

S 4. 地盤振動の伝搬経路対策と振動低減効果

(一社)日本建設機械施工協会 ○齋藤 聡輔
 (一社)日本建設機械施工協会 佐野 昌伴
 (一社)日本建設機械施工協会 設楽 和久
 (一社)日本建設機械施工協会 谷倉 泉

1. はじめに

建設工事、道路供用等により発生する地盤振動は、付近の建物に物理的被害を及ぼし、周辺住民に精神的影響を与える場合があり、工事の種別によっては問題となるケースも多い。

ここで振動低減対策の対象とした市街地における高架橋工事は、住宅や学校、病院など人口密集地区に対する地盤振動を低減することが求められている。そのため、施工現場では、工事および道路供用後の振動低減対策が必要である。この現場では、ジョイントを減らした多径間連続橋を採用するほか、新技術である回転杭施工による回転圧入鋼管杭基礎を用いるなど、沿道に対する振動発生量の低減に努めている。しかし、施工現場の近くに住宅があることや橋梁架設位置で厚層 50m の沖積粘性土層の軟弱地盤が分布していることから、さらなる、振動低減対策が必要になった。

本稿では、地盤振動の伝搬経路における振動低減対策として、入手が容易で様々な用途に用いられる鋼矢板や EPS(発泡スチロール)を振動伝搬経路の地中に設置して防振壁とした場合と、これら防振壁と空溝を組み合わせた場合の振動低減効果についてとりまとめたものである。また、その結果をもとに、施工現場における振動低減効果を予測した事例について報告する。

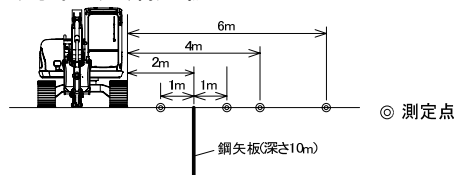
2. 振動低減対策の概要

防振壁の基本材料として、土止めや水止めに用いられる鋼矢板(Ⅲ型、水平方向延長 20.4m、深さ方向延長 10m)を使用した。さらに、振動低減効果を高めるために鋼矢板に沿って EPS(水平方向 12m、幅 0.5m、深さ 1m)か空溝(水平方向延長 20m、深さ 1m または 2m)の設置を行った。地盤振動を比較した振動低減対策の内容と測定位置を図-1 に示す。なお、各対策の比較のため、測定は同一地盤にて行った。

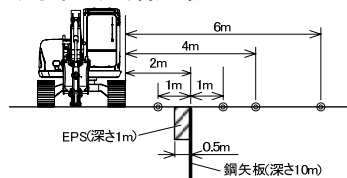
〈測定における振動低減対策の内容〉

- (対策1) 鋼矢板のみ設置した状態
- (対策2) 鋼矢板に沿って EPS を設置した状態
- (対策3) 空溝の設置のみの状態
- (対策4) 鋼矢板に沿って空溝を設置した状態

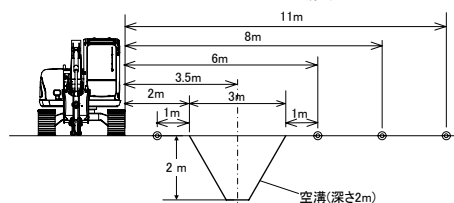
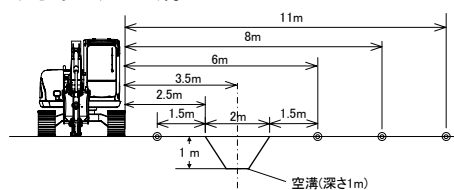
(対策1) 鋼矢板



(対策2) 鋼矢板+EPS



(対策3) 空溝



(対策4) 鋼矢板+空溝

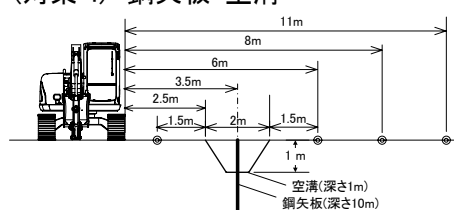


図-1 振動低減対策の内容と測定位置

3. 現地振動測定の概要

振動測定では振動源として 0.7m³ 級のバックホウを使用し、その走行時の振動を測定した。走行は、バックホウ機体側面が振動低減対策箇所の近傍の測定点から 1m 離れた位置に来るようにし、約 6m の走行範囲を前後進するものとした。バックホウの走行範囲と振動低減対策、測定点の位置を図-2 に示す。

測定点は、振動源のバックホウの機体側面より 1m の位置に 1 点、防振壁を挟んで反対側に 3 点を設置した。振動測定は、バックホウの前後進 1 往復を 1 サイクルとする連続した 3 サイクルを 1 回の測定とし、各振動低減対策について 3 回の測定を実施した。

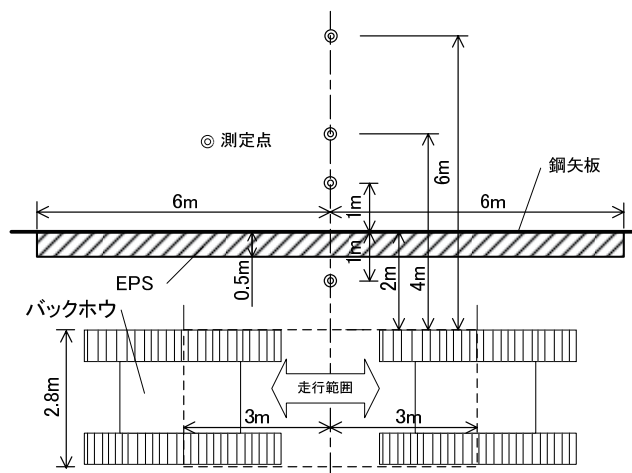


図-2 振動測定の位置 (鋼矢板+EPS)

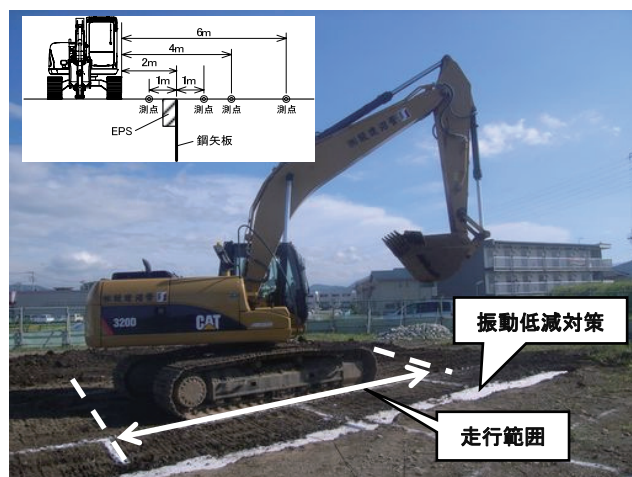


写真-1 振動測定の状況 (鋼矢板+EPS)

4. 測定結果

各振動低減対策について比較した結果は次のとおりである。

4.1 鋼矢板と EPS の振動低減効果 (対策 1, 対策 2)

対策 1, 対策 2 の各測定点における振動レベル L_{10} の低減量を図-3 に示す。同図は、バックホウの機体側面より 1m の位置の測定点を基準として、振動レベルの低減量を取りまとめたものである。この図より、対策を行った場合に振動低減量が増加していることから、対策による低減効果が確認された。対策 1 は鋼矢板から 1~4m 離れた位置で無対策の場合と比べて 3~5dB 低減していた。さらに鋼矢板に EPS を付加した対策 2 の場合では、振動低減効果はさらに 5dB 程度の向上が確認された。

4.2 空溝による振動低減効果 (対策 3)

対策 3 の空溝の深さが、1m と 2m の各測定点における振動レベル L_{10} の低減量を図-4 に示す。同図より、空溝の中心から 2.5m~7.5m 離れた位置の振動低減量は、深さ 1m (地表面の開口幅 2m) の場合で無対策の場合と比べて約 5dB であった。さらに空溝を深さ 2m (地表面との開口幅 3m) とした場合は、深さ 1m の場合と比べてさらに約 3dB の振動低減効果が向上することが確認された。

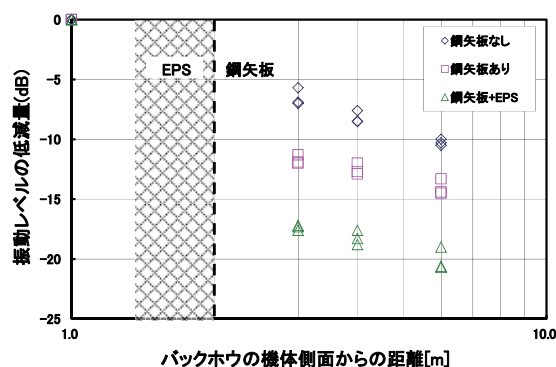


図-3 地盤振動の距離減衰の比較 (対策 1, 対策 2)

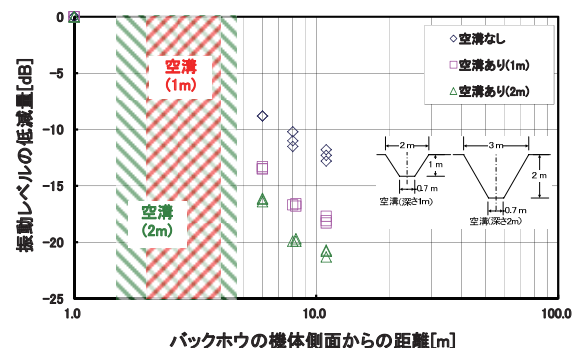


図-4 地盤振動の距離減衰の比較 (対策 3)

4.3 空溝と鋼矢板による振動低減効果(対策4)

対策4の振動レベル L_{10} の低減量を図-5に示す。同図より、鋼矢板(空溝中心)から2.5m離れた位置では、3~4dBの振動低減効果が確認された。しかし、鋼矢板からの距離が4mを超える位置では、対策の効果はあまりなく振動低減量はほぼ同じ結果となった。これは、振動低減対策の端部を回折した振動の影響を受けたものと考えられる。

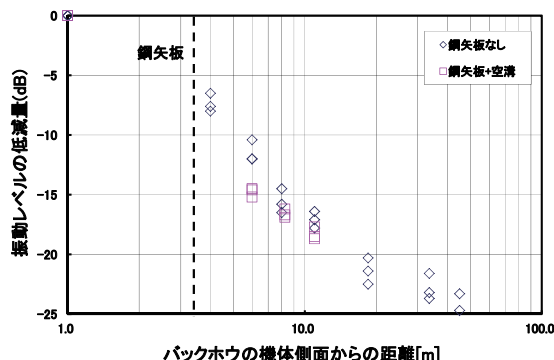


図-5 地盤振動の距離減衰の比較(対策4)

5. 検証・考察

現地振動測定の結果から、振動伝搬経路における振動低減効果の検証を行った。

5.1 周波数分析による振動低減効果

振動低減対策がない場合の各測定点の地盤振動の周波数特性を図-6に示す。同図より、振動源としたバックホウの走行による振動加速度レベルは、5Hzおよび31.5Hzの周波数が卓越しており、振動源より離れた測定点も周波数特性に変化はみられない。なお、各振動低減対策の比較では、測定下限値の30dBを下回る3.15Hz以下の周波数帯域を除いた。

(1) 鋼矢板とEPSの振動低減効果の特性

振動低減対策箇所を挟む測定点間の各周波数の振動加速度レベルの低減量について、対策1と対策2の低減効果を図-7に示す。同図の振動低減効果は、無対策の場合における各周波数の振動加速度レベルに対する低減量を比較したものである。

対策1の場合は、63Hzにおける低減効果はみられないものの、その他の周波数では低減効果が確認でき、その中でも20~40Hzで効果が大きく、他の周波数と比べて5dB程優れている。さらに対策2の場合は、80Hzを除く周波数で、鋼矢板の場合と比べて約5dBの振動低減効果の向上がみられた。

(2) 空溝の振動低減効果の特性

対策3の空溝の深さが1mと2mの場合の各周波数における振動加速度レベルの低減量を図-8に示す。深さ1mの空溝では、25~80Hzが主に低減しており、その中でも40Hzの振動低減効果が優れている。深さ2mの場合も同様に40Hzの低減効果は大きく、深さ1mの場合と比べてほぼ全ての周波

数帯域で約3dBの振動低減効果の向上がみられた。

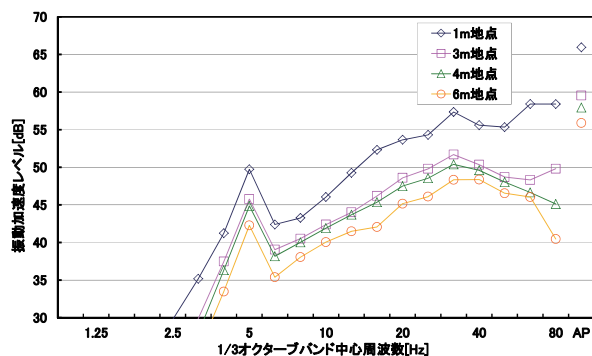


図-6 周波数特性(無対策)

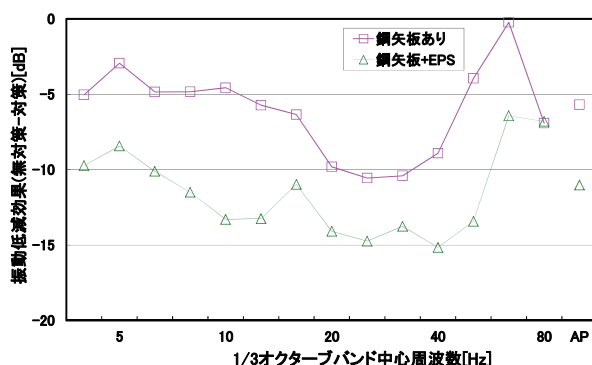


図-7 周波数による比較(対策1, 対策2)

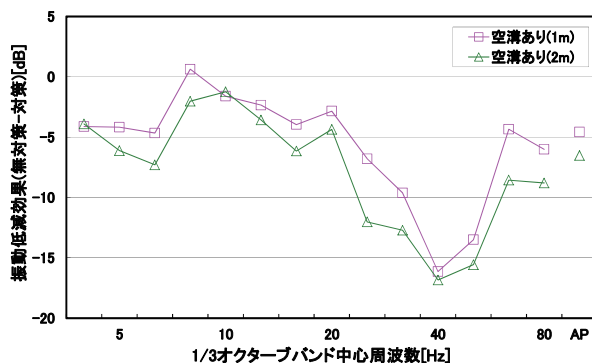


図-8 周波数による比較(対策3)

5.2 鋼矢板延長による振動低減効果の予測

民家など振動低減対策の対象となる場所や方向に対して、防振壁の設置により地盤振動の低減を図るには、防振壁の端部を回折する振動を考慮した対策を選定しなければならない。

本測定を実施した施工現場で、回転杭施工時における地盤振動の低減対策を検討するため、敷地境界における鋼矢板の設置について振動予測を行った。振動予測は、地表面を回折する振動をより低減するために必要な鋼矢板の延長距離について行った。予測地点における振動予測は、道路環境影響評価の技術手法における標準予測手法である距離減衰式¹⁾を基本とした。振動源からの距離 $r(m)$ における振動レベル $L(dB)$ を導くための距離減衰式の基本式は式(1)で示される。

$$L = L_0 - 15 \log_{10} \left(\frac{r}{r_0} \right) - 8.68 \alpha (r - r_0) \dots \dots (1)$$

ここで、 L_0 は基準点における振動レベル、 r_0 は振動源から基準点までの距離(5m)、 α は内部減衰係数である。予測は、予測地点が振動源から離れるほど内部減衰係数の影響が大きくなり振動低減効果が有利になると判断して、内部減衰係数を無視するものとした。振動の距離減衰は、図-3、図-4の測定結果より導いた近似式の係数を用いるものとした。回転杭施工時の振動の大きさは、オールケーシング工法における文献値²⁾を参考として、基準点における振動レベルを $L_0=65\text{dB}$ とした。

上記条件による地盤振動に対して、民家における振動低減対策として、鋼矢板を60m設置した場合の振動低減効果を予測したコンター図を図-9に示す。振動源より15m離れた位置に鋼矢板を設置することで振動低減の対象となる民家付近では、約5dBの低減効果が予測される。

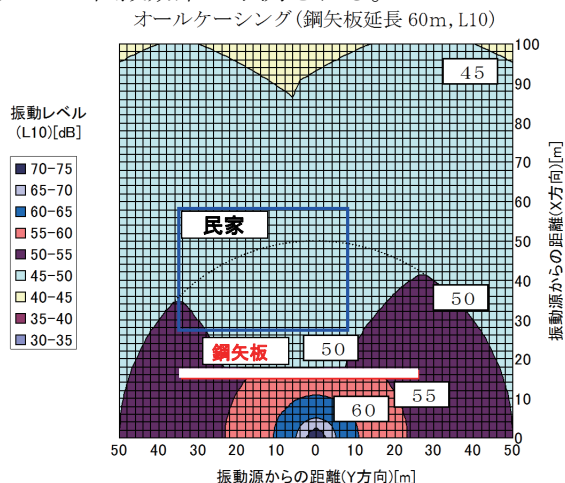


図-9 振動低減効果の予測

5.3 現場での振動低減対策とその効果

図-9では、鋼矢板を60mより更に延長することで、鋼矢板の端部から地表面を回折する振動が更に低減することが予測される。しかし、振動低減対象場所で地中を回折した振動の影響が大きくなり、振動低減効果には限界がある。

本測定を実施した施工現場では、振動源となる掘削機械の周囲に設置コストが安い空溝を設けることで振動低減対策を図り、また、重点箇所に対しては、敷地境界に鋼矢板、振動源に近い位置に表層部深さ1mの空溝を設けた。このように工事中に振動低減対策を施すことにより、施工現場周辺に対する環境対策を図ることができた。

6. まとめ

本稿において、鋼矢板、EPS、空溝を組み合わせた振動低減対策の現場振動試験の効果を検証した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 鋼矢板を振動低減対策とした場合(対策1)、振動レベル L_{10} の振動低減効果は3～5dBであり、EPSを付加した場合(対策2)では、さらに5dB低減した。周波数特性は、対策1、対策2ともに20Hz～40Hzに対して優れた低減効果がみられた。
- (2) 空溝を振動低減対策とした場合(対策3)、空溝の深さ1mの振動レベル L_{10} の振動低減効果は約5dBであり、空溝の深さ2mでは振動低減効果が約3dB向上した。周波数特性は40Hzで優れた低減効果がみられた。
- (3) 振動低減対策の設置長さが十分でない場合、防振壁の端部を回折する振動の影響が大きくなり、低減効果が低下する。振動源に対する囲い込みや設置長さを延長することにより、振動の回り込み距離を大きくすることで距離減衰による振動低減効果の向上が期待される。

7. おわりに

本稿の現地振動測定により、空溝、鋼矢板による振動低減対策が高い低減効果を発揮することがわかった。この結果が、住宅密集地など地盤振動低減が求められる建設工事および道路供用における振動低減対策の参考になればと考える次第である。

参考文献

- 1) 財団法人道路環境研究所：道路環境影響評価の技術手法 2007改定版,第2巻,pp. 330～338, 2007年
- 2) 社団法人日本建設機械化協会:建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック(第3版),pp.138～141, 2001年