

振動ピックアップの設置方法の違いによる振動レベルへの影響

中央大学 学生会員 ○吉川 嶺
 中央大学研究開発機構 正会員 石井 武司
 中央大学 正会員 齋藤 邦夫

1. はじめに

公害振動に関する振動測定に関して、日本工業規格(JIS)^[1]では、振動ピックアップを『平坦な地表面』上に設置することを推奨し、草地などは避けることを指摘している。これに対し、振動レベル測定マニュアル^[2]にはピックアップを鉄板や測定台上に設置した場合、共振周波数が高くなると記述している。また、既往の研究^[3]より、杭を設けた測定台上で測定は、ある周波数範囲の共振を除去できるとの報告もある。

このように振動ピックアップの設置方法には統一性がなく、振動データの比較に不都合が存在する。そこで本研究では、列車振動を対象とし、様々なピックアップ設置条件と測定データの関係について精査した。

2. 振動測定と評価方法

2.1 設置条件

本研究ではピックアップの設置条件として、直置き、金属板上、草の上、金属板に杭の使用(1本, 3本)の5条件で測定を行った。図1は設置方法の断面図である。直置きはピックアップを地表面に直接設置して、金属板上と草はピックアップの下に敷いている。金属板と杭の詳細を図2、および図3に示す。金属板は4つの穴が空いており、杭(φ12×300mm)を1本の場合は中心に、3本の場合は周辺の3か所に取り付ける。これらの条件を表1にまとめた。ピックアップの設置にあたっては水準器を用いて水平を確保した。なお、ピックアップが10度傾いても計算上0.1dB程度の誤差である。実際に傾けて測定しても計算結果とほぼ同じであった。

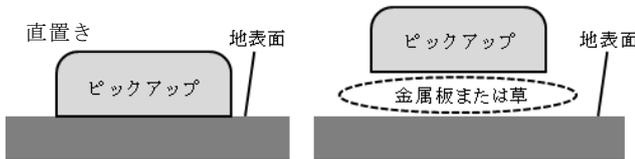


図1 設置方法の断面図

表1 設置条件

| ケース | 条件 | 備考 |
|-----|-----|----------------------------|
| 1 | 直置き | 地表面をよく踏み固めて直接設置 |
| 2 | 金属板 | 200×200×8mm, 2800g, ステンレス製 |
| 3 | 草 | 雑草を摘み, 10本程度敷く |
| 4 | 杭1本 | 金属板の中心に1か所 |
| 5 | 杭3本 | 金属板の周辺に3か所 |

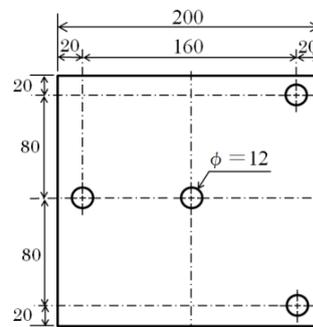


図2 金属板の詳細

(単位:mm)

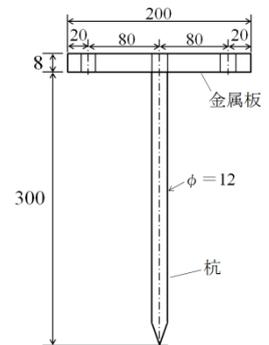


図3 金属板と杭の断面形状

(単位:mm)

2.2 振動検出方法・評価方法

振動の検出には、RION製の3方向ピックアップPV-83C(約φ67×41mm, 335g)を使用した。1列車の通過ごとに5kHzのサンプリング間隔で振動加速度を収録した。振動レベル計を再現した計算ツールによって、オールパスの振動レベル(以下、振動レベルと称す)、および1/3オクターブスペクトルを求めた。この測定を表1の各ケースに対して5列車ずつ測定を行った。図4にケース1の条件で測定した振動加速度の時刻歴波形を示す。列車の台車が通過するたびに振動加速度が大きくなる。この波形から列車は6両編成であることがわかる。測定結果の評価は5本の振動レベルと1/3オクターブバンドスペクトルの平均値で行う。図5に5本分の1/3オクターブバンドスペクトルを示す。各周波数において振動レベルのばらつきが少なく、同じ周波数特性を有している。そこで、周波数ごとに5つの測定値を平均した。

キーワード 振動 ピックアップ 公害 振動レベル

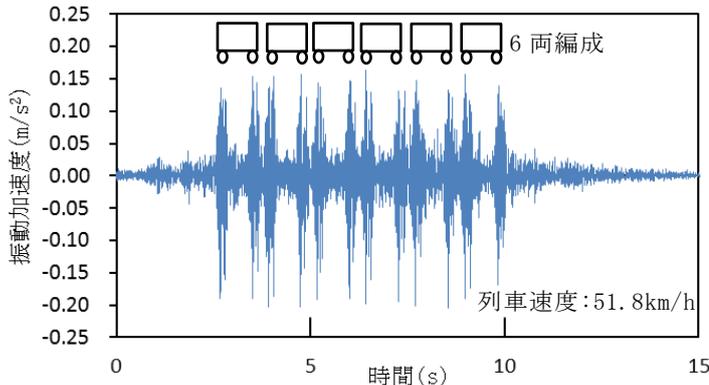


図4 振動加速度波形

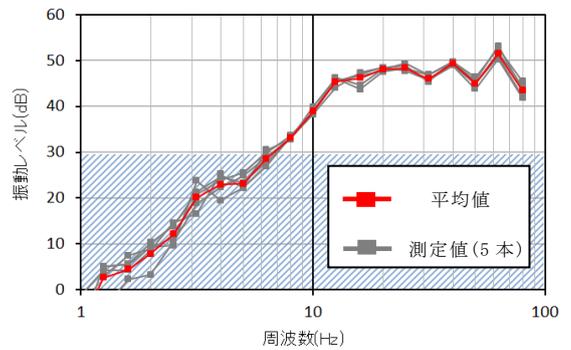


図5 1/3 オクターブ分析の平均処理
(網掛け部は暗振動領域)

2.3 測定位置・測定対象

検討対象は中央大学後楽園キャンパス南面を走行する東京メトロ丸の内線で、測定点と軌道は約 10m の崖を挟んで図 6 のような位置関係にある。ピックアップは図 6 の方向に向けて設置した。

測定点と後楽園駅の距離が 160m と近く、荻窪方面は制動する方向であるため、速度にばらつきが生じやすい。丸ノ内線上下各 40 本を対象に、デジタルカメラで列車速度、振動レベル計で振動レベルを測定した結果を図 7 に示す。荻窪方面は速度と振動レベルの関係に大きな差異がある。よって本研究では池袋方面のみを検討の対象とする。

測定点で深夜に測定した暗振動は約 30dB であり、図 5 にその領域を網掛けで示した。これより列車走行による振動は約 10Hz 以上の周波数帯に表れる。

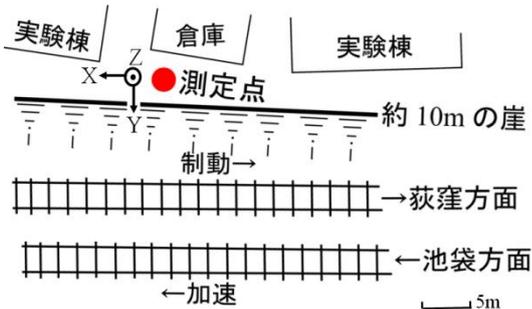


図6 測定位置

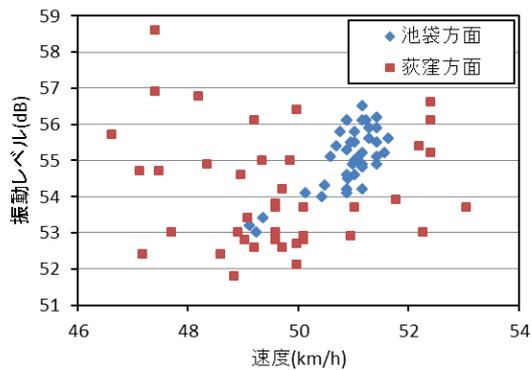


図7 振動レベルと速度の関係図

3. 測定結果

3.1 杭を用いた測定

直置き、金属板上、金属板を杭で固定(1本、3本)の4条件で測定して得られた 1/3 オクターブバンドスペクトル、振動レベルの分布図をそれぞれ図 8、図 9 に示す。

直置きと金属板を比較すると、Z 方向において金属板は直置きと同じような 1/3 オクターブスペクトルと振動レベルになっている。しかし、金属板は X、Y 方向において 60~80Hz で卓越成分を存在させていることがわかる。振動レベルも他の条件と比べ増幅させている。この金属板の卓越成分は金属板をピックアップの下に敷いたことによる共振と考える。この共振は金属板を杭で固定した場合、なくなっている。直置きと杭を使用した場合を比較すると、3つの条件は3方向における 1/3 オクターブスペクトルが同等ということがいえる。振動レベルも大きな違いがない。これは、杭を使用することで地中が締め固まった状態になり、共振が抑えられていると考える。

3.2 現場を考慮した測定

次に屋外の現場で遭遇することがあるような草の上にピックアップを載せた条件の測定について考える。直置き、金属板上、草の上の3条件を比較して、測定に適した設置方法を検討する。各条件の 1/3 オクターブバンドスペクトル、振動レベルの分布図をそれぞれ図 10、図 11 に示す。この3条件の結果は 3.1 の測定と別の日の測定である。

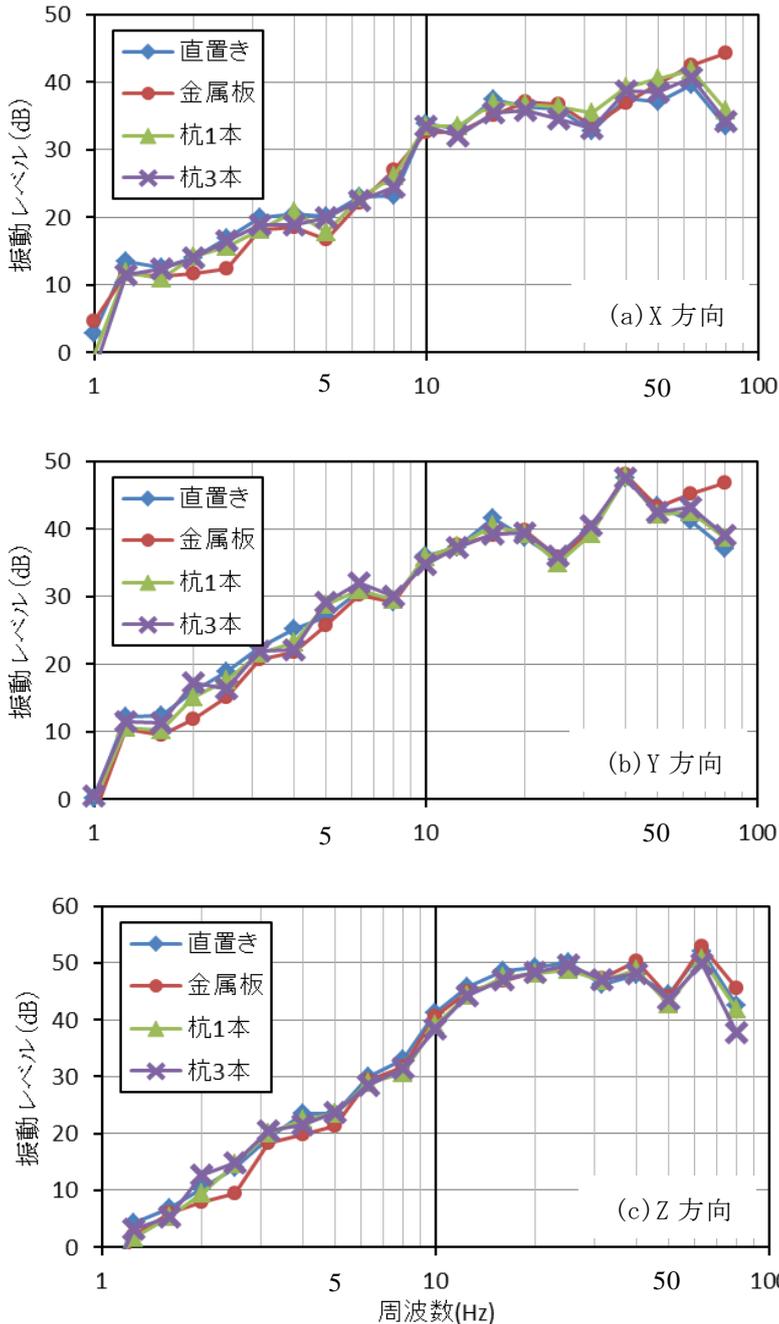


図8 杭を用いた測定 1/3オクターブバンドスペクトル

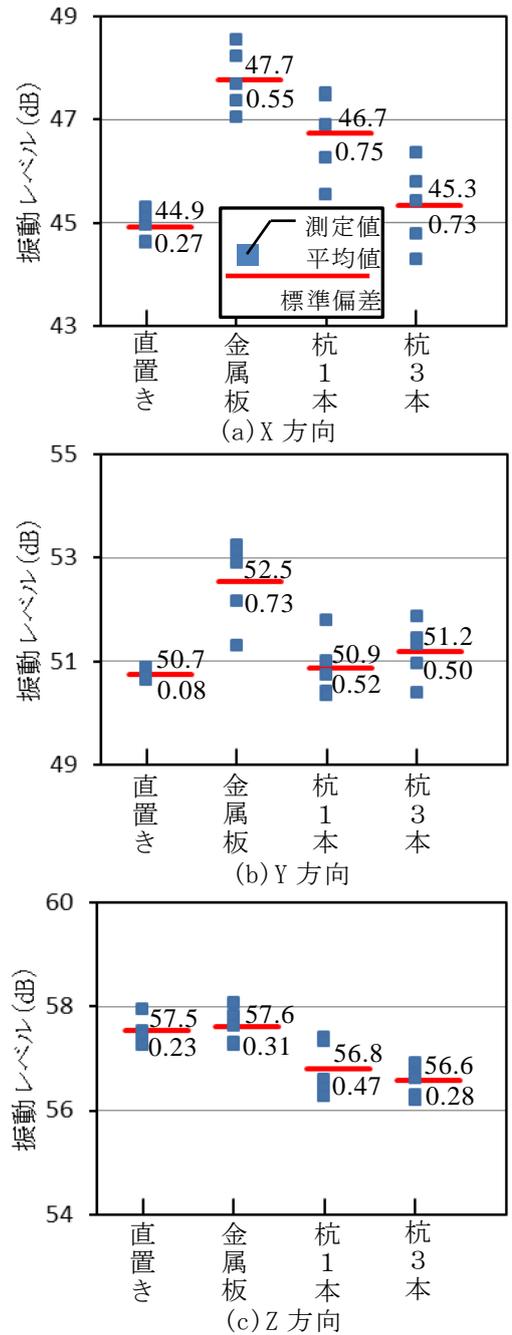


図9 杭を用いた測定 振動レベル

3.1の結果同様、金属板はX、Y方向で共振を生じており、60～80Hzに卓越成分がある。草の場合は3方向において、他の条件よりも低い周波数帯に卓越周波数があり、直置きよりも振動レベルを増幅させている。

金属板のような剛性が高い物体をピックアップの下に敷くとZ方向は共振しないが、X、Y方向では共振する。草のような弾性がある物体を敷くとすべての方向で共振する。

これらの結果より、草地の上にピックアップを設置することは好ましくないと言える。また金属板の上にピックアップを置く設置方法は、Z方向のみ測定する場合は有効である。

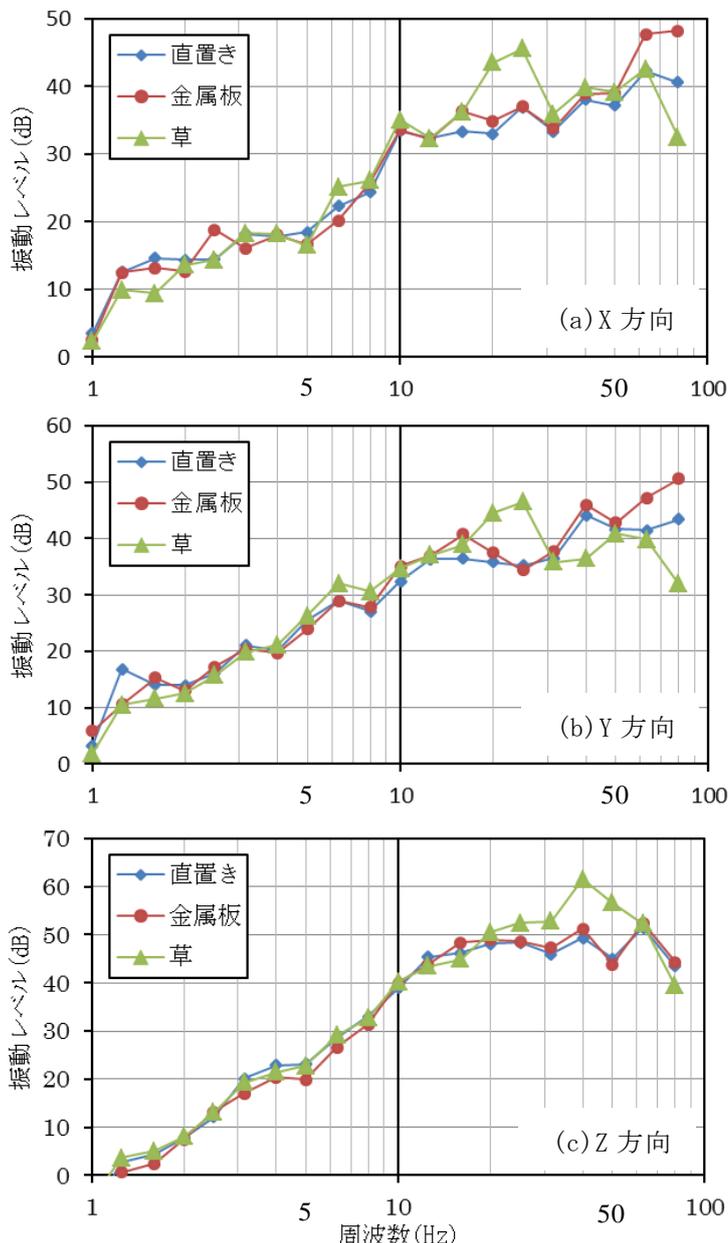


図10 現場を考慮した測定 1/3 オクターブバンドスペクトル

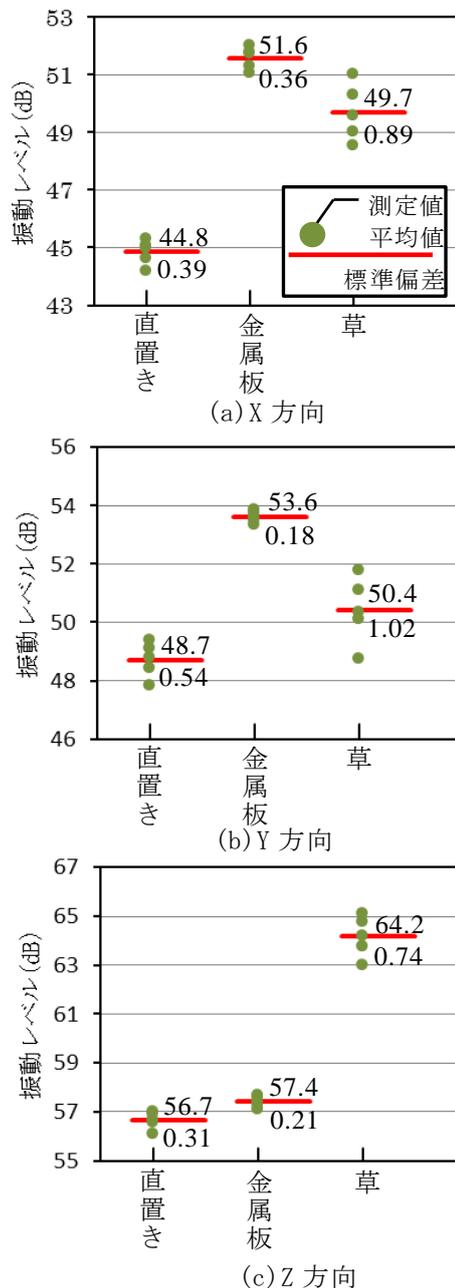


図11 現場を考慮した測定 振動レベル

4. まとめ

今回の測定から得られた結果は以下の通りである。

- 1) 金属板の上にピックアップを設置した場合、Z方向においては直置きと同じようなスペクトルと振動レベルになるが、X、Y方向において、60~80Hzに卓越成分を存在させる。
- 2) 金属板に杭を使用した場合、1)のような卓越成分を抑えることができる。
- 3) 草の上にピックアップを設置した場合、3方向において直置きよりも低い周波数帯に卓越成分を存在させ、振動レベルを増幅させる。
- 4) Z方向のみを測定する場合は、金属板上にピックアップを設置しても振動レベルに大きな差を生じさせないが、X、Y方向を測定する場合は直置き、または金属板に杭を使用して設置することが望ましい。

参考文献

[1] 日本工業規格: JIS Z 8735-1981 振動レベル測定方法, 1981年.
 [2] 日本環境測定分析協会: 環境計量証明事業者のための振動レベル測定マニュアル, 1996年.
 [3] 二井義則・五反田哲郎: 公害用振動ピックアップの地表の設置について, 音響学会誌, vol. 32, pp. 490-493, 1976年.
 [4] 石井武司・金田淳・齋藤邦夫: 列車走行に伴う地盤振動評価のための振動レベル計の数値模擬, 中央大学理工学研究論文集, vol. 21, 2015年.