

26. 水力せん孔機の開発

日本国有鉄道鉄道技術研究所 岸 本 哲
長 野 敏 巳
高 木 喜 内

1. まえおき

国鉄では高圧水を用いた応用開発を進めており、我々の研究室では高圧水による岩石掘削の理論研究、高圧機器（ポンプ、ノズル、回転接手および周辺機器）、水力併用岩石掘削機などの開発を行なっている。今までに岩石切削試験、カッターおよびビットとの併用効果試験、高圧水を併用したさく岩機の開発、現場試験を行なってきたが、さらに今後のトンネル掘削のN.A.F.M化に対応して向課題のオーツである小孔径、長孔の急速せん孔に高圧水を用いるべく鋭意努力中である。

本文では我々の開発した水力併用さく岩機と現在開発中の水力せん孔機の概要について述べる。

2. 水力併用さく岩機

実際のトンネル工事において、亀裂面を有する岩石の掘削が容易なことは経験的に知られていることであり、人工的に亀裂面を作ることができれば岩石掘削は容易になり、さらに最適の亀裂面を作れば最も効率的な掘削が可能になる。図-1に示すようにあらかじめ岩石に高圧水で切溝をつけ、ビットで破砕した結果、破砕量は切溝の面積に比例して増加することが判明した。これを先行切削効果と称する。現用のさく岩機は破砕ずりの搬出、粉じん防止、ビットの冷却効果を目的として低圧水を掘削面に送りこんでいるが、この低圧水を高圧化し、ビットの掘削に先行して切溝をつければ、上記の目的にプラスしてのみ下りの向上も得られる。

掘削に関して言えば、現用のさく岩機の噴射水、特に長孔せん孔時の $10 \sim 25 \text{ m}^3/\text{min}$ 程度の噴射水は、

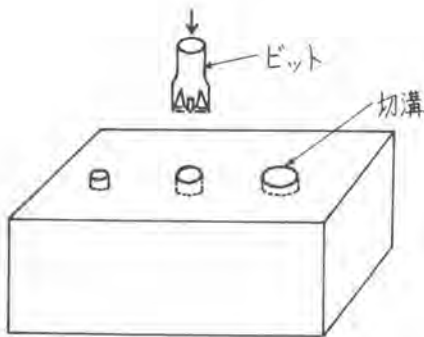


図-1 先行切削溝の破砕効果試験

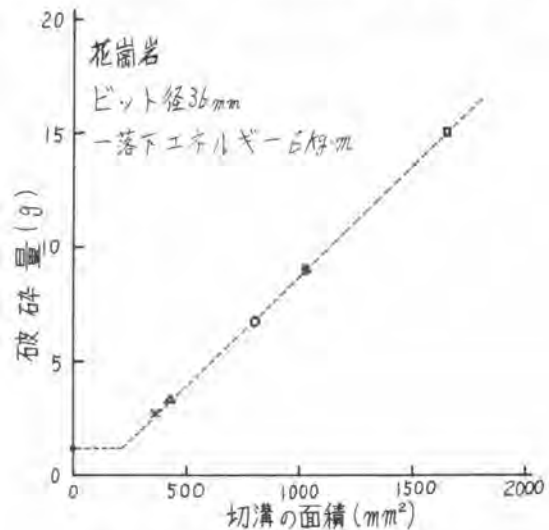


図-2 先行切削溝の破砕効果

破砕粉を掘削面から排除し、常に新しい岩面をビットで破砕せしめる洗浄効果を有する。これをさらに高圧化していくと、ビットの打撃で生じた岩石の亀裂面に水圧が作用し、積極的にはぎ取る洗掘効果を生じる。ビットに併用した例では、岩石の圧縮強度の半分程度で洗掘効果が発揮されるようになる。さらに一歩高圧化して噴射水圧が岩石の圧縮強度を越えたと前述の先行切削効果を有するようになる。この先行切削効果を最大限に発揮させるには、外周に切溝をつけるのがよい。また高圧水を併用することによりビットの磨耗、トルクの減少にも効果がある。

図-3、図-4はレックドリルに高圧水を併用した水力併用さく岩機である。ポンプの吐出圧力は $1000\text{kg}/\text{cm}^2$ であるが、ゴムホースの耐用性より $500\text{kg}/\text{cm}^2$ で現場試験を行なった。試験の結果50%のみ下り増加率が得られた。

図-5はリーダーにさく岩機とポンプを搭載した水力併用さく岩機で、図-6にその概要を示す。主な諸元はポンプ吐出圧力 $3000\sim 4000\text{kg}/\text{cm}^2$ 、ビット径 38mm 、1スル $\phi 3\sim \phi 4\text{mm}$ のボコ外周を切削するべく配置され、試験の結果約2倍のみ下りが得られた。



図-3 中央噴射型



図-4 外周噴射型



図-5 水力併用さく岩機

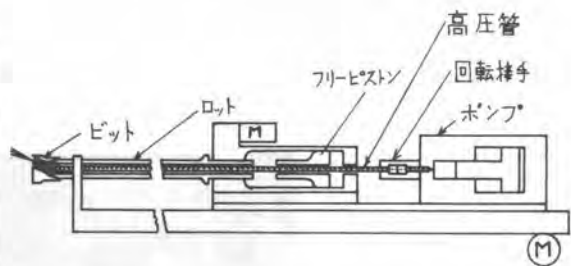


図-6 水力併用さく岩機

3. 水力せん孔機の用途

アメリカの地盤ではルーフボルトが毎年1億本以上挿入されており、天井の悪い所でのレジンの有効性は認められているが、高価なため孔径を 25mm 以下にすべく研究開発が進められている。日本で

も近年トンネルの施工法としてNATMが大きく取り上げられ、従来の鋼製支保からロックボルトと吹き付けに代わろうとしている。ロックボルトの問題点の一つにボルト挿入の小孔径、長孔の急速せん孔がある。現用のさく岩機は、空気式、油圧式にかかわらず打撃によりせん孔する方式であるため30mm以下の孔径のせん孔は困難であり、非効率となる。一般的に高圧水を単独で破砕に用いる場合、高圧水はエネルギー消費型であるため、破砕は非常に早いけれども大孔径への適用は得策でない。しかし孔径30mm以下において、前述したように現用のさく岩機のせん孔は困難かつ非効率となるざるを得ないのに対し、高圧水は孔径が小さくなればなるほどエネルギー的に効率的に有利である。25mm以下の長尺せん孔ともなれば高圧水以外に当面良い手段は思い浮かばない。

図-7は水力せん孔機のせん孔模式図で、掘削ヘッドに設けたノズルより高圧水を噴射し、掘削ヘッドの回転により回転切削し、せん孔する。図-8に代表的な掘削ヘッドの例を示す。また図-9は基礎試験の状況写真である。従来はノズル等に問題があって実用化のめどが立たなかったが、最近の技術の進歩により耐圧、耐久性にすぐれた小型のノズルの製作が可能となり、小孔径、長尺せん孔の可能な水力せん孔機の開発が可能になった。花崗岩において孔径30mmでせん孔速度30cm/minが得られる。これは従来のさく岩機のみ下りとほぼ同等である。また砂岩で100kgのエネルギーを投入してせん孔速度30cm/min、別の例として同じく砂岩で70cm/minがある。このように高圧水を用いることにより急速せん孔が可能で、孔径が小さくなる程高圧水は有利である。

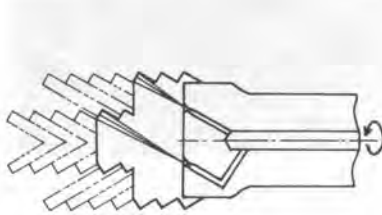


図-7 せん孔模式図

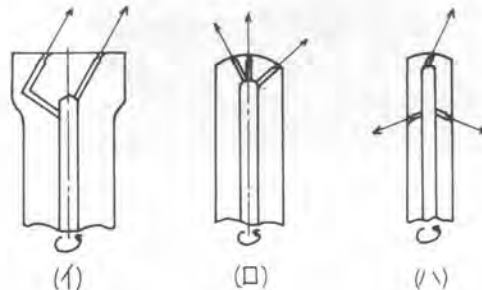


図-8 掘削ヘッド



図-9 せん孔状況

高圧水によるせん孔は、せん孔速度を調整し、せん孔壁に切溝をつけたり、任意箇所を抜孔したり
抜き直すことも自由に行なうことができる。

小孔径、長尺せん孔におけるもう一つの問題はジヤミングである。従来のさく岩機においてはジヤ
ミングをさけることは不可能であるが、高圧水を用いる水力せん孔機においては、ノズルより噴射す
る高圧水により切削破砕するので、孔曲りは生ぜず、円一子(円)に示す掘削ヘッドによれば、引
抜く時に $30 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ で噴射しながらクリーニングすることにより、ジヤミングの問題は容易に解決
されよう。

4. あとがき

以上において高圧水を用いた水力せん孔機の概要について述べてきたが、実用化にはポンプ、回転
接点の高能率化を図るとともに最適な掘削ヘッドの開発を進める必要がある。現在高圧水の応用開発
は世界的気運にあり、2年毎の国際シンポジウムも過去4回開催され、日本も主力メンバーとして参
加している。国内においては「日本液流ジェット研究会」の準備委員会が発足したところである。広
範な応用の可能性を有する高圧水および高圧技術の進歩発展のため大方の参加、協力を望む次第であ
る。