生する地盤振動を数値シミュレーションにより評価・考察したものである。列車荷重の算定には平坦軌道特性から特定の分布荷重を仮定し、枕木間隔による擬似周期性を調和周期関数で与え、車輪間隔、車両編成を考慮している。解析ツールとしては著者らの開発した2.5次元有限要素法を使用している。また、振動対策として、著者らの提案するX-WIBをサイトに導入したときの振動低減効果を調べている。

2. 解析手法とモデル化

軌道部と原地盤を図1のCASE-1のように2次元有限要素化し、奥行き方向の波動伝播を波数展開で扱った3次元波動伝播解析を行った。これは2.5次元解析と呼ばれる。このとき、有限要素領域の端部は波動の遠側方への伝播（逸散減衰）を粘性減衰効果で置き換えた。また、振動源として図2の分布荷重を採用した。詳細については著者らの前論文¹⁾および現在投稿中の論文²⁾に記述してある。なお、地盤およびバラスト、さらに後述のX-WIBの物性値は表1に示すとおりであり、X-WIBの物性値には等価物性値を使用した。

3. 制振工法 X-WIB の導入

X-WIBとは波動遮断バリアーを地中に構築することにより地盤内の波動伝播特性を変え、ある振動数帯域の波動伝播を阻止しようとするものである。実際には、施工上、地中攪拌によりセメント・ミルクを土中に注入することでソイル杭構造体を形成する地盤改良工法を提案している。このX-WIBに対する解析モデルを図1のCASE-2に示す。今回のモデルでは対象振動数を第1層地盤のレイリー波速度より計算し、25Hz以下としている。解析パラメータとして、列車速度は252km/h、付与すべき振動数は枕木間隔の0.6mを考慮に入れ、加振振動数を8.33、19.44、29.17Hzの3種類とした。図3に地表面加速

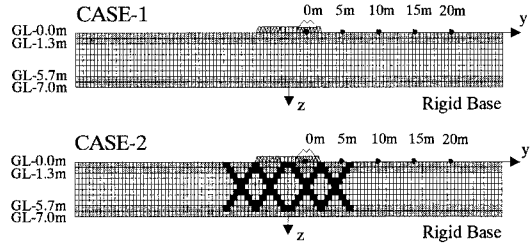


図1 解析メッシュ図

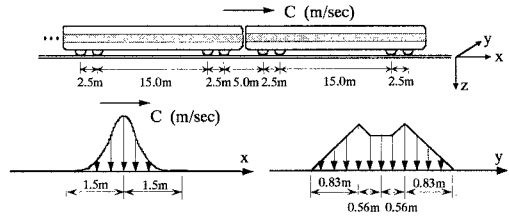


図2 列車荷重（一輪重）のモデル化

表1 物性値一覧表

	D (m)	Vs (m/sec)	ρ (t/m ³)	ν	ξ
バラスト	-	200.0	1.8	0.40	0.20
第1層	1.3	160.0	1.5	0.40	0.05
第2層	4.4	100.0	1.5	0.40	0.05
第3層	1.3	170.0	1.5	0.40	0.05
X-WIB	-	1000.0	1.5	0.35	0.05

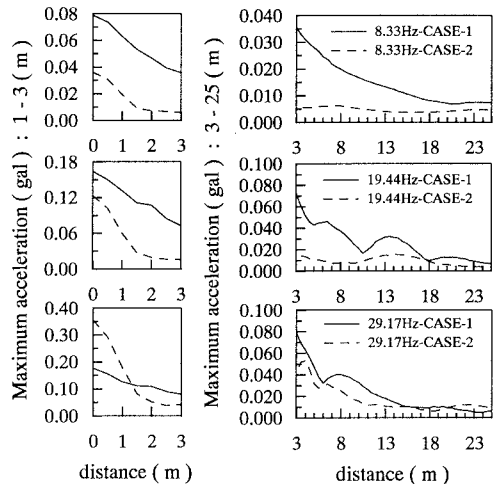


図3 軌道直角方向における地表面加速度の最大値分布

キーワード：高速列車，平坦軌道，地盤振動，2.5次元有限要素法，X-WIB工法

連絡先：岡山県岡山市津島中2-1-1・TEL&FAX 086-251-8146

度の最大値分布を示す。CASE-2 では、加振振動数が 8.33, 19.44Hz のとき X-WIB を埋設することにより十分な制振効果が得られている。しかし、加振振動数が 29.17Hz となると、第 1 層地盤より求められたレーリー波の波長 λ_r の半分、 $\lambda_r/2=3.873\text{m}$ より X-WIB の内幅の方が広くなり X-WIB の対象振動数外となって振動が増幅し逆効果となる。しかし、ソイル杭の間隔を調節することによって、この高い振動数に対しても低減効果に転じる。図 4 は Y-Z 平面での加速度最大値分布を示している。これにより、地中の波動伝播阻止状態が振動低減効果につながっているのが顕著に見られる。図 5 は複数車両編成による、ある時刻での加速度応答分布を X-Y 平面内において示したものである。ただし、今回は計算の都合上、先頭の 4 車両付近についてのみ描いている。このとき、各車両からの発生波は前方および後方へ伝わり、これらが干渉し合うことにより、応答の増幅あるいは打消しという現象が生じる。このことは、図 4 に見られる周期的な距離減衰特性の説明となる。図 6 は図 1 の各観測点における加速度フーリエスペクトルの比較である。これを見ると、原地盤は波長と地盤深さの関係で 10Hz に遮断振動数を持つため、CASE-1 において 10Hz 以下の振動数成分は現れていない。次に、CASE-2 の加振振動数が 19.44Hz の場合、ドップラー効果による高振動数が X-WIB 対象振動数を外れるため $L_y=0\text{m}$ 地点では低減効果が発揮されていないが、5m および 20m 地点では低減効果が十分に発揮されていると言える。

4. むすび

本研究では、高速列車走行に伴う沿線地盤振動の評価およびその振動対策に関して、弾性波動論の手法から 2.5 次元有限要素解析によるパラメータ解析を行った。さらに、地中部に波動バリアーの構築を目指した X-WIB 工法は、広い振動数帯域において非常に良い振動低減効果があることが確認できた。

参考文献

- 1) 竹宮宏和, 塩津吉彦: 高速列車走行による地盤振動の評価と対策, 鉄道技術連合シンポジウム (J-Rail'98), 135-138, 1998. 11.
- 2) 竹宮宏和, 合田和哉, 小森大資: 高速列車走行による沿線地盤振動のコンピュータ・シミュレーション予測, 土木学会論文集 No. 619/I-47, 1999. 4. (掲載予定)

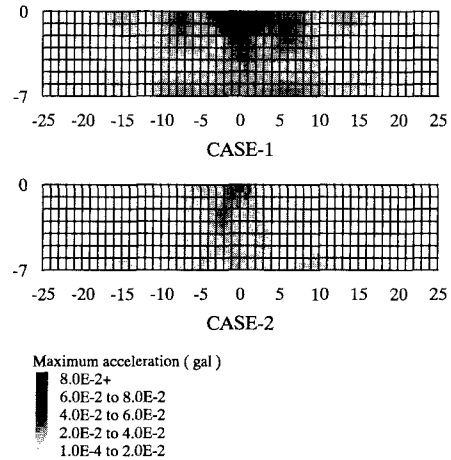


図 4 Y-Z 平面加速度最大値分布 (19.44Hz)

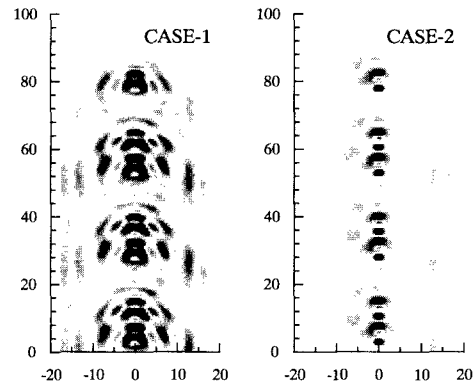


図 5 荷重列による X-Y 平面瞬間加速度応答 (19.44Hz)

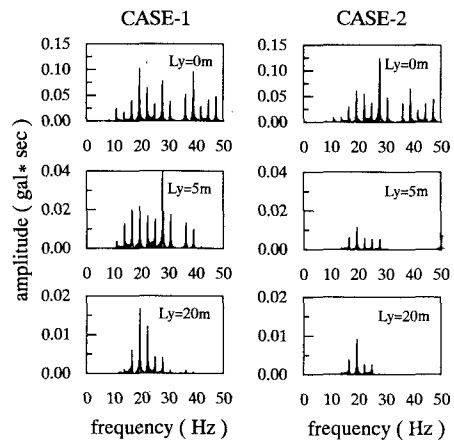


図 6 荷重列による加速度フーリエスペクトル (19.44Hz)