

高耐久性カッタービットの開発（その1） - 3Dプリンタを用いたカッタービット開発手法の研究 -

(株) 奥村組 ○正会員 川嶋 英介 (株) 奥村組 星 智久
(株) 奥村組 正会員 木下 茂樹 (株) 奥村組 大槻 弥生

1. はじめに

高耐久性を有するシールド機カッタービットの開発において、カッタービットの刃先形状を研究する目的で、3Dプリンタを用いてカッタービットの透明模型を製作し、模擬地盤上で切削時の挙動を観察した。その結果、カッタービットの刃先と地山との接触面を直接目視できることを確認した。3Dプリンタで透明模型を製作し切削状況を把握することが、カッタービットの形状を決定するための新たな開発手法となりうることを本研究で確認したので報告する。

2. 開発の背景

近年、シールド工事が大口径、長距離化する中でカッタービットの長寿命化が課題となっており、筆者らは高耐久性を有するカッタービットの開発に取り組んでいる。従来よりカッタービットの材質や、摩耗したカッタービットを交換するための機械構造の研究はなされてきたが、耐久性に優れた刃先形状の研究、すなわちカッタービットで切削した土砂の流れをスムーズにし、切削性、耐摩耗性を向上させる研究はほとんど実施されていなかった。これはカッタービットの試作品を容易に製作できなかったことと、カッタービットの刃先と地山との接触面を直接観察する手法が無かったことによると考えられ、カッタービットの刃先形状は経験に頼って選定することが多かった。

しかし近年、3Dプリンタの普及に伴って模型を容易に製作することが可能となり（写真-1）、製造現場のみならず研究開発の有望なツールとして応用されてきている。そこで本研究において、3Dプリンタがカッタービットの刃先形状を研究するための有効な手段となるか検証するために、カッタービットの透明模型を3Dプリンタを用いて製作し、模擬地盤上で切削実験を行い、カッタービットが地山を切削する状況を直接観察できるか確認した。



写真-1 シールド機の模型

3. カッタービット透明模型の製作

本研究において3Dプリンタで製作するカッタービットの模型は、切削した土砂の影響を受けやすいシェルビットとした。使用した3Dプリンタの仕様を表-1に、シェルビットの形状を図-1に示す。素材は透明樹脂を使用し、2/3サイズの模型を製作した。製作時間は模型の高さに比例し、3DCADの製図に2時間、出力に11時間要した。製作した模型を写真-2に示す。

表-1 3Dプリンタ仕様

プリンタ	Stratasys 社製 Objet30 Pro
形式	ポリジェット方式
造形サイズ	294(W)×192.7(D)×148(H) [mm]
造形解像度	600(X)×600(Y)×600/900(Z) [dpi]
鉛直解像度	8μm(標準)/16μm(高解像度)
精度	0.1mm



図-1 シェルビット形状

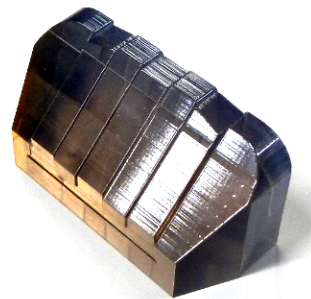


写真-2 製作した模型

キーワード シールド工法, カッタービット, 長距離掘進, 3Dプリンタ, シールド機

連絡先 〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1 (株) 奥村組 東日本支社 土木技術部 TEL 03-5427-2322

4. 模擬地盤による切削状況の確認

模擬地盤は、透明模型との接触面の視認性を検証するために、人工砂、球状プラスチックビーズ、砂礫土の3ケース用意し検証した。写真-3は模擬地盤に透明模型を設置した時の状況である。材料の彩度の違いから視認しやすさに違いがあるものの、十分な光源下では透明模型を介して地盤との接触面を視認できることを確認した。



写真-3 模擬地盤と透明模型の接触面の状況

次に、人工砂上に2cm間隔でマーカー線を設置した模擬地盤を作成し、透明模型を一方方向に切削しながら移動させた（写真-4）。この時のマーカーの移動量を示したものを図-2に、平均移動量を示したものを図-3に示す。カッタービット刃先周辺の人工砂は、接触面で押し出され切削方向に移動するものと左右に移動するものがあるが、切削方向に移動するものが多数を占めていた。また左右に移動する人工砂においても、カッタービットのテーパ面（写真下方、透明部分を介して確認できる箇所）より、垂直面（写真上方）の方が移動量が多かった。移動した人工砂は、前面の人工砂に流れを障害され盛り上がるような運動をする。この盛り上がった人工砂が、実地盤においてカッタービットで切削された残土と考えると、人工砂の運動の良否がカッタービットの切削性能を示すと考えられる。

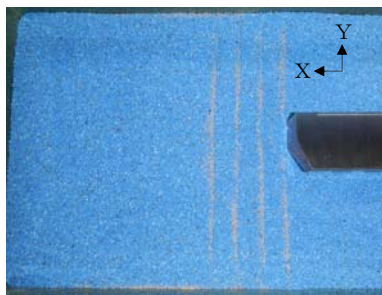


写真-4 透明模型による切削状況

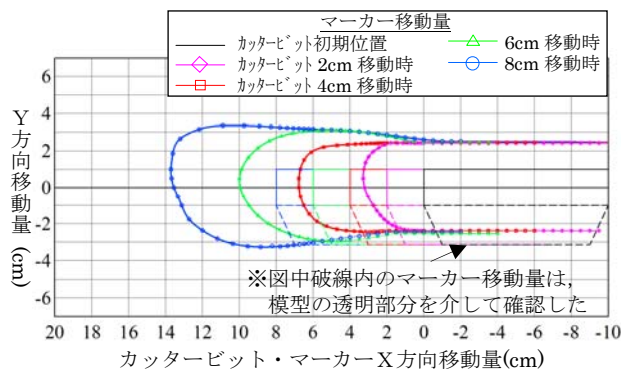


図-2 カッタービット位置別のマーカー移動量

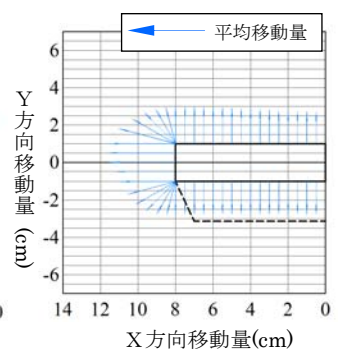


図-3 平均移動量

5. まとめ

本研究で得られた知見をまとめると、以下のとおりである。

- 1) 3Dプリンタを使用することでカッタービットの透明模型を1日程度で製作できる
- 2) 透明模型は、カッタービットの刃先と地山接触面を直接観察することができる
- 3) 切削時の模擬地盤の運動を観測することで、切削性能を評価できる

今後は、異なる刃先形状を持つカッタービットの透明模型を製作し、切削性能の違いを研究して、切削性、耐摩耗性を向上させた高耐久性カッタービットを開発していく計画である。また今まで直接目視することができなかったために合理的な形状を研究できなかった事例、例えばシールド機のカッターヘッドの透明模型を作成して、回転時のチャンバー内の土砂流動状況を研究するなど、さらなるシールド技術の向上に3Dプリンタが寄与できるのではないかと考えている。最後に、使用したカッタービットの設計に協力いただいた奥村機械製作株式会社および株式会社スターロイの皆様に対して深謝の意を表する次第である。