

### 高耐久性カッタービットの開発 (その4)

#### 一 応答加速度の違いに着目したカッタービットの切削性能に関する一考察 一

(株)奥村組 ○正会員 木下 茂樹 正会員 川嶋 英介  
正会員 伊東 俊彦 正会員 今泉 和俊

#### 1. はじめに

シールド切羽の掘削機構であるカッタービットは、近年の大断面、長距離、大深度化に対応するため、耐摩耗性や耐久性の向上が求められている。これらを背景に筆者らは、高耐久性のシールド機カッタービット(「スタミナビット」)の研究に取り組んでいる。本稿では、形状の異なるカッタービットについて、切削時の応答加速度を計測する装置を用いた実験を行うことで、切削性能に関する評価を行った結果について報告する。

#### 2. 先行ビットの形状

シールドのカッターヘッドには、地盤を掻き落として掘削する「ティースビット」と、切削して掘削する「先行ビット」を併用して配置することが一般的である(図-1)。このうち先行ビットは、あらかじめ切羽地盤に円環状に溝を掘削することで切羽に自由面を形成し、ティースビットの掘削効率を向上、切削時の衝撃や摩耗を緩和することを目的としている。

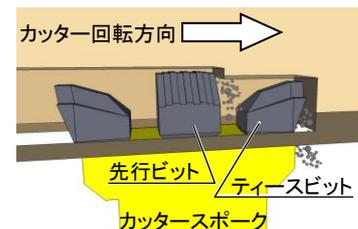


図-1 ビットによる地盤切削

また、実工事のシールドマシンの先行ビットは、切羽の土質に対し、主に礫質土に使用するシェル型(図-2: ビット1)と、粘性土に使用するルーフ型(図-3: ビット2)を選択して使用している。

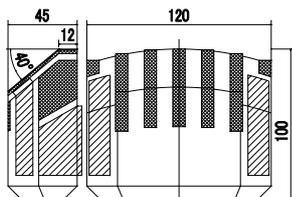


図-2 シェル型先行ビット (ビット1)

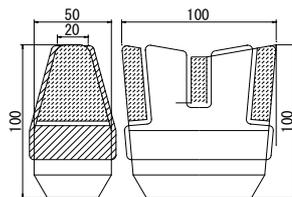


図-3 ルーフ型先行ビット (ビット2)



#### 3. 応答加速度実験装置の概要

実験装置は、筆者らが開発<sup>1)</sup>している「シールド切羽可視化システム」の要素実験用に製作したもので、シールドの掘進とカッターの回転を模擬的に再現し、ビットにより地盤を掘削させる構造となっている(写真-1)。装置の上下方向の押しつけ速度(z方向)はシールドジャッキの伸長速度(シールド掘進速度)に、横方向の水平移動速度(x方向)はシールドカッターの回転速度に該当する(写真-2)。

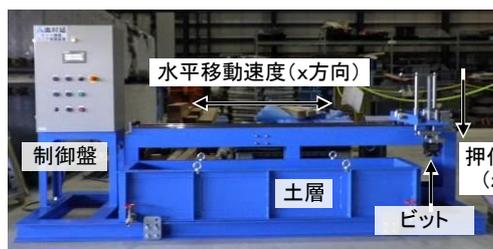


写真-1 応答加速度実験装置



写真-2 カッターの方向

水平移動速度(x方向)はシールドカッターの回転速度に該当する(写真-2)。

#### 4. 切削実験

本研究では、カッタービットの形状の違いによる切削性能の判断基準として、切削時の応答加速度に着目した。実験は各ビットに対し、3種類の土質(粘土、砂、砕石)で、押しつけ速度および水平移動速度をそれぞれ変化させ、応答加速度を計測した。なお、計測データはサンプリング周期を1.0μs、加速度範囲を0~4000cm/s<sup>2</sup>とし、高密度の計測を行っている。

#### 5. 実験結果

##### (1) ビット形状ごとの応答加速度に関する実験結果

図-4は、粘土地盤を切削した時のビット1、ビット2の応答加速度の平均値を整理したもので、縦軸に

キーワード シールドトンネル, カッタービット, 高耐久性, 応答加速度

答加速度 (X 軸方向平均), 横軸に水平移動速度を表示している. どちらのビットも水平移動速度に比例して応答加速度が増加している. また, X 軸方向は Z 軸方向に対して約 2 倍の応答加速度となっている. このことは砂地盤で行った実験結果 (図-5) においても同じ傾向となっている.

次に礫地盤を模擬して RC 砕石で作成した地盤における実験結果を図-6 に示す. 特徴として, ビット形状の違いによらず X 軸と Z 軸の応答加速度がほとんど等しくなっている. またビット 1 は, 応答加速度が水平移動速度に比例せず, 225mm/s で最大となっている. この傾向は, 締固め密度を変えた実験でも同じ結果である.

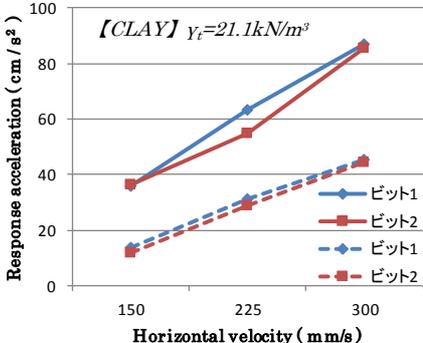


図-4 応答加速度～水平速度(粘土)

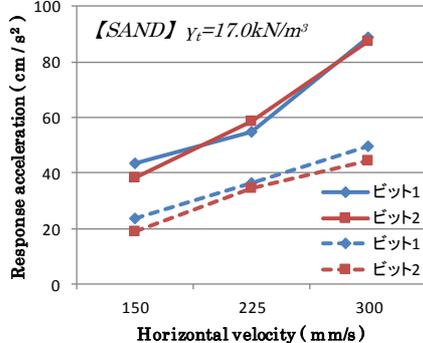


図-5 応答加速度～水平速度(砂)

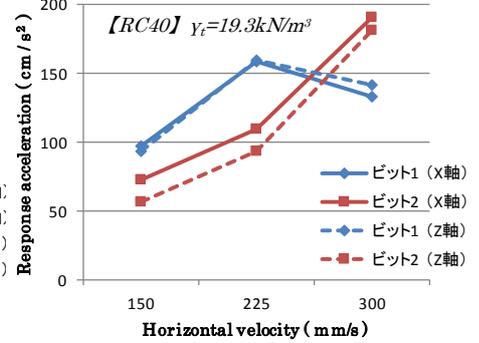


図-6 応答加速度～水平速度(砕石)

(2) 切削形状を確認するための乾燥砂における実験結果

ビット形状に起因する切削の違いに着目して検証するため, ビット 1, ビット 2 のそれぞれで乾燥砂の切削実験を行った. 乾燥砂においても, ビット形状に関わらず Z 軸方向の応答加速度は同程度となる結果を得た. 一方, X 軸方向については, 水平移動速度が大きくなるにつれてビット 2 の応答加速度が卓越してくる結果となった. これを切削時の写真 (写真-3, 4) で見てみると, ビット 2 の方が地盤を左右にかき分ける作用よりも切削方向 (X 軸方向) に押しつける作用が大きくなっていることが分かる.

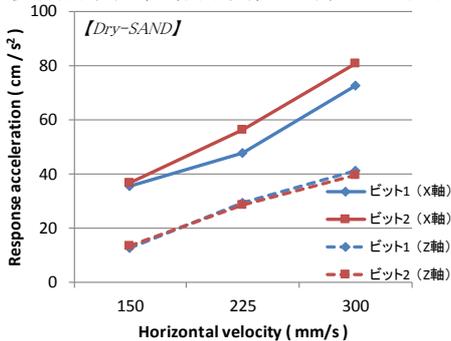


図-7 応答加速度～水平速度(乾燥砂)



写真-3 切削状況 (ビット 1)



写真-4 切削状況 (ビット 2)

ここで, 図-8 に筆者らが既発表<sup>2)</sup>の乾燥砂切削時における砂の動きに関する画像解析結果を示す. ビット形状はビット 1 と同等の片テーパである. 切削時の砂は切削方向 (X 軸) と左右とに移動していることから, シールド機の切羽でビットは, 「押しつける」, 「かき分ける」の 2 つの作用で掘削していることが分かる.

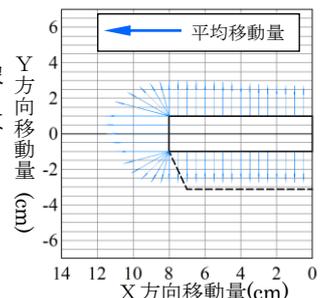


図-8 切削時の土粒子移動量

6. まとめ

実験結果から以下の考察を得た.

- 1) ビット形状に限らず, 粘性土, 砂地盤では X 軸方向 (切削方向) の応答加速度が大きく, 礫地盤では X 軸, Z 軸がほぼ等しくなった. このことからシールドの切削ビットは, 粘性土, 砂地盤ではビット回転方向による切削が優位に働き, 礫地盤では押付け方向にも切削作用が働いていると類推できる
  - 2) ビット形状の違いによる切削抵抗 (応答加速度) は粘性土, 砂地盤では差異は出ないが, 礫地盤においては, ビット 1 が一定速度以上で安定し, ビット 2 を下回ることからビット 1 の方が礫地盤に向いていると考える
- 今後は, より多角的に切削性能の検証を行う所存である. 地盤に適したビット選定の一助となれば幸いである.

参考文献

- 1) 木下ら: シールド切羽可視化システムの構築と実現場への適用(その 3), 第 72 回土木学会年講
- 2) 川嶋ら: 高耐久性カッタービットの開発(その 1), 第 70 回土木学会年講