

III-151 トンネルの無発破掘削工法に関する2・3の考察について

熊谷組豊川工場

小林 一 喬

熊谷組豊川工場

正員○

藤

本 徹

従来からトンネルの無発破掘削工法については多くの研究や提案がなされており、これらについて室内実験や現場測定がおこなわれているが完全な実用化については未だ十分におこなわれてはいないようである。著者らはこれらの多くの研究例や提案について検討をおこない、その可能性を探索した。その一方法として、これらについて列記し、個々について考察検討をおこなった。すなわち、これらの一例は

I 機械的方法

- | | |
|----------------|--------------------|
| (1) カッターで削る | (12) 氷の膨張を利用する |
| (2) くさびで砕く | (13) ガス膨張を利用する |
| (3) たがねでハツる | (14) 地山に通電して脆性化する |
| (4) ハンマーで叩く | (15) レーザ光線により焼切る |
| (5) バイトで削る | (16) 超音波により切削をおこなう |
| (6) ローラで割る | |
| (7) テーパーで割る | |
| (8) 水ジェットで粉碎する | |
| (9) 冷しばめする | |

II 化学的方法

- (17) 薬品により溶解する

III 原子力利用

- (18) 原子炉ユニットを作り岩を溶解する
(19) Nuclear Civil Engineering

IV 物理的方法

- (10) ヒータやバーナで溶かす
(11) 加熱急冷により脆性化する

上に示した研究方式にしたがってそれぞれに対する実験的研究および考察について以下に重点的に述べる。

(1)カッターで削る方式と(6)ローラで割る方式についても多くの研究がなされているが我々はずぎのような提案をおこなった。すなわち、岩盤に平行な溝をカッターで切り、この溝にテーパローラを押し付けて岩石を割るという方式で、カッターは円板の外周にダイヤモンドチップを植付けたものであり、毎分1,000回転程の高速回転を与えて岩石に溝を付ける。今回はこの溝の深さと間隔を適当に定めて、つぎに示すようなくさびで2つの溝で区切られた岩を折って破壊することを意図したものである。いま、群馬花こう岩(単軸圧縮強度1.220 $\times 10^8$ kg/cm²)を300 $\times$ 300 $\times$ 300の大きさに成形し、これをフライス盤のテーブルに乗せ、フライス盤のスピンドルにさきに述べたダイヤモンドカッターを取付けて写真1に示すように石材を削り溝を付けた。このカッターで岩石を削る場合には多量の水でチップを冷却しつやる必要があり、こうすれば一枚のカ

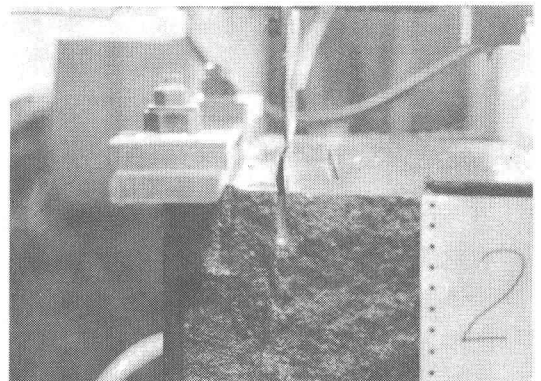


写真-1

ッターで約1,000mの溝を切ることができる。今回の研究では上記の方法で所期の目的を十分に果たすことが知り得た。この方法を実際の工事に適用するためには写真2に示すようにずい道切羽に2つの溝を切り、

しかる後に2つの溝にはさまれた部分の岩石をくさびを打込んで折り、この操作を数回くり返して約1 mの深さのリングカットをおこなう。この後、残された部分をダイナマイトにより破壊してもリングカットが施してあるために爆発音がきわめて小さいという利点がある。しかし、ダイヤモンドカッターによるリングカット工法の施行性に問題が多々あり、この代りに、バーナの焔の加熱によるリングカット方式であればかなりの実現性があると思われる。つぎに、上に述べたように岩石に2本の溝を切った後にこの溝にくさびを打込んで溝ではさまれた部分を折ることにより岩石を比較的容易に破壊することができる。この場合、溝幅14 mm、溝中心間隔5 cm、溝深さ9.2 cmのとき、押込み推力6.6 kNであった。この場合、溝で囲まれた岩石の幅と溝の深さとの比率が1:2.6であり、この場合、写真3に示すようにもっとも望ましい破壊が生ずることが判明した。

(4)ハンマーで叩く工法としては岩石が衝撃に弱いという性質を利用することも考えられる。著者らは数年前からバイトやハンマーを回転させて、衝撃で岩石を砕く方式に着目してこの原理を用いた岩石掘削機械を開発してきた。この機械は回転ドラムの周囲に振子状のバイトを取り付けたもので写真4に示す。このドラムを回転させるとバイトは伸縮しながら岩面を切削するものでこの状況を写真5に示す。この機械による切削はきわめて円滑で強力なものであり、また、高能率で仕上げも美しいという利点があり、圧縮強度1,000 ㎏/cm²程度の中硬岩にはきわめて威力を発揮する。しかし、圧縮強度が2,000 ㎏/cm²以上の硬岩には切削に幾分かの困難がみられるのでトンネルの当り取りなどには適していると思われる。

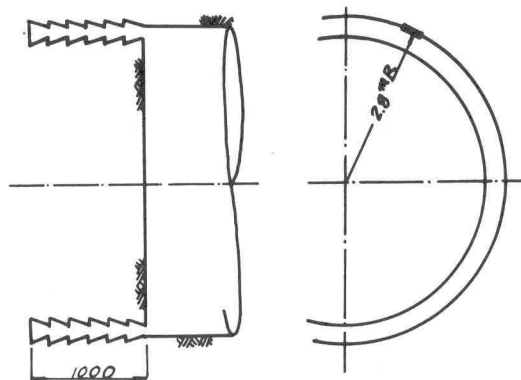


写真-2

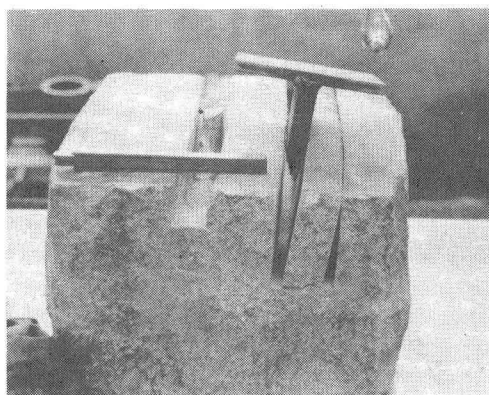


写真-3

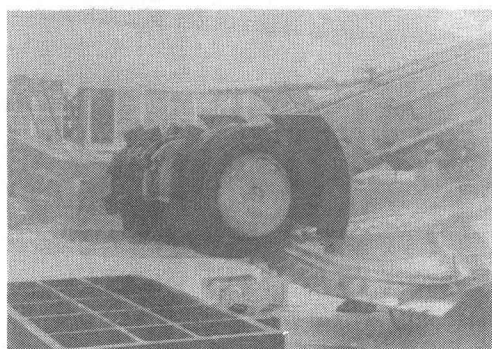


写真-4



写真-5

(8)水ジェットによる粉砕については近年広く研究がなされており、著者らも数年前から研究に着手しているがジェットの性状を調べるにとどまり、トンネル全断面掘削工法の確立までには到らない。しかし、実用化に向って努力を続けている。この一例として2台の水圧ポンプを並列駆動させて、別々にジェットを岩に吹付けたものと、写真6に示すように、これを1本にまとめ、さきのノズルより少し大きな口径のノズルに合流させて噴出させたものと双方の比較実験をおこなった。その結果、後者の方が威力が大であり、岩石の切込みには有利であることが判明した。現状では高水圧にて毎分数十リットル以上の吐出量を供給しうる水圧は、

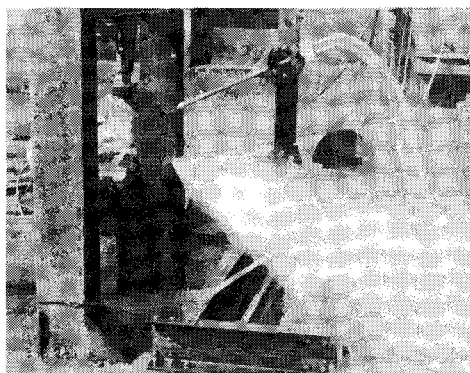


写真-6

2,000 ㏩以下であり、実験室では4,000 ㏩まで水圧を高めうるが実用には供し難い。この他、本工法における場合の問題点は多々あるが吐出水圧、吐出量等を高めるほか、耐磨耗性のジェットノズル耐圧ホース等の機械部品、機構上の問題がある。

(9)冷しバメをする。又は(12)水の膨張を利用する方法として岩盤にボアホールをさく孔し、この孔径よりわずかに小さい外径の金属棒をそう入し、この金属棒は液体チッソによりかなりの低温に冷却してある。金属棒は孔にそう入されると周囲の岩盤からの熱の吸収またはヒータによる加熱のために膨張するがボアホールに内圧が作用し、これにより岩石を容易に破壊しうる。この方法は帝国酸素が開発したもので機械部品に用いられている。いま、金属棒を用いる代りに水筒をボアホールにそう入し、これをその位置で冷却して凍結させると水筒は膨張してボアホールは内圧を受けるため岩石は容易に破壊する。この工法は確実性があり、大きな内圧が発生するため有望な工法であるが切羽全断面掘削に際しては100個近くのボアホールをさく孔しなければならない、また、岩石破壊後装置を回収しなければならない。また、さく岩機による孔のせん孔は真円であつ蛇行の無いものでなければならないがこのようなさく孔は不可能である。とくに、水筒を用いる方法では水筒を冷却凍結膨張をおこなう際に入口のシールを余程たくみにしておかないと水がシールを突破することも十分考えられる。このように問題点が多いので固体の温度膨張による破壊工法は実現性が少ないのではないと思われる。

(10)ヒータやバーナで溶かす。又は、(11)加熱急冷により脆性化する；岩石片を電気炉に入れて850℃まで高めて均等に加熱すると数分後には高度の脆性化現象がみられる。この現象より、バーナやフレームにより岩石を適当に加熱してしかる後、他の機械的方法で掘削すると工具のまもうが少なく、また、所要トルクが小さいから有利ではないかと思われる。しかし、常温の岩を加熱して850℃まで温度を高めるためには1 m³の岩石当り約10,000円の電気料金を必要とする。しかし、さきに述べたようにリングカットを施し、残ったコアを爆発させるといういわば準発破工法においては火焰を用いてリングカットをおこなう工法はきわめて有望である。この場合、半径5 mのトンネルに幅10 cmのリングカットをおこなうとすればこれに要する燃料費は1 m³の地山に対して約4,000円程度でおさまる。また、火焰でコーナを切ることもカッターの場合のようには困難はなく、きわめて円滑な焼切りが可能かと思われ、溶けたノロは一度固まるがこれはブラシかスクレーパーのようなもので掻き取れば簡単な除去ができと思われる。つぎに岩石片を450℃および850℃の炉加熱をおこない、これを直ちに水中に投入して脆性化の進行状況を調べてみたが顕著な脆性化の進行はみられなかった。このことは加熱急冷による岩石の脆性化の促進は困難であることを示している。