

防振溝（搾孔溝，空溝）の振動低減効果

宮川 忠明* 八ッ繁 公一** 神永 敏幸*** 野本 利英*

Vibrational Reduction Effect by Vibration Isolation Trench

by Tadaaki MIYAGAWA, Koichi YATSUSHIGE, Toshiyuki KAMINAGA and Toshihide NOMOTO

Abstract

We investigated the reduction effect of a vibration isolation trench to reduce construction vibration. Two types of trench were examined, one of which had loosened soil by screws, and the other which was empty. We generated the vibration of five examples using a backhoe with a bucket capacity of 0.5m^3 , and measured the vibration level at four locations in the natural ground. As a result, we confirmed the reduction effect of 5dB in the vibration isolation trench with loosened soil, and 7dB in the vibration isolation trench that was empty.

要 旨

建設工事振動を防止するために用いられる防振溝について検証実験を行い，その効果を確認した。実験は，バックホー（バケット容量 0.5m^3 ）を用いて 5 事例の振動を発生させ，一定の距離における 4 箇所の振動レベルを対策前，搾孔溝，空溝について測定し比較した。その結果，振動の発生事例や加振点からの距離により差はあるが，振動レベル L_v による評価において，搾孔溝で $0\text{dB}\sim 9\text{dB}$ （平均 5dB ），空溝で $3\text{dB}\sim 11\text{dB}$ （平均 7dB ）の低減効果があることを確認した。

キーワード：防振溝／振動レベル／工事振動／振動防止

1. はじめに

建設現場においては，周辺住民の生活環境を保全するため，工事騒音や工事振動の防止に努める必要がある。ここでは，工事振動を防止するために用いられる防振溝について検証実験を行い，その効果を確認した。防振溝は，掘った土を取り除き，空溝とするのが一般的であるが，溝の深さは数 m に及ぶため，崩壊や転落等の危険が生じる。今回の実験では，このような危険が生じない防振溝として，アースオーガのスクリーを地中にねじ込み，地盤を緩めたのみで土を残した状態の溝（以降，「搾孔溝」と呼ぶ）における防振効果を確認した。図 1 に搾孔溝の

安全性の説明図を示す。本報では，搾孔溝と空溝の防振効果について，人が感じる振動の強さを表す振動レベルにより評価した結果について報告する。

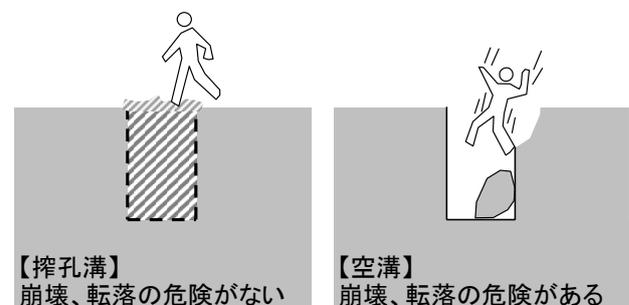


図 1 搾孔溝の安全性の説明図

* 技術研究所環境研究室

*** 技術研究所振動基礎研究室

** 技術研究所部長

2. 法による規制について

建設作業振動に関する法的規制については、振動規制法施行規則第十一条の特定建設作業の規制に関する規準により定められている。以下に概要を示す。

- ・敷地境界線において振動レベルが 75dB 以下とする。
- ・特に静穏の保持を必要とする区域においては、午後 7 時～午前 7 時の作業は行わない。また、1 日の作業時間は 10 時間以下とする。

このように法的に数値が定められているが、振動感覚閾値（人が振動を感じ始める大きさ）55dB を超えると、クレームとなる可能性が高くなることから、法的規制値にとらわれず、十分な振動低減対策を行い周辺住民の生活環境の保全に努める必要がある。

3. 実験方法

実験は、対策前の地山の状態、搾孔溝の状態及び空溝の状態において、バックホー（バケット容量 0.5m³）を用いて 5 パターンの振動を発生させ、加振点から 2m, 7m, 10m, 15m の距離に配置した振動ピックアップにより、振動加速度(m/s²)の時刻歴波形をパソコンのハードディスクに記録した。なお、振動発生パターンの加振は各 3 回行い、そのエネルギー平均値を算出し実測値とした。

3.1 測定場所及び測定日時

a. 測定場所

神奈川県相模原市田名塩田 1-12-1
安藤建設相模原プレハブ工場敷地内
図 2 に相模原プレハブ工場敷地図を示す。

b. 測定日時

2009 年 10 月 15 日（木）9:00-17:00

3.2 加振点及び振動測定点配置図

図 3 に加振点及び振動測定点配置図を示す。測定点①は加振力を一定値に補正するための基準点として設けた。防振溝は、加振点から距離 5m の位置に設けた。防振溝の長さ 8m は実験敷地の制限、幅 1.2m はアースオーガーのスクリュウの直径 0.6m × 2 列、深さ 2m は実際に現場で行う防振対策として負担とならない程度のものであるという判断から決定した。

3.3 振動発生パターン

表 1 に振動発生パターンを示す。振動発生パターンは実際に工事現場で行われる作業を想定し、表に示す 5 パターンについて行った。写真 1 に振動発生

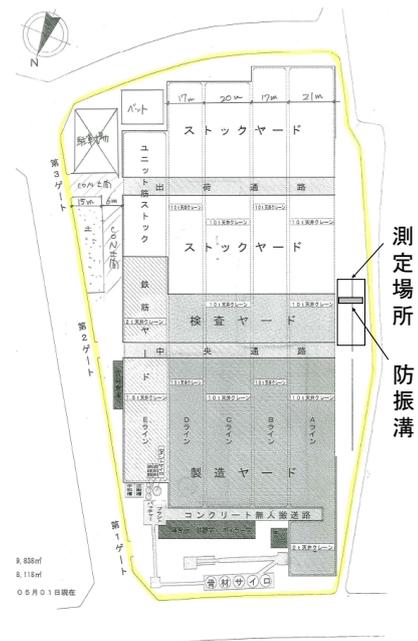


図 2 相模原プレハブ工場敷地図

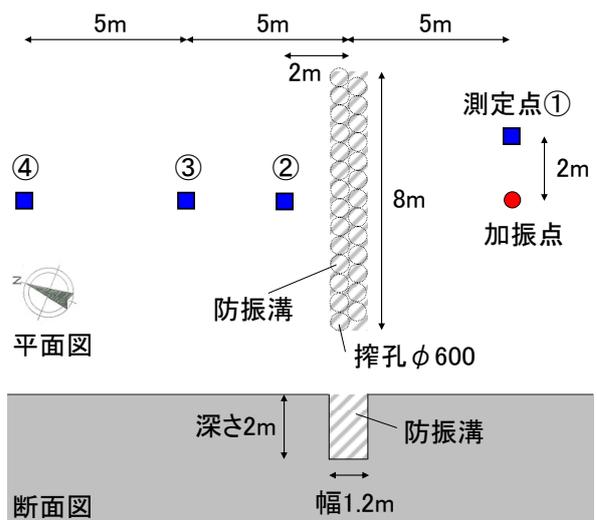


図 3 加振点及び振動測定点配置図

パターン①『土嚢 50kg を高さ 5m から落下』の作業状況、写真 2 に空溝の状況、写真 3 に搾孔の作業状況、写真 4 に振動発生事例③『キャタピラ前部を 30cm 持ち上げ落下』の作業状況を示す。

表 1 振動発生パターン

No	振動発生パターン
①	土嚢50kgを高さ5mから落下
②	バケットを連続して振る
③	キャタピラ前部を30cm持ち上げ落下
④	バケットを80cm持ち上げ地面を叩く
⑤	バックホーの走行



写真1 土嚢落下



写真2 空溝の状況

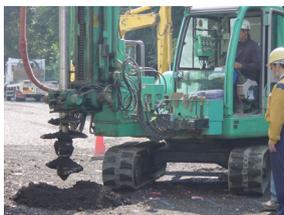


写真3 搾孔の作業状況



写真4 キャタピラ落下

3.4 測定システム

図4に測定システム、表2に測定機器及び解析ソフトの仕様を示す。振動加速度波形の記録は3軸XYZ方向について行ったが、ここでは鉛直振動（Z方向）における解析結果について述べる。

振動加速度波形の記録はサンプリング周波数4kHzで行い、オフラインでの解析においては振動レベルの規定より1Hz～80Hzを対象とした。



図4 測定システム

表2 測定機器及び解析ソフトの仕様

FFTアナライザ	小野測器 グラデュオ DS-2000	チャンネル数 12ch 周波数範囲 DC～40kHz A/D変換 24bit ダイナミックレンジ 100dB
振動ピックアップ	小野測器 NP-7310	感度 100mV/(m/s ²) 周波数範囲 0.1～400Hz +1dB/-3dB 最大使用加速度 35m/s ² 検出器ノイズ 28μm/s ² (rms)
収録ソフト	小野測器 DS-0250 スルーブット	収録チャンネル 最大32ch 収録時間例 44分(16ch,20kHz)
解析ソフト	小野測器 DS-0223 1/1.1/3オクターブ解析	周波数レンジ 0.5Hz～20kHz
	小野測器 Oscope2 時系列データ解析	サンプリング周波数 0.01Hz～20MHz エクスポートファイル形式 csv.orf.wave

4. 測定結果

4.1 振動加速度時刻歴波形の比較

土嚢 50kg を高さ 5m から落下させた時の各測定点の振動加速度時刻歴波形を対策前（地山の状態）、搾孔溝、空溝の状態において比較した。図5に振動加速度時刻歴波形を示す。測定点②～④の波形から、搾孔溝と空溝の振幅が対策前の振幅より小さくなっていることが確認でき、防振溝による防振効果が表れているものと考えられる。

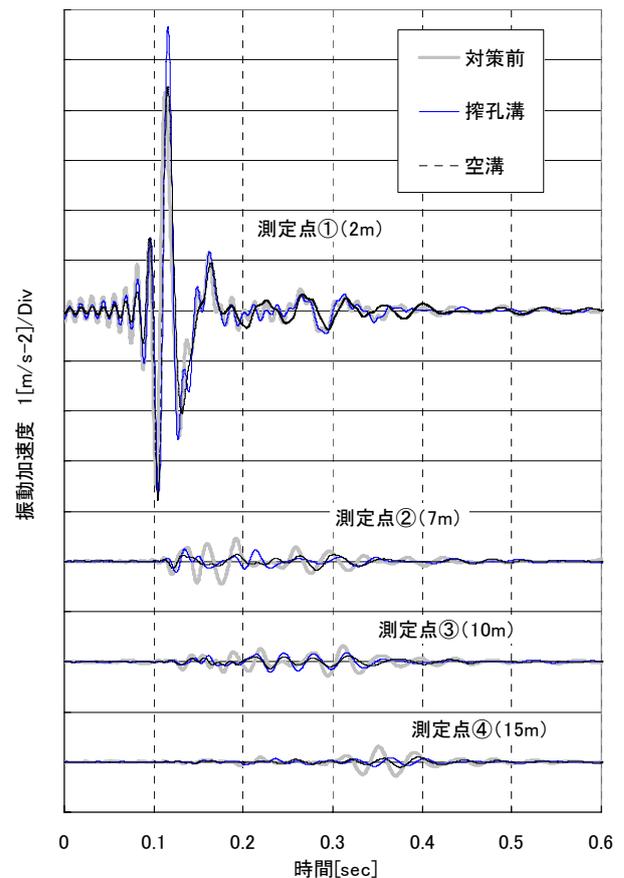


図5 振動加速度時刻歴波形

4.2 振動加速度レベル周波数特性の比較

土嚢 50kg を高さ 5m から落下させた時の各測定点の振動加速度レベル周波数特性を対策前、搾孔溝、空溝の状態において比較した。図6に振動加速度レベル周波数特性を示す。加振力を一定とみなすため、測定点①の搾孔溝と空溝の値を対策前の値で基準化し、測定点②～④の搾孔溝と空溝の値を補正した。測定点②～④において、対策前、搾孔溝、空溝とも、20Hz～40Hzの周波数成分が比較的大きく、搾孔溝、空溝の順に、対策前の値より小さくなっている傾向が確認できる。なお、測定点②と測定点③の6.3Hz

以下で、対策前の値より搾孔溝あるいは空溝の値の方が大きくなっているのは、これら周波数成分では値が非常に小さいため、外乱または機器ノイズによる影響を受けている可能性が考えられる。

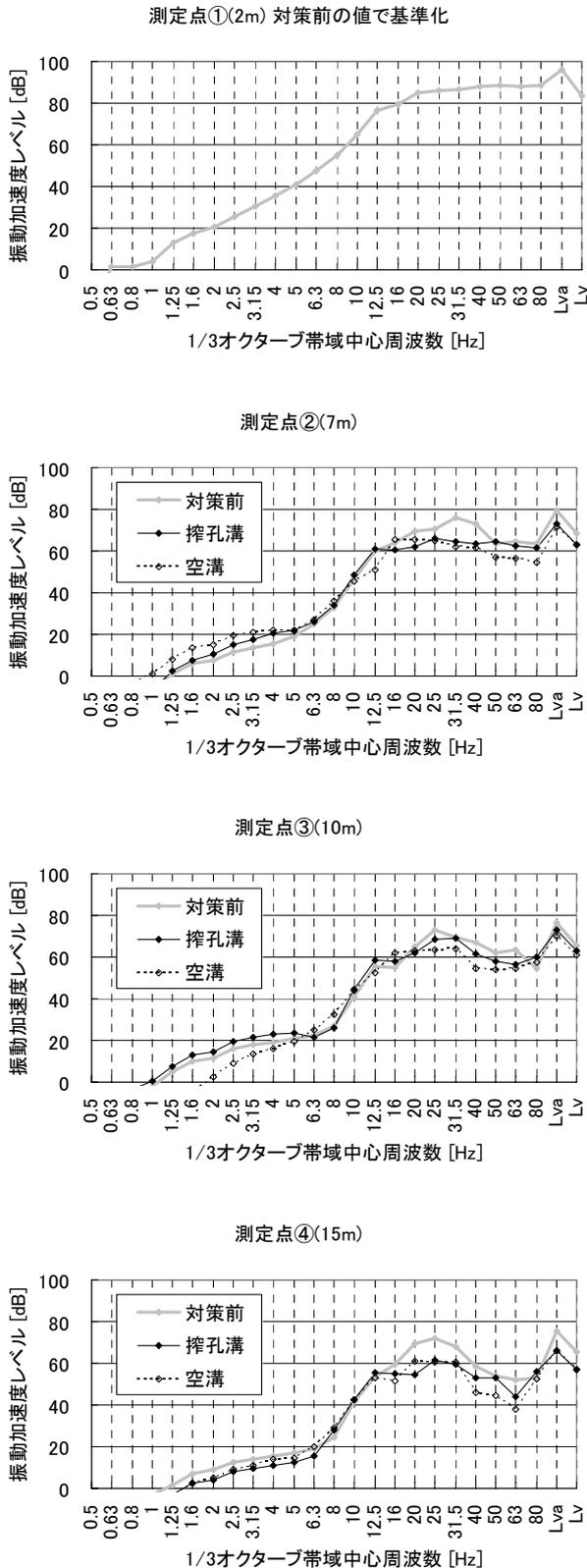


図6 振動加速度レベル周波数特性

4.3 振動レベル Lv[dB]測定結果

表3に振動レベル Lv の評価による測定結果、図7に振動レベル Lv の評価による測定結果グラフを示す。振動レベルが最も大きかった振動発生パターンはバケットで地面を叩いた場合であり、測定点①（加振点から距離 2m）で 94dB であった。また、この場合では、対策前の振動レベルが測定点②で 77dB、測定点③及び④で 75dB であり、振動規制法規制値 75dB 以上の値となっているが、搾孔溝の対策を行うことにより、測定点②及び③で 74dB、測定点④で 69dB となり、振動規正法規制値 75dB をクリアすることが可能となる。他の振動発生パターンについては、加振点より 5m 以上離れた場合には振動規制法規制値 75dB を下回った。また、ガラを振った場合では、対策前の振動レベルは測定点②で 57dB、測定点③で 56dB、測定点④で 55dB であり、振動感覚閾値（人が振動を感じ始める大きさ）55dB を越えているが、搾孔溝の対策を行うことにより、測定点②で 54dB、測定点③で 52dB、測定点④で 50dB となり、振動レベルを振動感覚閾値以下に抑えることができる。

図中の振動レベルの距離減衰式による予測値は、以下の予測式を使用し、バックホー走行時の距離減衰を算出した。実測値と予測値の傾向はおおよそ一致しており、妥当な結果であると考えられる。

$$L_r = L_0 - 20 \log(r/r_0) - n - 8.6 \quad (r - r_0)$$

ここで、 L_r : 距離 r における振動レベル[dB]

L_0 : 基準点 r_0 における振動レベル[dB]

n : 幾何減衰定数（実体波 1）

: 土質定数（粘土 0.01）

4.4 防振溝の防振効果

表4に振動レベル Lv の評価による低減効果、図8に振動レベル Lv の評価による低減効果グラフを示す。防振効果の値は、各加振点からの距離において、対策前の振動レベルの値から各防振溝の振動レベルの値を引いた値である。振動発生パターンの加振力の周波数特性はそれぞれ異なると考えられるため、加振点からの距離と防振溝が同じ条件であっても、振動発生パターンにより防振効果には差が生じている。バックホー走行の場合、加振点からの距離 7m の搾孔溝では防振効果は得られない結果となった。全体的には、振動レベル Lv の評価で、搾孔溝で 0~9dB（平均 5dB）、空溝で 3~11dB（平均 7dB）の防振効果が得られた。

表 3 振動レベルLvの評価による測定結果

加振点からの距離	2m			7m			10m			15m			
	対策前	搾孔溝	空溝	対策前	搾孔溝	空溝	対策前	搾孔溝	空溝	対策前	搾孔溝	空溝	
防振溝													
土嚢50kgを高さ5mから落下	83	対策前の値で 基準化			68	63	63	66	63	61	66	57	57
バケツを連続して振る	70				57	54	52	56	52	50	55	50	48
キャビラ前部を30cm持ち上げ落下	78				68	61	60	63	59	56	63	57	52
バケツで地面を叩く(H=80cm)	94				77	74	74	75	74	71	75	69	67
バックホー走行	69				56	56	52	55	54	49	54	50	48

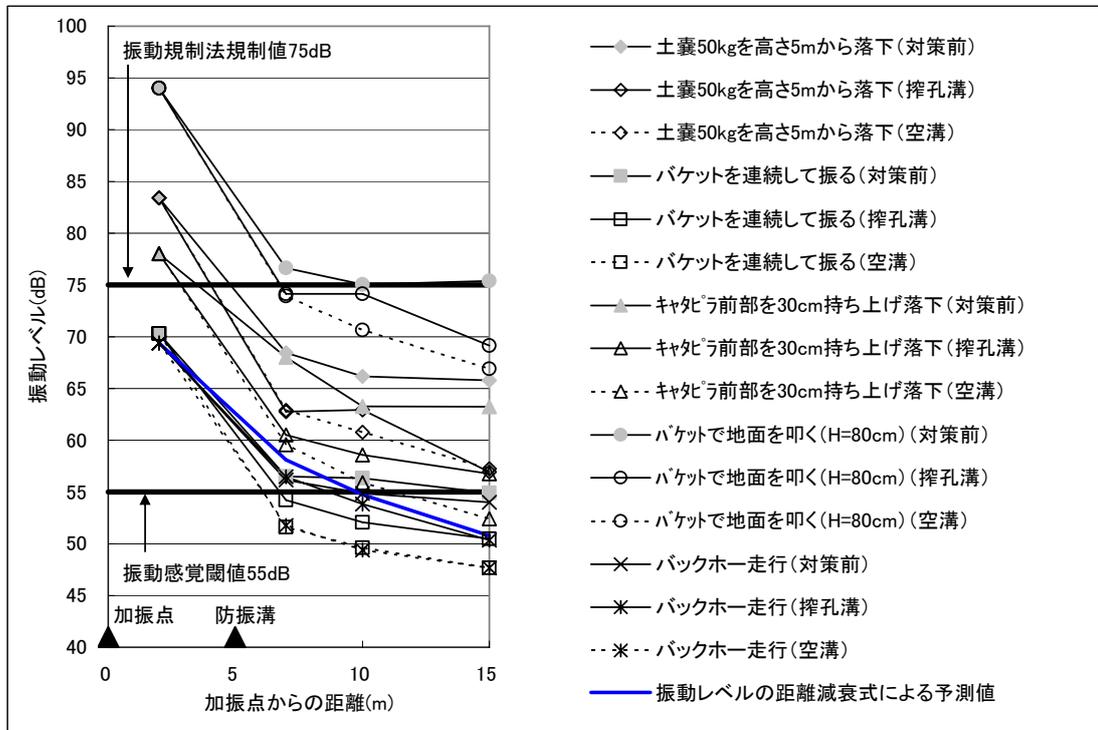


図 7 振動レベルLvの評価による測定結果グラフ

表 4 振動レベルLvの評価による低減効果

加振点からの距離	7m			10m			15m		
	対策前	搾孔溝	空溝	対策前	搾孔溝	空溝	対策前	搾孔溝	空溝
防振溝									
土嚢50kgを高さ5mから落下		6	6		3	5		9	9
バケツを連続して振る		2	5		4	7		4	7
キャビラ前部を30cm持ち上げ落下		8	8		5	7		6	11
バケツで地面を叩く(H=80cm)		2	3		1	4		6	8
バックホー走行		0	4		1	5		4	6
加振点からの距離における平均		4	6		3	6		6	9
搾孔溝、空溝における平均								5	7

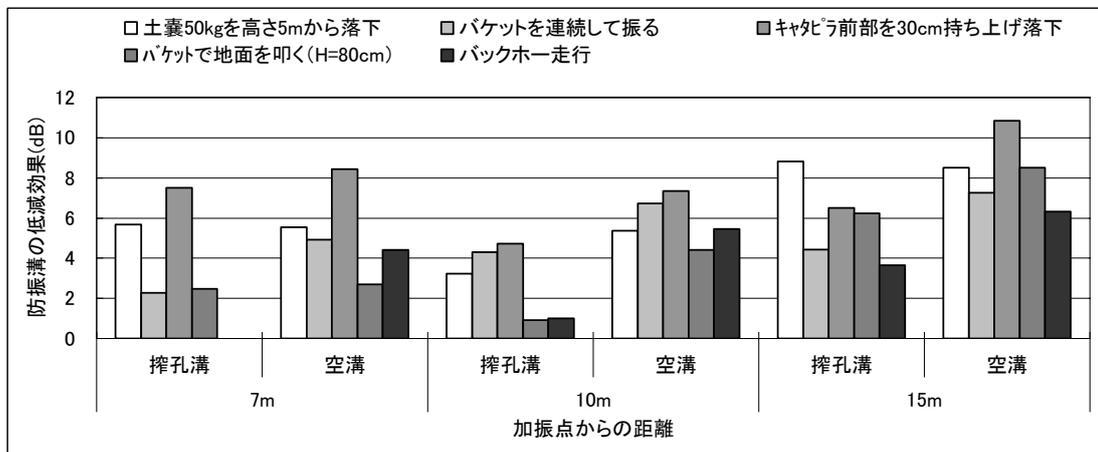


図 8 振動レベルLvの評価による低減効果グラフ

5. 解析的検討

土嚢落下時の防振効果について、FEM 解析ソフト NASTRAN により 2 次元の解析的検討を行った。解析モデルは、幅 30m、深さ 20m の地盤断面とし、0.25m のメッシュに分割した。図 9 に加振点の入力波形とともに、防振溝の振動加速度レベル解析結果を示す。加振点の入力波形は、土嚢落下時の測定点①の振動加速度の波形とインパルスハンマーにより測定した地盤の伝達関数から算出した。地盤の物性値は表 5 に示す値を用いた。地盤の P 波速度 V_p および S 波速度 V_s は、PS 検層試験により、インパルスハンマーによる鉛直加振波形と水平（正逆）加振波形から読み取った。搾孔部のポアソン比については、推定が困難であるため、地山部と同じ値とした。

図 9 の解析結果より、搾孔溝と空溝においては、振動が溝の近傍で大きくなっており、地盤の物性値が異なる境界付近で振動減衰の効果が生じているものと考えられる。防振効果については、搾孔溝、空溝とも、測定点②では 3dB 程度、測定点③では 4dB 程度得られている。现阶段では実測値（測定点②：搾孔溝 7dB、空溝 8dB、測定点③：搾孔溝 4dB、空溝 6dB）との差はあるが、地盤物性値や解析モデルを見直し、整合性を高めていきたいと考えている。

表5 地盤物性値

地盤	ヤング係数E [kN/m ²]	ポアソン比ν	質量密度 [kg/m ³]
地山部	198,122	0.34	1,500
搾孔部	772	0.34	1,300

地山部のポアソン比とヤング係数の算出
 地盤のP波速度 $V_p = 448.4[m/s]$
 地盤のS波速度 $V_s = 222.4[m/s]$

$$\text{ポアソン比} = ((V_p/V_s)^2 - 2) / (2((V_p/V_s)^2 - 1)) = 0.34$$

$$\text{せん断剛性} G = \frac{2}{3} V_s^2 \rho = 73,926[kN/m^2]$$

$$\text{ヤング係数} E = 2G(1 + \nu) = 198,122[kN/m^2]$$

搾孔部のヤング係数の算出

$$\text{ヤング係数} E = 210 \cdot C$$

$$\text{粘着力} C = 98 \cdot N/8$$

$$N = 0.3 \text{ と想定すると、}$$

$$\text{ヤング係数} E = 772[kN/m^2]$$

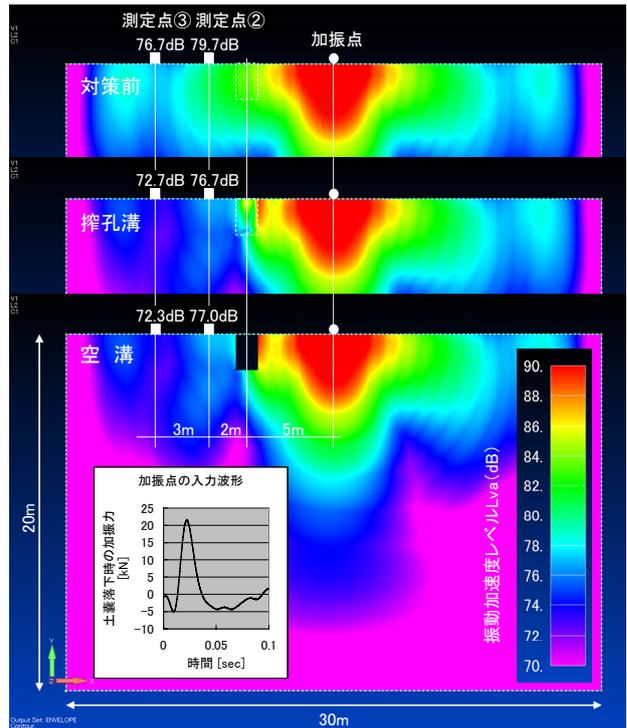


図9 防振溝の振動加速度レベル解析結果

6. 課題

今後の課題としては、地盤物性値や解析モデルを見直し、実測値と計算値の整合性を高め、モデリングのノウハウを習得する。また、平面的な解析も行い、計画地で発生する工事振動が周辺民家に与える影響を視覚的に表現できるようにする。

7. おわりに

搾孔溝と空溝の防振効果について検証実験を行った結果、振動レベルの評価において、空溝で7dB、搾孔溝で5dBの防振効果を得られることが確認できた。また、解析的検討においても、搾孔溝と空溝の近傍で振動減衰の効果が生じている様子を確認することができた。なお、搾孔溝については、一定の防振効果も期待でき、崩壊や転落等の危険もないことから、建設工事振動を防止する対策の一つとして提案できるものとする。

参考文献

[1] 林宏親，西本聡：建設工事による泥炭地盤の振動特性と対策例，寒地土木研究所月報，No.640，pp.29-35，2006.9
 [2] 松本喜代隆，保井美敏，藤堂正喜：防振溝の振動低減効果に関する研究，戸田建設技術研究報告，第29号，pp.40-45，2003