

シールド掘進中におけるビット切削時の振動発生メカニズムの定量的評価

鹿島建設(株) 正会員 ○吉迫和生 森 嘉一 串田慎二 坂根英之
川野健一 佐藤一成 永谷英基

1. はじめに

シールド工法は建設工事が地上部に与える影響が少なく、安定施工が可能なことから、住宅街や都市部の直下の施工時においても採用されている。しかしながら、図-1に示すような施工時にシールドマシンから発生する振動が問題¹⁾となる事例もあり、振動発生メカニズム解明が求められている。

振動の発生源として様々な要因が考えられる中²⁾、ビットでの地盤切削による振動に着目した。本研究では、ビットによる地盤切削時に発生する振動を室内模型実験によって定量的に評価し、振動発生メカニズム解明に向けた基礎データを得たので報告する。

2. 振動模擬実験の概要

ビット切削によって発生する振動を評価するために、写真-1、図-2、図-3に示す実験装置を製作した。土槽(W2,000mm×D800mm×H600mm)には砂地盤を模擬し、砂質土を充填した。砂質土は4~7号珪砂を使用し、湿潤密度を 1.82 g/cm^3 に設定した。ビットは油圧ジャッキもしくはハンドウインチで動かし、切削距離は1,000mmとした。実験装置から発生する振動が加速度計へ与える影響を排除するため、土槽および架台となる鋼桁の下に振動低減材³⁾を敷設した。加速度計をビット先端から深さ方向に200mm、かつ切削距離の中心位置に設置した。ビットの形状は鋭角型と鈍角型(写真-1)の2種類を使用した。実験条件は表-1に示すとおり、切削速度を4水準、切削深さを3水準に設定した。実験時はビットの切削方向と鉛直方向の振動を加速度計で計測し、サンプリング周期は $500\text{ }\mu\text{s}$ 、計測周波数は $1\sim 80\text{ Hz}$ とした。結果は0.001秒(20点)の移動平均を用いて統計的に分析⁴⁾し、3回の実験結果の平均値で結果を評価した。

3. 振動模擬実験の計測結果

ビットによる計測方向別の振動計測結果について、鋭角型を図-3、4に、鈍角型を図-5、6に示す。計測方向に関わらず、どちらの形状でも切削速度の上昇に伴って振動加速度レベルが上昇し、徐々に一定となる傾向を示した。

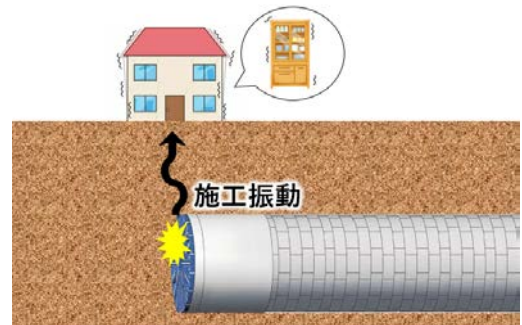


図-1 ビット切削振動の伝播イメージ

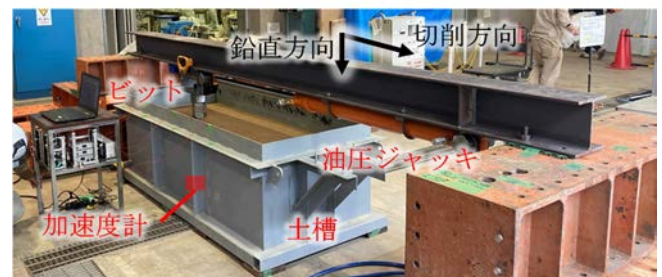


写真-1 実験装置の外観

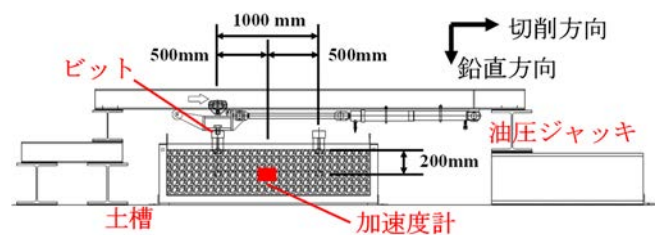


図-2 実験装置の側面図

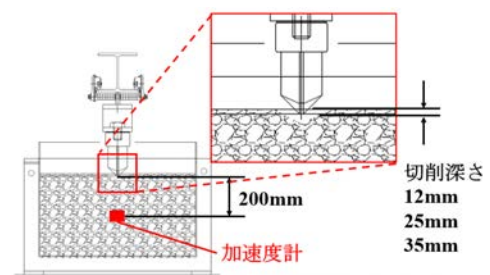


図-3 実験装置の断面図

キーワード ビット, 切削振動, 切削深さ, 切削速度, 加速度計, 振動加速度レベル

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株)土木管理本部 TEL 03-5544-1111

まず、鋭角型ビットにおいて、切削深さが振動加速度レベルに与える影響を分析したところ、切削深さが 12 mm から 25 mm へと深くなるにつれて、振動加速度レベルは切削方向および鉛直方向ともに 5 dB 程度の増加を示した。切削深さを 25 mm から 35 mm へと変更した場合、切削方向および鉛直方向の振動加速度レベルに大きな差はなく、切削深さ 25 mm において振動加速度レベルがピークを示した。次に、切削速度が振動加速度レベルに与える影響を分析した。切削速度が 6 m/min から 12 m/min へと増加した場合、切削方向および鉛直方向で 2～5 dB 程度の増加を示した。しかしながら、切削速度を 12 m/min から 24 m/min へと変更した場合、切削方向および鉛直方向の振動加速度レベルに差がなく、切削速度 24 m/min で振動加速度レベルがピークを示した。なお、通常のシールド工事では、掘進速度より求めた切削速度は約 24 m/min であることから、今回の実験条件の最大切削速度に設定している。

鈍角型ビットにおいて、切削深さが振動加速度レベルに与える影響を分析したところ、鋭角型と同様に切削深さが 12 mm から 25 mm へと深くなるにつれて、振動加速度レベルが 3 dB 程度の増加し、切削深さ 25 mm で振動加速度レベルのピークを示した。次に、切削速度が振動加速度レベルに与える影響を分析した。切削速度を 3 m/min から 24 m/min に変更すると、速度上昇に伴って切削方向および鉛直方向の振動加速度レベルが 5～10 dB 程度増加した。振動加速度レベルは、総じて鈍角型ビットの方が鋭角型ビットよりも大きくなった。

以上の結果から、切削深さが振動加速度レベルに与える影響はビットの形状に関わらずほぼ同等であり、切削速度が振動加速度レベルに与える影響はビット形状が支配的であることが明確になった。

4. おわりに

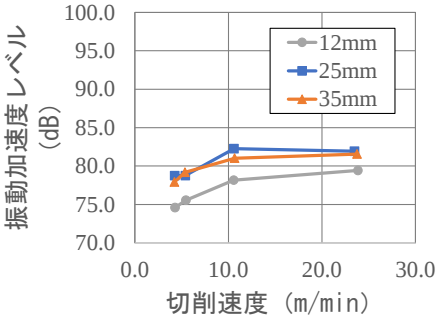
シールドマシンによるビット切削振動を定量的に評価した。その結果、切削速度およびビット形状と振動加速度レベルの相関を明らかにできた。今後は振動評価システムを構築し、ビット切削振動の地表面への伝播緩和技術の確立を目指す。

参考文献

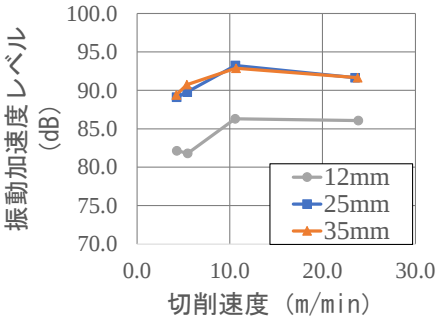
- 1) 国土交通省シールドトンネル施工技術検討会:シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン, 2021.
- 2) 佐藤ら:大断面シールドの振動抑制掘進に関する施工実績,土木学会第78回年次学術講演集(投稿中), 2023.
- 3) 高木ら:エラストマー製特殊網状シートによる発電機の振動低減効果の検証,土木学会第77回年次学術講演集, 2022.
- 4) 一般社団法人 日本環境測定分析協会:環境計量証明事業実務者のための振動レベル測定マニュアル, 2012.

表－1 試験設定条件

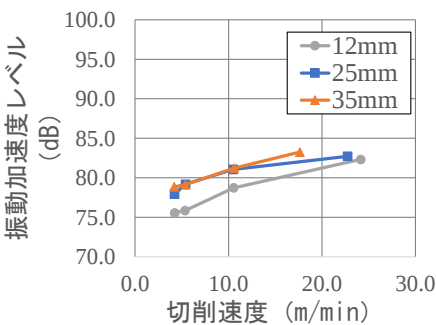
形状	鋭角型	鈍角型
		
切削速度 (m/min)	3, 6, 12, 24	
切削深さ (mm)	12, 25, 35	



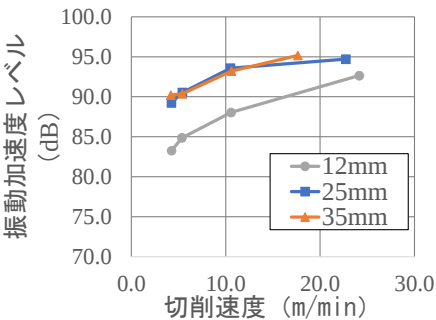
図－3 計測結果（鋭角型 切削方向）



図－4 計測結果（鋭角型 鉛直方向）



図－5 計測結果（鈍角型 切削方向）



図－6 計測結果（鈍角型 鉛直方向）