

土のう積層体の振動低減効果検討に関する一考察

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○芦刈 義孝

正会員 門田 浩一

名古屋工業大学 フェロー会員 松岡 元

1. はじめに

近年、土のう積層体は特異な振動特性を有し、防振装置としての効果があると報告されている^{1), 2), 3)}。本研究では、土のう積層体を用いた過去の実験や試験施工等における振動低減確認調査（振動加速度調査、周波数分析）結果をもとに、土のう積層体の振動低減効果予測に関する考察を行ない、波動透過理論および力の伝達率（防振装置）の適用性について検討した。

2. 調査方法及び結果の概要

仮線路盤部において土のう積層体を施工し、土のう積層体の路盤部と隣接する通常の路盤部において、供用後の鉄道振動を対象に伝搬状況を調査した。

図-1 に土のう積層体の敷設状況および調査地点を示す。路盤部に砕石（粒径 40mm 以下）を中詰め材とした土のう（40×40×高さ 8cm）を 4 段、延長約 40m 敷設した。調査は、列車通過時の振動加速度（測定した列車 32 本の上位半数の平均値）を測定し、土のう積層体路盤部（測点①-B）と通常路盤部（測点②-B）の結果（振動加速度レベルの最大値）を比較した。周波数帯別の振動加速度レベルの低減量（以下、振動低減量）は図-3 に示すとおりであり、振動加速度レベル最大値の低減量は 5dB であった³⁾。

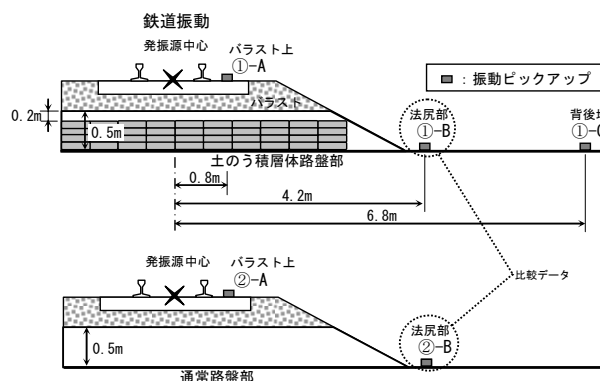


図-1 施工概要および測点位置図

3. 波動透過理論および力の伝達率（防振装置）による振動低減量の推定方法

3-1. 波動透過理論

式-1 に示す波動透過理論式⁴⁾と表-1 に示す計算条件を用いて、周波数別の振動低減量を計算し、図-3 の振動測定結果から求めた応答比に重ねて示した。（図-4 参照）

$$\mu_2 = \frac{2\alpha}{\sqrt{(\alpha^2 - 1)^2 \sin^2 \frac{2\pi}{\lambda_2} w + 4\alpha^2}} \quad [\text{式-1}]$$

ここに、変位振幅 μ_2 、密度 ρ_1 、 ρ_2 、伝搬速度 V_1 、 V_2 、厚さ W 、 $\alpha = \rho_1 V_1 / \rho_2 V_2$ 、 $\lambda_2 = V_2 / f$ である。

3-2. 力の伝達率（防振装置）による振動低減量の推定

式-2 に示す防振装置の力の伝達率⁵⁾の考えを用いて、周波数別の振動低減量を計算し、図-3 の振動測定結果から求めた応答比に重ねて示した。（図-4 参照）

$$\text{力の伝達率} = \frac{F}{F'} = \frac{\sqrt{1 + \left(2h \frac{f}{f_0}\right)^2}}{\sqrt{\left(1 - \frac{f^2}{f_0^2}\right)^2 + \left(2h \frac{f}{f_0}\right)^2}} \quad [\text{式-2}]$$

ここに、振動数 f 、固有振動数 f_0 、減衰定数 h である。

表-1 波動透過理論による振動低減量の計算条件

ρ_1	18kN/m ³	砂地盤の密度
V_1	路盤部 100, 150m/s	$V_s = 80 N^{1/3}$ 式を用いて伝搬速度（せん断波速度）を推定 ・路盤部：砂地盤の N 値の 10～15 程度
ρ_2	19kN/m ³	土のう積層体の密度
V_2	400m/s	土のうの圧縮耐力 q_u より、 $V_s = 134q_u^{0.443}$ 式を用いて伝搬速度（せん断波速度）を推定
f	0.9～90 Hz	測定結果の周波数分析毎の振動数
W	1.6m	路盤部の土のう配置幅 0.32m×5 倍

表-2 土のうの
パラメータ⁵⁾

f_0	25Hz
h	10%～30%

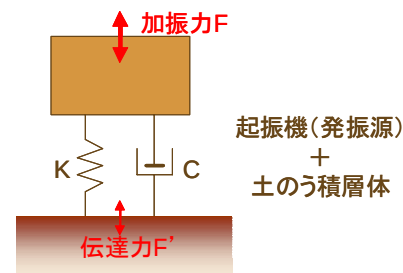


図-2 防振装置模式図

キーワード 土のう、鉄道路盤、鉄道振動、周波数分析、振動低減特性

連絡先 〒541-0052 大阪市中央区安土町二丁目3番13号 パシフィックコンサルタンツ（株） TEL:06-4964-2326

4. 振動低減量の検討結果

波動透過理論による振動低減量の計算値は、図-4 に示すとおり、55Hz 付近をピークとする扇形の曲線となり、1~7dB の振動低減予測結果となった。この計算値は、土のう積層体の厚さを5倍にした場合に鉄道振動の測定結果とほぼ同程度であった。力の伝達率（防振装置）による振動低減量の計算値は、図-4 に示すとおり、下に凸の曲線を示し、25Hz 付近での増加量を再現できたが、60Hz 以上の高周波帯域では再現性が低い結果となった。

図-5 は、図-1 に示す断面で、バラスト設置前の土のう積層体上で振動ローラーを稼働した場合の結果であり、振動低減量にばらつきが見られ、波動透過理論および力の伝達率（防振装置）の両手法とも再現性に課題が見られた。

また、図-6 は、別の現場の試験施工結果で、土のう積層体上でバックホウ作業を実施した場合の振動低減量（土のう積層体の有無で比較）と、力の伝達率（防振装置）による振動低減量の計算値である。これも図-5 の結果と同様に、低周波帯域など大きく剥離するところもあり、再現性に課題が見られた。

以上より、鉄道振動対策として鉄道路盤部に土のうを敷設した場合は、地盤と防振壁の剛性の差（インピーダンス比の差）から振動低減量を推定する波動透過理論での表現と、防振装置としての力の伝達率の考えを適用する表現とを組み合わせることで推定精度が高まると考えられる。ただし、振動ローラーやバックホウなどの加振力が比較的小さい建設機械振動などの場合は、推定値との整合性を評価することは難しい。

5. まとめ

本研究における振動低減効果推定方法の検討から、土のうが十分な拘束状態にある場合は、波動透過理論および防振装置としての力の伝達率を用いて土のう積層体の振動低減特性を表現することは可能であり、振動低減量を推定できる可能性があると考えられる。今後は、さらに現場の試験施工結果のデータ等を収集整理して、土のう積層体の振動低減特性の分析結果データを増やし、振動低減効果の簡易予測方法について検討していきたい。

参考文献

- 1) 松岡元, 村松大輔, 劉斯宏, 井上泰助: 土のうを活用した地盤の環境振動低減法, 土木学会論文集 No. 764/III-67, pp. 235~245, 2004. 6
- 2) 松岡元, 早川清, 川中洋和, 伊藤啓介, 門田浩一, 芦刈義孝: 土のう積層体を用いた砂地盤での振動低減特性—その1: 起振機が土のう積層体上にある場合(発振側での対策)—, 土木学会第62回年次学術講演会, 講演概要集, pp. 339~340, 2007. 9
- 3) 松岡元, 門田浩一, 芦刈義孝: 土のう積層体を用いた鉄道路盤の振動低減特性, 土木学会第62回年次学術講演会, 講演概要集, pp. 343~344, 2007. 9
- 4) 社団法人日本騒音制御工学会編: 地域の環境振動, 7.2 伝播系での対策, (社)日本騒音制御工学会, 技報堂出版, pp. 150, 2001. 3
- 5) 松岡元, 佐野欣吾, 石橋敏久, 八幡夏恵子: 実地盤における土のう積層体の起振機加振実験その2: 土のう積層体の防振装置としてのモデル化, 第41回地盤工学研究発表会講演集, pp. 1085~1086, 2006. 7

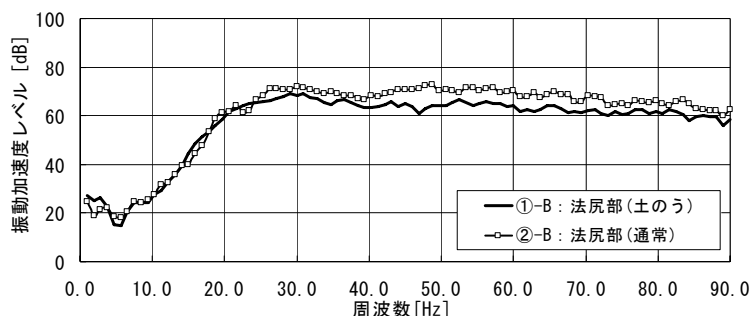


図-3 振動加速度レベルの周波数特性

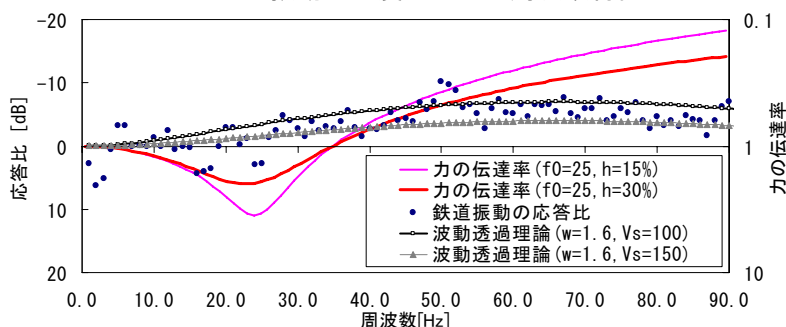


図-4 周波数別の振動低減量の推定結果

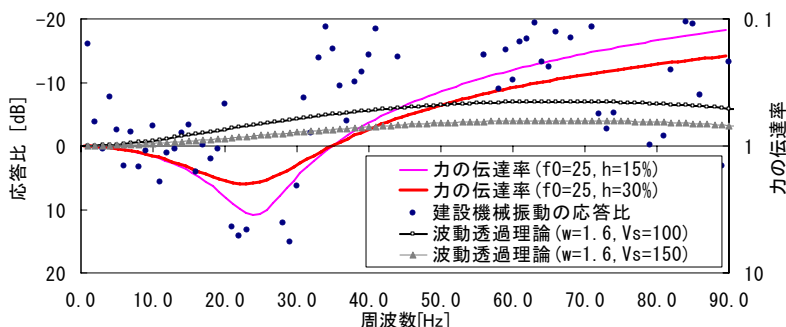


図-5 周波数別の振動低減量の推定結果
(土のう積層体上で振動ローラーを稼働した場合)

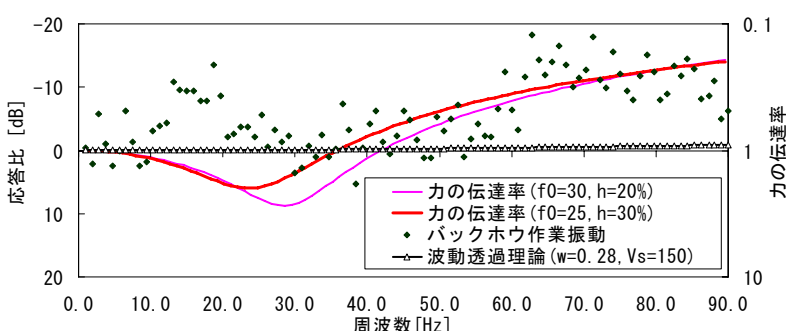


図-6 【参考】周波数別の振動低減量の推定結果
(土のう積層体上でバックホウ作業を行った場合)