

24. 打撃破壊方式による岩盤切断機（インパクトカッター）の開発

呉工業高等専門学校
(株) 松浦建設
(株) スターロイ

○ 重松 尚久
松浦 一正
小田 登

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、取り除く必要がある場合、現在はブレイ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、ブレイカーでは時間・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り、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、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して、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断機は、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削孔する全く新たな

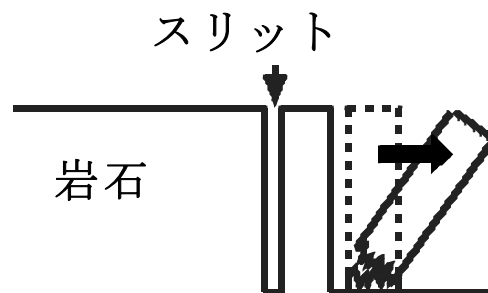


図-1 岩盤の曲げ破壊のメカニズム

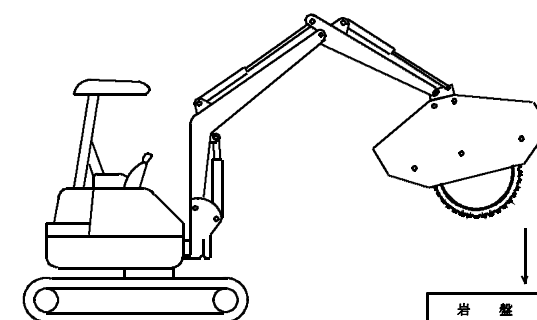


図-2 バックホウのアタッチメントとしての使用例



写真-1 ボタンビット

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。本論文では、本工法を用いた岩盤切削機（インパクトカッター）の性能について報告を行う。

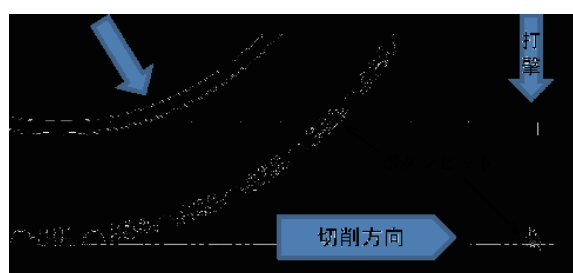


図-3 切削刃の概略図

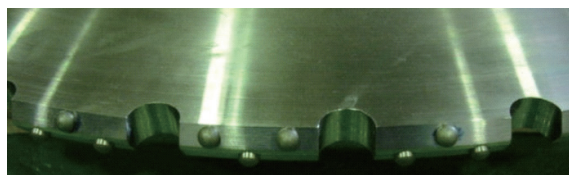


写真-1 切削刃

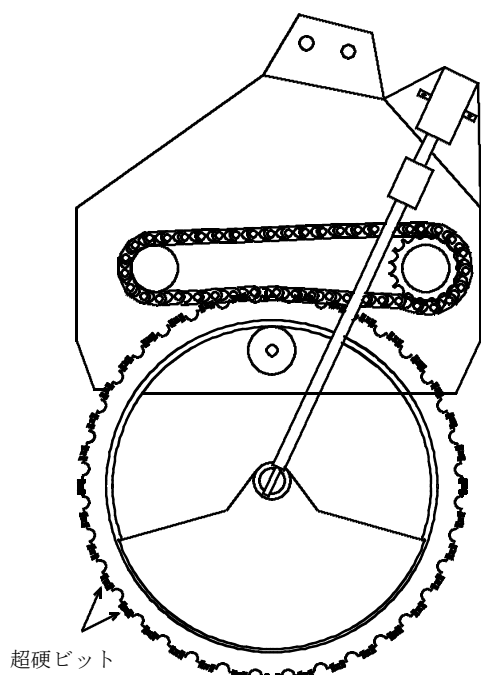


図-4 リングソー付き切削装置の概略図

2. 切削装置の概略

図-3 に切削刃の概略図を、写真-1 に切削刃を示す。掘削刃は直径 1,050mm、厚さ 22mm で、超硬ビット（ボタンビット）を 1 ピースあたり 3 個配置した 36 ピースで構成される。図-4 にリングソー付き切削装置の概略図を示す。本切断装置は、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-2 にインパクトカッター（試作機）の全景を示す。

3. 切削実験

3.1 供試岩盤

広島県産花崗岩のブロック（一軸圧縮強度 200MPa, 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（インパクトカッター）の性能評価を行った。

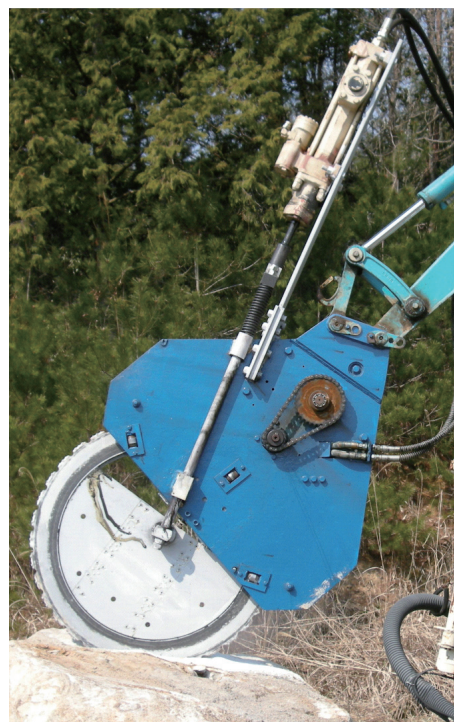


写真-2 インパクトカッター（試作機）の全景

3.2 油圧ドリフター

ヤマモトロックマシン株式会社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 140kg、全長 950mm、打撃数 3,000min⁻¹、回転トルク 200N・m、打撃用動作油圧 13.7MPa、回転用動作油圧 13.7MPa、シャンク径 40mm、打撃力 265N・m である。

3.3 実験方法

写真-3 にインパクトカッターの切削状況を示す。カッター回転数は 35 回転/min（周速（外周）112m/min）で実験を行った。また、騒音はリオン社製普通騒音計（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、15m の地点で測定した。



写真-3 切削状況

3.4 実験結果と考察

(1) 切削性能

深さ 10cm、掘削長 1m の掘削に要した時間は 5.2min となり、切削速度は 0.19m/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出来ない一軸圧縮強度 200MPa 以上の岩盤に対して、60cm の深さで 50cm 間隔のスリットを入れて、ブレーカーで折っていくと、時間あたり 3.6m³ 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出来る。

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（1,000m³当り）

		1m ³ あたりの単価	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(10t積)	1,554,000
		発生土受入費・処分費 破碎岩(硬岩)	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(10t積)	1,554,000
		発生土受入費・処分費 破碎岩(硬岩)	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(10t積)	1,554,000
		発生土受入費・処分費 破碎岩(硬岩)	3,000,000
	合計		10,666,000

※ダンプトラックの運搬費は距離10km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)

(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126dB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15m離れた地点で85dB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-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-2に盤掘削方法による単価比較を示す。岩盤切断機（インパクトカッター）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の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リングソー付き切断装置の開発を行い、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. 今後の課題と展望

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

写真-4,5は現在開発中の試作機である。本報で示した基礎実験を元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%上昇したものに变更した。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。



写真-4 開発中の試作機



写真-5 バックホウに取り付けた開発中の試作機

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) ヤマモトロックマシンホームページ:
<http://www.yrm.co.jp/index2.html>, 2012.8