

打撃破壊方式による岩盤切削機の開発

インパクトカッターの開発

重松 尚久・松浦 一正・小田 登

下水道工事などの床掘り中に一枚岩が出現し、取り除く必要のある場合、現在はブレーカーを用いて小分けにする方法がとられることが多い。しかし、岩盤の強度が大きいと、ブレーカーでは時間・コストがかかりすぎるため、岩盤を効率的に取り除く技術の開発が望まれている。そこで、アスファルト切断時に用いるダイヤモンドカッターのような円盤状のカッターに削岩機のビット原理（ボタンビット）を適用した新しい方式を提案した。本方式は、従来の切削方式とは違い、打撃破壊方式により岩石を破碎していくため耐摩耗性に優れ、既存のバックホウなどに取り付けることにより使用でき、利便性が高い。本稿では、本工法を用いた掘削性能について報告を行う。

キーワード：岩盤切削機、打撃破壊方式、ボタンビット、硬質岩盤、アタッチメント、ドリフター

1. はじめに

下水道工事などの床掘り中に一枚岩が出現し、取り除く必要のある場合、現在はブレーカーを用いて小分けにする方法がとられることが多い。しかし、岩盤の強度が大きいと、ブレーカーでは時間・コストがかかりすぎるため、岩盤を効率的に取り除く技術の開発が望まれている。一般に、岩石の引張り強度は、圧縮強度の十数分の一程度である。図-1に岩盤の曲げ破壊のメカニズムを示す。この方法は、岩石は破壊形態によってその強度が著しく異なる、という物理的特性を積極的に利用したもので、多くの亀裂を発生させて岩盤の連続性を遮断し、多数の自由面を形成することで、より小さな力で破壊することができる。これまでの研究により供試体に安山岩を用いた端面掘削の実験では、平面掘削に対し掘削効率が10倍になる（単位掘削土量当たりの回転仕事量である比エネルギーは、1/10に減少する）¹⁾ という結果が得られている。このようなことを踏まえて、筆者らは、硬質岩やコンクリート供試体における岩盤剥離掘削技術の基礎的な研究^{2), 3)} を

行っており、本技術の有効性は実証されている。

工場などで行う岩石切断機にはダイヤモンドカッターが用いられることが多い。しかしながら、土木現場などにおいては切断対象物に作用する押しつけ力を適度な状態に維持する必要があるため、切断速度に合わせた高度な操作技術が要求されるため、使用が難しく一般的に普及するに至っていない。そこで、アスファルト切断時に用いるダイヤモンドカッターのような円盤状のカッターに削岩機のビット原理（ボタンビット（写真-1））を適用した新しい方式を提案する。本方式は、従来の切削方式とは違い、ボタンビットと同様の打撃破壊により岩石を破碎していく方式であり、ダイヤモンドカッターと比べて、耐摩耗性に優れている。また、図-2に示すように、既存のバックホウなどに取り付けて使用でき、利便性が高い。今回提案する岩盤切

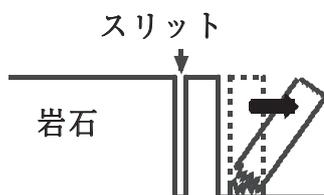


図-1 岩盤の曲げ破壊のメカニズム

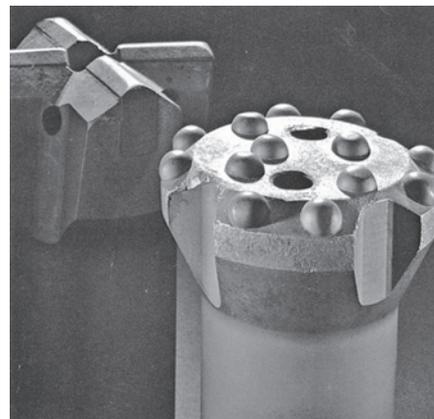
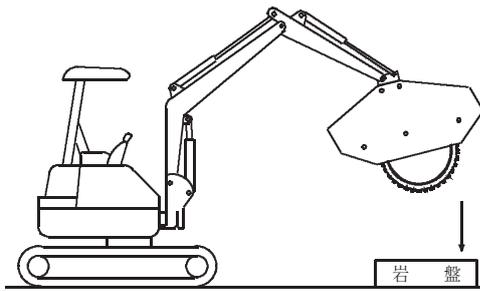


写真-1 ボタンビット

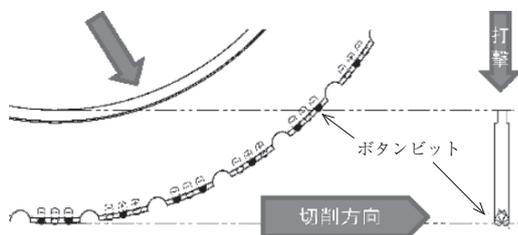


図一2 バックホウのアタッチメントとしての使用例

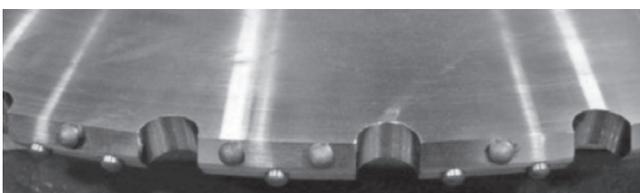
削機は、削岩機のビットによる岩盤の破碎メカニズムを回転刃に応用し、岩盤などの対象物を破碎切断し、多くの自由面を増やし、引っ張り破壊により対象物をブロック状に切り取る全く新たな掘削方式となり、掘削効率が向上し、省エネ、低コストの掘削が可能となる。また、対象物をブロック状に切り出すことができるため、岩盤などは建設用材料として再資源化することが可能となる。市街地におけるビル解体においては、コンクリートをブロック状に切り取り、郊外で破碎を行うことで、生活環境に与える影響を少なくできる新しい技術となり得る可能性がある。ボタンビットを円盤の外周に配置し、回転と同時に打撃を与えることによって岩盤を破壊しながら切断していく方式を採用したアタッチメントをインパクトカッターと命名した。本稿では、本工法を用いた岩盤切削機(インパクトカッター) (以下「本製品」という) の性能について報告を行う。

2. 切削装置の概略

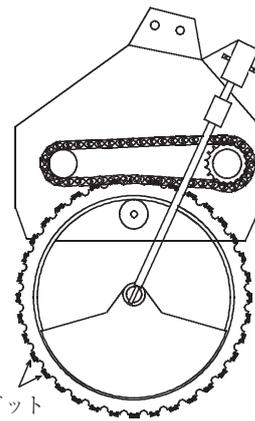
図一3に切削刃の概略図を、写真一2に切削刃を示す。掘削刃は直径1,050 mm、厚さ22 mmで、超硬ビット(ボタンビット)を1ピース当たり3個配置した36



図一3 切削刃の概略図



写真一2 切削刃



超硬ビット
図一4 リングソー付き切削装置の概略図



写真一3 「本製品」(試作機)の全景

ピースで構成される。図一4にリングソー付き切削装置の概略図を示す。本切削装置は、このリングソーに強い振動を与えながら回転させ、岩盤、石材、コンクリート等を破碎し、破碎した部分をはじき飛ばしながら切断することにより、容易に高速切断を行うことが可能にした。この切断装置は、リングソーの支点中心が定まりにくい構造のため、リングソーが振動しやすいという特性を積極的に利用したもので、振動を防止するのではなく、衝撃振動力を積極的に付与することで切断性能の向上をはかるようにしている^{4), 5)}。つまり、昔から行われているノミで岩盤を削ることを連続的に行っていくことになる。また、本装置をバックホウ等のショベル系掘削機のアタッチメントとして取り付けて使用することで、その操作を容易に行うことができる。写真一3に「本製品」(試作機)の全景を示す。

3. 切削実験

(1) 供試岩盤

広島県産花崗岩のブロック(一軸圧縮強度 200 MPa、

シュミット値 70) を供試体とし、本工法を用いた岩盤切削機 (「本製品」) の性能評価を行った。

(2) 油圧ドリフター

ヤマモトロックマシン(株)製の油圧ドリフター (YH-55) を用いた。本油圧ドリフターの基本性能⁶⁾ は質量 140 kg, 全長 950 mm, 打撃数 3,000 min⁻¹, 回転トルク 200 N・m, 打撃用作動油圧 13.7 MPa, 回転用作動油圧 13.7 MPa, シャンク径 40 mm, 打撃力 265 N・m である。

(3) 実験方法

写真—4 に「本製品」の切削状況を示す。カッター回転数は 35 回転/min (周速 (外周) 112 m/min) で実験を行った。また、騒音はリオン社製普通騒音計



写真—4 切削状況

(NL-21), 振動はリオン社製騒音レベル計 (VM-52A) を使用して, 0, 10, 15 m の地点で測定した。

(4) 実験結果と考察

① 切削性能

深さ 10 cm, 掘削長 1 m の掘削に要した時間は 5.2 min となり, 切削速度は 0.19 m/min となった。例えば, 床掘り中に油圧ブレーカーでは切削ができない一軸圧縮強度 200 MPa 以上の岩盤に対して, 60 cm の深さで 50 cm 間隔のスリットを入れて, ブレーカーで折っていくと, 時間当たり 3.6 m³ の切削が可能となる。さらに, 対象物をブロック状に切り取ることができるために, 石材などは再資源化ができ, 生活環境に与える影響を少なくできる。

② 騒音・振動

表—1 に地点における騒音振動の値を示す。油圧ドリフターの騒音は 126 dB あるため, 市街地での使用は制限される。騒音発生源に対して, 防音カバーを施し騒音を低減し, 工事現場より 15 m 離れた地点で 85 dB を目指す必要がある。振動に関しては対象の地盤により伝わり方が異なってくるため, 様々な場所で

表—1 各地点における騒音・振動の値

距離 (m)	最大騒音 (dB)	最大振動 (dB)
0	126	—
10	111	75
15	106	66

表—2 岩盤掘削方法による単価比較 (1,000 m³ 当たり)

		1m ³ 当たりの単価	価格 (円)	
火薬併用リッパ掘削		1,842	1,842,000	
	残土処理		4,554,000	
		ダンプトラック運搬 (10 t 積)	1,554	1,554,000
		発生土受入費・処分費 破碎岩 (硬岩)	3,000	3,000,000
	合計		6,396,000	
大型ブレーカ掘削		4,351	4,351,000	
	残土処理		4,554,000	
		ダンプトラック運搬 (10 t 積)	1,554	1,554,000
		発生土受入費・処分費 破碎岩 (硬岩)	3,000	3,000,000
	合計		8,905,000	
割岩工法 (セリ矢工法)		6,112	6,112,000	
	残土処理		4,554,000	
		ダンプトラック運搬 (10 t 積)	1,554	1,554,000
		発生土受入費・処分費 破碎岩 (硬岩)	3,000	3,000,000
	合計		10,666,000	

※ダンプトラックの運搬費は距離 10 km を見込んだ単価
 ※破碎岩の処分費は広島県内の処分場の標準的な単価
 ※積込費は計上していない (何れの作業にも必要)

測定を行い、低振動化の対策が必要と思われる。

③粉塵

写真一3の切削状況から分かるように、切削に伴う粉塵が発生している。今回の実験は乾式で行ったため、今後は何らかの粉塵防止対策が必要であると思われる。

④くり粉

溝にたまったくり粉のうえを打撃しているため効率が悪い。くり粉除去の対策が必要であると思われる。

⑤経済性

表一2に盤掘削方法による単価比較を示す。岩盤切削機（「本製品」）を用いて、切り出した岩石を擁壁資材として現場内利用をする場合は、現場内の輸送費を考慮して、1m³あたり6,000円以下になれば火薬併用リッパ工法よりも経済的となる。

4. まとめ

超硬ビット付きリングソーと油圧ドリフターを組み合わせたアタッチメントを製作し、バックホウに取り付けその操作を容易に行うことで、硬質岩盤などを容易に高速切断することができるリングソー付き切削装置の開発を行い、性能評価実験を行った。その結果、現在行われている他の工法よりも、作業速度と経済性の両面で、優位な工法になり得る可能性があることが分かった。

5. おわりに

現在までに削岩機理論を回転刃で実証した結果、推定できる岩盤切削機の基本性能は、切削幅22mm、切削深さ600mm、一軸圧縮強度200MPa以上の岩石も切削可能であることが判明した。

写真一5、6は現在開発中の試作機である。本稿で



写真一5 開発中の試作機



写真一6 バックホウに取り付けた開発中の試作機

示した基礎実験を基にスケールアップを行った。掘削刃は直径1,180mm、幅25mmに変更し、油圧ドリフターの打撃力を約30%上昇したものに変更した。今後はこの試作機を用いて性能評価実験を行っていく予定である。

JCM/A

《参考文献》

- 1) 室達朗, 重松尚久, 河野幸一, 作原陽一: 変位制御型端面掘削方式による軟質岩盤に対応する深礎掘削機の性能実験, 土木学会論文集 Vol. 62 (2006), No. 2, pp.285-295, 2006
- 2) 重松尚久, 花岡尚, 室達朗: 道路建設における環境に優しい硬質岩盤剥離掘削技術の開発: 平成20年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集, pp.107-110, 2008
- 3) 重松尚久, 花岡尚, 小田登: 端面掘削方式によるバックホウのアタッチメントとしてのローラヘッダーの開発に関する基礎的研究: 平成21年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集, pp.187-190, 2009.
- 4) 特許第343887号
- 5) 特願第2007-327782
- 6) ヤマトロックマシンホームページ: <http://www.yrm.co.jp/index2.html>, 2012.8

【筆者紹介】



重松 尚久 (しげまつ たかひさ)
呉工業高等専門学校
環境都市工学分野
准教授



松浦 一正 (まつうら かずまさ)
㈱松浦建設
代表取締役



小田 登 (おだ のぼる)
㈱スターロイ
営業部 技術担当
部長