

先行ビットの巨礫切削性能に関する実験的検証

(株)奥村組 ○正会員 伊東 俊彦 (株)奥村組 二井 俊次
 (株)奥村組 吉田 篤司 (株)奥村組 正会員 木下 茂樹

1. はじめに

シールドマシンの掘削機構であるカッタービットは、長距離、大深度施工の増加に伴い耐久性の向上が求められている。また、多様な地盤を掘削する中で、巨礫に遭遇する場面も考えられる。そこでφ10mクラスの大断面シールドマシンがスポーク形のカッターヘッドで巨礫を取込むことを想定し、先行ビットが岩石を切削する際に懸念されるビットの過度な摩耗及び欠損について、実験的に検証した。本稿では、その検証結果について報告する。

2. 高耐久性ビット「スタミナビット」について

先行ビットの摩耗進行は、超硬チップのみならず、それを支える母材部分の摩耗も影響することが確認されている¹⁾。当社開発の高耐久性ビット「スタミナビット」は、母材部分の摩耗抑制に着目し、円柱チップを超硬チップ間に挿入することで耐摩耗性を強化した(写真-1)。超硬チップの素材には、一般的に使用されるE3種及びE5種の特徴を併せ持つSG30を採用し、耐久性を向上させている(表-1)。実験では、このスタミナビットとE5種強化型先行ビットの両方をシールドマシンに装備して掘進を行う施工を想定した。

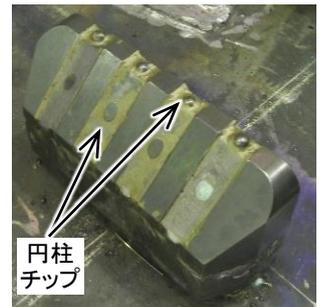


写真-1 スタミナビット

表-1 材料物性値

合金種別	JIS E5種	JIS E3種	SG30
硬さ HRA	86以上	88以上	88以上
抗折力 N/mm ²	1,961以上	1,569以上	2,940
破壊靱性値 KIC	13.0~13.5		14.7

表-2 実験ケース

実験ケース	平均点荷強度 Is [N/mm ²]	平均換算一軸圧縮強度 qu [N/mm ²]
Case.1	3.0	72.7
Case.2	2.6	61.7
Case.3	1.8	43.6

3. 検証実験の概要

検証方法として、推進機に装着したカッタービットで模擬地盤を切削する縮小モデル実験を実施した。模擬地盤(試験体)は、3種類の強度の岩石を高強度コンクリート(68N/mm²)と気泡モルタル(5N/mm²)で切削パス上に固定し製作した(図-1)。岩石は、点荷試験²⁾により岩石強度を推定し、表-2に示す3ケースの切削実験を行った。

切削機械は、外径φ10mクラスのシールドマシンを、外径φ800mmの推進機(ラムサスS-600型)で代替し、壁体に固定した試験体を掘削させた(写真-2)。使用する切削ビットはスタミナビットとE5種相当の強化型先行ビットとし、それぞれ図-2及び図-3に示す。これらは大断面シールドに採用されるビットの縮小モデルであり、最外周の同パスに配置して、切削パス数を2としている(写真-3)。なお、推進機はカッター回転数を調整できるよう、カッターモーターをインバーター制御した。

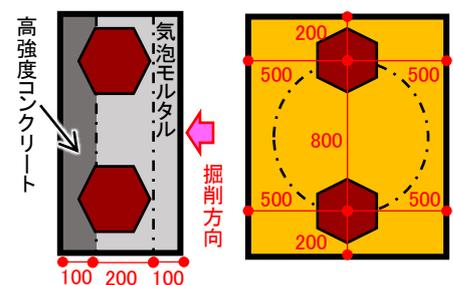


図-1 岩石配置(左:側面図, 右:正面図)

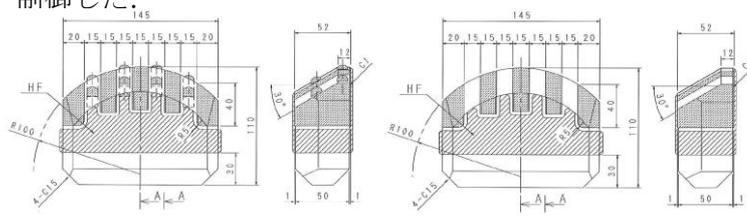


図-2 スタミナビット

図-3 強化型先行ビット



写真-2 試験状況

写真-3 ビット配置

キーワード シールドトンネル, カッタービット, 岩石切削

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 03-5427-8260

4. 実験結果

推進機の性能上、岩石切削時にカッタートルクが上昇してインターロックが働いたため、表-4 に示す切込み深さに調整して実験を行った。切込み深さは式-1 により算出される。

$$y = \frac{V}{N \cdot n} \quad (\text{式-1})$$

ここに、y: 切込み深さ [mm] V: 掘進速度 [mm/min]

N: カッター回転速度 [rpm] n: パス数 (=2)



写真-4 試験体(ケース3完了後)

表-4 実験ケースごとの切込み深さ

実験ケース	掘進速度 [mm/min]	回転速度 [rpm]	切込み深さ [mm/r]
Case.1	12	2	3
Case.2	12	2	3
Case.3	30	4	3.8

(1) 岩石破碎状況

実験ケース3 (岩石強度 72.7N/mm²) の掘削完了後の試験体を写真-4 に示す。岩石はビットが通過した溝状に切削されており、実験ケース1,2 についても同様の切削状況であった。

(2) カッタートルクと切込み深さについて

推進機で試験体を掘削する際のカッタートルクを計測し、切込み深さとの関連を検証した。実験ケースごとの掘進中のカッタートルクを図-4 に示す。気泡モルタル切削時のトルク (約 5kN・m) から、ビットが岩石を切削するごとにトルクが跳ね上がり、岩石の切込み深さが深くなるほどピークが指数関数的に漸増する傾向が見られた。また、切込み深さが等しいケース1と2を比較すると、岩石強度が高いほど上昇幅が大きいことがわかる。

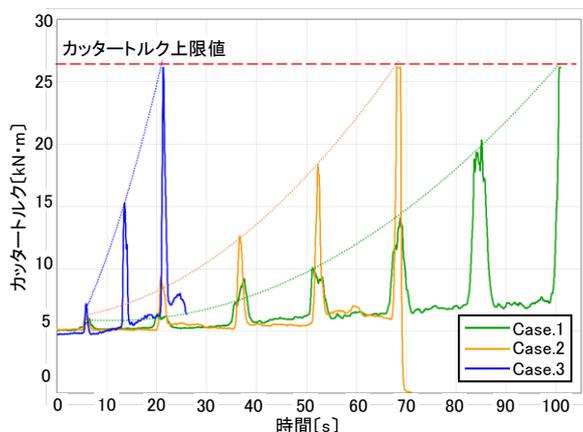


図-4 実験ケースごとのカッタートルク

(3) 先行ビット摩耗状況

実験開始前及び終了後のビット2つを、図-5 に示す9箇所について実測した。計測にはデジタルノギスを使用し、0.01mm 単位まで測定したが、懸念された過度の欠損や摩耗は見られなかった。また、実験前後のビット形状を3D スキャンし、画像データを合成して比較することで、ビット全体の摩耗を調査した (図-6)。この調査でも、欠損や摩耗は確認できなかった。

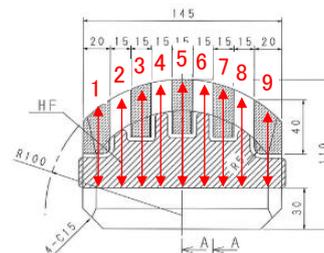


図-5 ビット実測位置

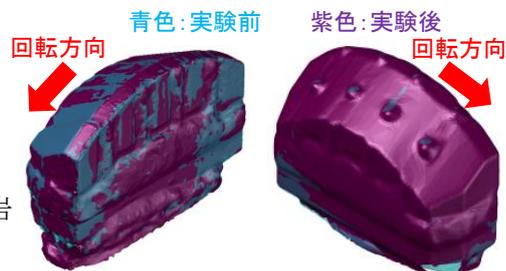


図-6 3D スキャン結果

5. まとめ

実験結果から以下の考察を得た。

- 1) シールドマシンに装備する先行ビットで、最大 7.3N/mm² 強度の岩石は切削できる。
- 2) 岩石を切削する際のカッタートルクは、切込み深さと岩石強度に依存する。
- 3) 本実験の模擬岩石地盤掘削を通して、懸念されたビットの過度の摩耗及び欠損は見られなかった。

硬質地盤や巨礫出現が予想される地盤を掘進するシールドマシンには、強化型先行ビットとスタミナビットを装備することで、摩耗を抑制した掘進ができると考えられる。掘進完了後のシールドマシンは、ビットを計測し初期値と比較することで、地盤ごとの摩耗状況を把握し、高耐久性ビットの有効性を検証する。

参考文献

- 1)川嶋ら:高耐久性カッタービットの開発(その3),土木学会第72回年次学術講演会
- 2)NEXCO 試験方法:JGS3421 点載荷試験機を用いた岩片の強度試験方法