

切削実験によるシールドマシン用ビットの最適超硬チップ選定の検討

株式会社丸和技研

正会員○佐々木 誠

非会員 嘉屋 文康

大成建設株式会社 フェロー会員 森田 泰司

正会員 磯部 将吾

1. はじめに

シールドマシンに使用するビットの刃先部は超硬チップ（以後、チップという）を使用しているが、チップの材種は、主に E5 と呼ばれる材種を使用している。これは JIS M3916（2013 年廃止）の「鉱山工具用超硬チップ」の規格で、表-1 に示すように硬さと抗折力で規定されているが、参考値として Co 量も規定しており、基本的に超硬メーカーはこれらを元にチップの製造をしている。しかし、このチップの規格は、削岩機に使用するビットのチップの規格であり、チップに作用する外力特性はシールドマシンのビットと大きく異なる。そこで本研究チームでは、チップの銘柄から検討銘柄を抽出し、それらのチップの特性を把握するために、土砂摩耗試験とビットの载荷試験を 2020 年度実施した。今年度は、切削実験装置によるビットの切削実験を実施し、シールドマシン用ビットのチップとして最適な材種の選定検討を実施した。

2. 実験要領

(1) 切削実験装置

実験装置の概略図を図-1 に示す。装置は主に、摺動ジャッキ、昇降ジャッキおよびスライドジャッキからなり、これらを作動させる油圧ポンプ、油圧制御盤、圧力センサ、変位センサを設置し、パソコンによって制御する。切削ビットの動きは、摺動ジャッキによって左右に移動し、スライドジャッキで Z 軸方向に移動する。1 面、既定の切削深さで切削した後、昇降ジャッキによって次の切削深さ分 Y 軸方向に移動する。これを繰り返して既定の切削距離まで切削を継続する。

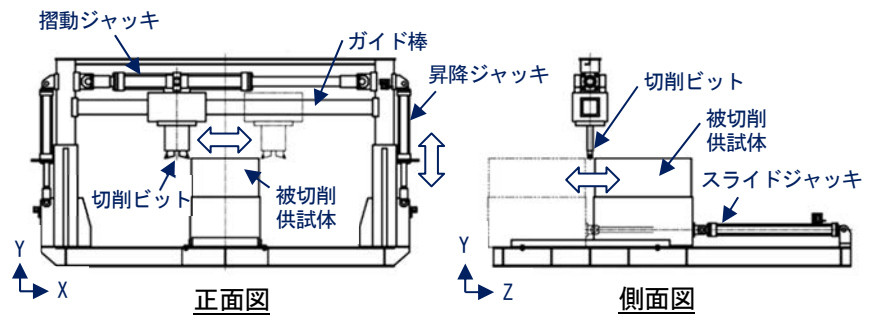


図-1 切削実験装置概略図

1 面、既定の切削深さで切削した後、昇降ジャッキによって次の切削深さ分 Y 軸方向に移動する。これを繰り返して既定の切削距離まで切削を継続する。

(2) 実験ケースおよびビット形状

実験ケースを表-2 に、切削ビットを図-2 に示す。表-2 より、実験ケースは 5 ケースとし、選定したチップの硬さと抗折力を示す。これらの数値はカタログ値で、ケース No. は硬さの高い順とした。このメーカーでの E3 は CASE-3、E5 は CASE-4 となる。切削ビットは図-2 に示すように、ビット架台に 2 個のビットを溶接し、双方向に切削できるようにした。また、切削実験前後のビットの状態を比較するために、3D スキャナーを用いて実験前後の切削ビットの形状測定を実施した。

(3) 被切削供試体

実験に使用する被切削供試体は、コンクリートとモルタルとし、コンクリートの配合は 18-8-20、モルタルは 1:3 モルタルとした。切削実験は 7 日間実施したので、28 日強度と実験当日の材齢ごとの圧縮強度を確認した。28 日強度はコンクリートで 23.6MPa、モルタルで 36.3MPa、材齢は 97~105 日で、コンクリートで 28.5~30.8MPa、モルタルで 42.8~45.3MPa であった。

表-2 実験ケースと材料特性

CASE	硬さ HRA	抗折力 GPa	備考
CASE-1	91.5	3.2	
CASE-2	90.0	2.9	
CASE-3	88.0	2.9	E3
CASE-4	86.5	2.9	E5
CASE-5	83.0	2.5	

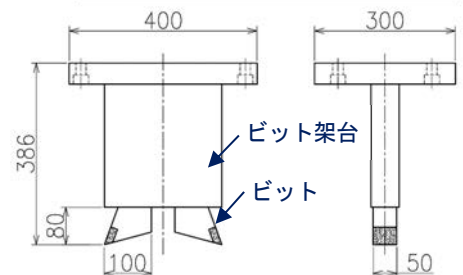


図-2 切削ビット

キーワード シールドマシン, ビット, 超硬チップ, 材種, 切削実験, 摩耗

連絡先 〒822-0003 福岡県直方市大字上頓野 4965-1 株式会社丸和技研 技術営業部 TEL0949-26-6733

(4) 実験条件

実験条件は、摺動速さを 22m/分、切削深さは 2mm とし、スライド方向の移動はビット幅の 50mm とした。切削距離は、コンクリート供試体を 1,500m 切削後、モルタルを 1,000m 切削して合計 2,500m 切削した。



写真-1 切削状況

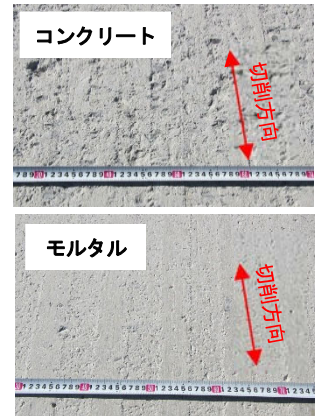


写真-2 供試体切削面

3. 実験結果

(1) 切削状況

切削時の状況写真を写真-1 に、切削後の被切削供試体の切削面を写真-2 に示す。コンクリートでは粗骨材によってチップの欠損が起こることを想定していたが、いずれのケースにおいても、チップの欠損は生じなかった。粗骨材は切断されており、切削表面には多少凹凸が生じた。モルタルに関してはきれいな切削表面で、切削筋が見える程度であった。また、切削時の摺動力は、平均的に 50kN 程度であった。

(2) 摩耗量-硬さ関係 (図-4)

摩耗量は、3D スキャナーによるデータより、図-3 の摩耗量定義に示すように、初期形状の点 A と摩耗して最も高い点 B との距離とした。測定断面は各ビット 5 断面とし、各ケースでビットは 2 個あるため計 10 断面の平均値を摩耗量とした。図-4 より、CASE-1~CASE-4 では、直線的な相関があると言えるが、CASE-5 は CASE-4 の 2.18

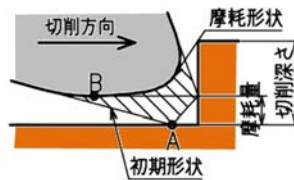


図-3 摩耗量定義

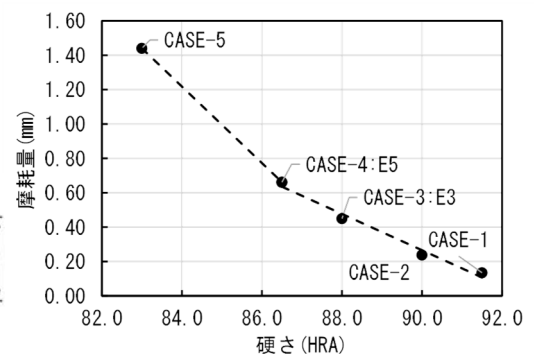


図-4 摩耗量-硬さ関係

倍の摩耗量となり、CASE-4 より柔らかくなると、摩耗量が急増する傾向にあると言える。また、摩耗係数を表-3 に示す。これより、CASE-2,3,4 のそれぞれの差は 0.168mm/km で摩耗係数の差は同じであった。

表-3 摩耗係数(mm/km)

	摩耗係数	差	差累積	倍数
CASE-1	0.112	—	—	—
CASE-2	0.192	0.080	0.080	3.4
CASE-3	0.360	0.168	0.248	6.4
CASE-4	0.528	0.168	0.416	9.4
CASE-5	1.152	0.624	1.040	20.6

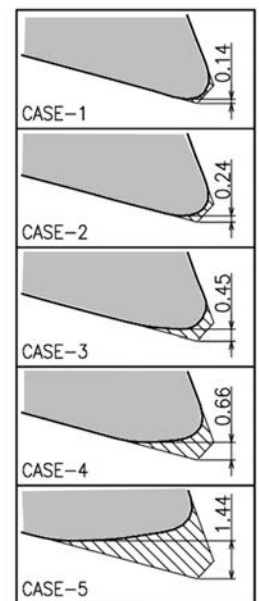


図-5 刃先摩耗状態

(3) 刃先摩耗状態 (図-5)

図-5 は各ケースの代表的な断面で、着色部が切削実験後のチップ先端部の形状を示し、ハッチング部が摩耗部を示す。また、摩耗量の数値は平均値を示す。これらより、CASE-1,2 は、初期チップ形状のエッジが若干摩耗した程度の摩耗量となっているのに対し、CASE-5 は大きく摩耗していることがわかる。

(4) 摩耗量-最大荷重関係 (図-6)

最大荷重は 2020 年度実施のビット載荷実験の結果を反映している。図-6 より、E3 相当の CASE-3 を使用する案件に関しては、CASE-1, 2 相当のチップの使用により摩耗量は半分以下になり、より長寿命化を期待できる。

4. まとめ

- (1) E3, E5 の使い分けは大きな有意差がないと考える。
- (2) CASE-1, 2 は、エッジが若干摩耗した程度の摩耗であった。
- (3) 従来 CASE-3 (E3) を使用する案件においては CASE-1, 2 を搭載した方が摩耗に対して有効であると考えられる。このことにより、ビットの長寿命化が図れる。
- (4) 2022 年度は、ビット載荷実験方法を見直し、摩耗および割れ欠けに強い材料を見出し、実用に向け実証実験を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 佐々木ら：シールドマシン用ビットの最適超硬チップ選定の検討，土木学会第 76 回年次学術講演会，VI-379，2021

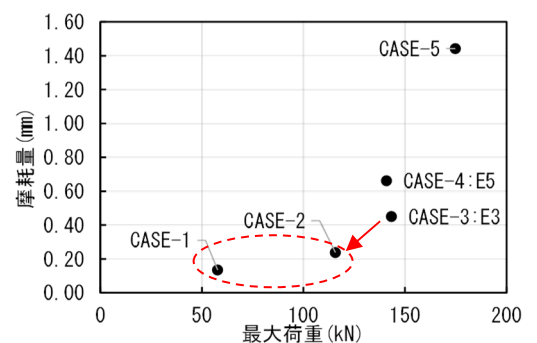


図-6 摩耗量-最大荷重関係