

土のう積層体の振動低減効果推定に関する一考察

名古屋工業大学 フェロー会員 松岡 元

立命館大学 フェロー会員 早川 清

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 門田 浩一

正会員 ○芦刈 義孝

1. はじめに

近年、土のう積層体は大きな剛性と、不連続性によるしなやかさを活かし、その卓越振動が相対的に大きくなることによって、他の周波数帯域での振動を低減させる防振装置としての効果があると報告されている^{1), 2)}。本研究は、振動低減対策として土のう積層体を用いた鉄道路盤において、供用後の鉄道振動を対象にした振動低減確認調査(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の推定に関する考察を行った。具体的には、土のう積層体路盤部と通常路盤部における調査結果を整理し、土のう積層体を設置することによる振動低減量について波動透過理論の適用性について考察した。

2. 調査方法

鉄道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。調査地点は、土のう積層体路盤部および通常路盤部の測線について、現地の状況を勘案し、バラスト上(測点①-A, 測点②-A: 軌道中心から 0.8m), 法尻部(測点①-B, 測点②-B: 軌道中心から 4.2m), その背後地(測点①-C: 軌道中心から 6.8m, 土のう積層体路盤部のみ)の計5測点設置した。調査は、列車通過時の振動加速度を測定し、土のう積層体路盤部と通常路盤部の結果を比較することによって、土のう積層体による振動加速度レベル低減量について整理した。今回は、測点①-B, ②-Bにおける振動低減量に着目して、振動低減効果の推定に関する考察を行った。

3. 振動加速度レベルの低減量

列車の走行による振動発生時(測定した列車 32 本の上位半数の平均値)での振動加速度レベル最大値の FFT 分析結果は図-2 に、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～図-5 に示すとおりである。鉄道振動の発振源対策としての土のう積層体の振動低減量は、50Hz 付近が最大で 8～10dB 程度であり、30Hz 以下の低周波数帯域を除く周波数帯域では 2～8dB 程度であった。また、測点①-B, ②-Bにおける振動加速度レベル最大値の低減量は 5dB であった²⁾。これらのことから、土のう積層体は、鉄道振動の発振源対策として用いた場合、5dB 程度の振動低減効果が期待できると考えられる。

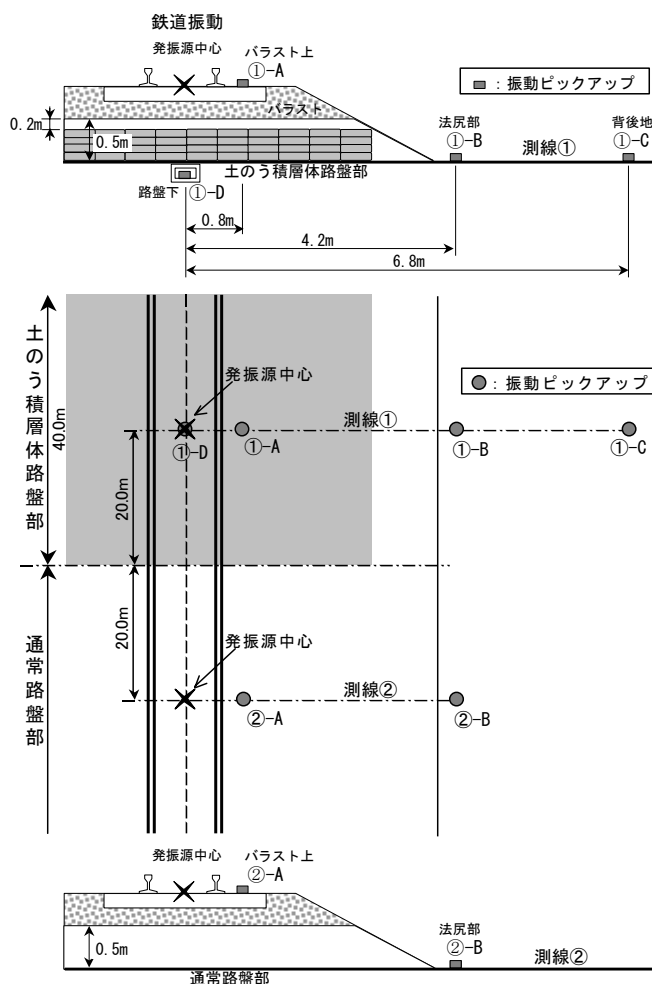


図-1 施工概要および測点位置図

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. 波動透過理論による振動低減量の推定

式-1 に示す波動透過理論式³⁾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～図-5 の振動測定結果のグラフに重ねて示した。

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

ここに、変位振幅 $\mu 2$ 、密度 ρ_1, ρ_2 、伝搬速度 V_1 、厚さ W 、 $\alpha = \rho_1 V_1 / \rho_2 V_2$ 、 $\lambda_2 = V_2 / f$ 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	基礎地盤の密度
V_1	100 m/s 150m/s 200m/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 *基礎地盤の N 値 5~15 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	0.32m	路盤部の土のう配置幅

波動透過理論による振動低減量の計算値は、図-3 に示すとおりである。計算値は鉄道振動の測定結果よりかなり小さく、表-1 の計算条件では、測定値を表現することはできなかった。そこで、土のう積層体のせん断速度 V_2 を 5 倍 ($V_2 = 2000\text{m/s}$) にしたケース、土のう配置幅を 5 倍 ($W = 1.6\text{m}$) にしたケースで、振動低減量を計算値し、それぞれ図-4、図-5 にまとめた。その結果、土のう配置幅を 5 倍 ($W = 1.6\text{m}$) にしたケースでは、60Hz 付近をピークとする扇形の曲線を描く計算値 (1~7dB の振動低減予測結果) となり、測定結果の主な値と同程度になった。よって、波動透過理論では、土のう積層体の振動低減特性を単純に表現することは難しく、波動透過理論で推定する場合には、配置幅に補正を加えるなどの条件が必要になると考えられる。

5. まとめ

本研究において、鉄道路盤部での土のう積層体の振動低減効果は 5dB 程度であった。また、これまでの試験施工・実験測定により、振動発生源の加振力が比較的大きく、土のう積層体が振動発生源の直下に敷かれ、土のうが十分な拘束状態にある場合(鉄道振動対策として鉄道路盤部に使用した場合等)は、土のう積層体の振動低減効果が大きいことが明らかとなっている。ただし、波動透過理論を用いて、土のう積層体の振動低減特性を単純に表現することは難しいことも明らかになった。今後は、さらに現場の試験施工結果および実験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, 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, pp343~344, 2007.9
- 3) 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, p150, 2001.3

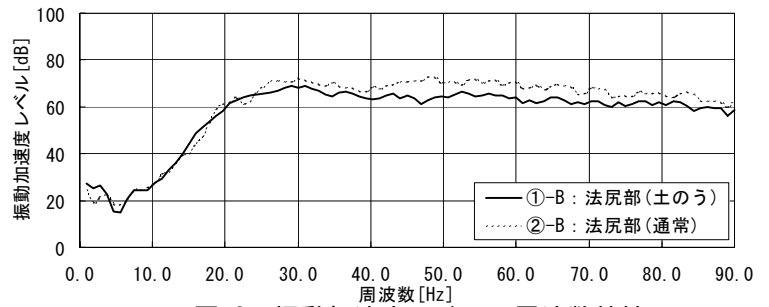


図-2 振動加速度レベルの周波数特性

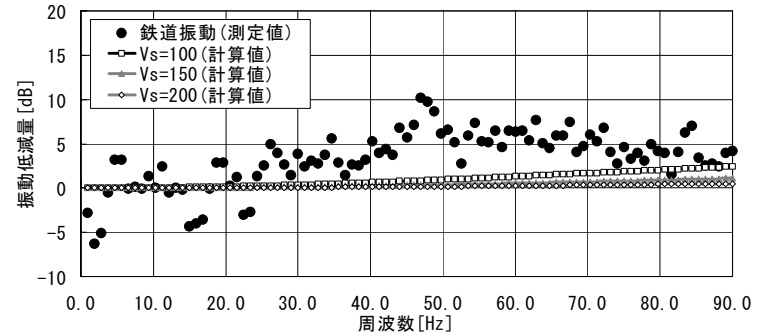


図-3 周波数別の振動加速度レベルの低減量

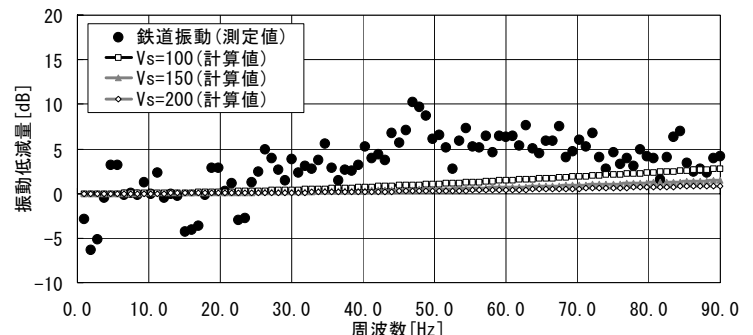


図-4 周波数別の振動加速度レベルの低減量 ($V_2 = 2000\text{m/s}$)

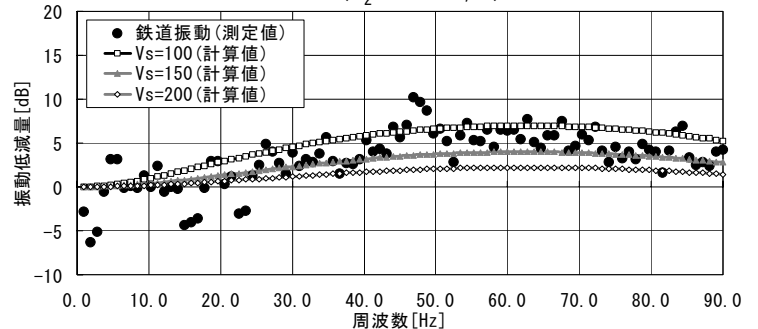


図-5 周波数別の振動加速度レベルの低減量 ($W = 1.6\text{m}$)