

大成建設（株） 正会員 飯星 茂 正会員 川上 純
同上 正会員 中尾 健児 正会員 五十嵐孝文

1. はじめに

近年ウォータージェット装置の発達により発破孔に切り込みを入れることが可能となり、スミーズブラスティングへの適用について、幾つかの理論的、実験的研究が行なわれている。筆者等も本工法を確立すべく研究を行っており、2, 3の知見を得たので、ここに報告する。

2. 超高圧ウォータージェットによる切り込み性能

現在、超高圧ウォータージェットによれば、図-1に示したようなジェットランスを用いて、図-2に示したような穿孔内での加工が可能である。一般に発破に必要なスロット、ディスクの効果的な深さは、破壊力学的な考察によって、穿孔直径の25%程度と考えられている（例えば、文献1参照）。一般のスミーズブラスティングでの発破孔の直径は、30~50mmであるから、8~13mm程度の切り込み深さが必要とされる。以下、ウォータージェットによるスロット、ディスクの切り込み深さについて、実験結果により述べる。なお、実験に使用したジェット装置は、JET-Minor 40EDであり、詳しい仕様は、文献2を参照されたい。試験体は、表-1に示した物性値を有する岩石ブロックである。なお、表-1に示した臨界圧力とは、試料の切断が不可能となり、浸蝕状態となるジェットポンプの吐出圧力を示す。図-3、図-4にスロット、ディスクの切断深さを示した。また、図-5には、臨界圧力をパラメータとして、スロットの深さを示した。実験結果をまとめると、次のようなことが言える。

(1) 表-1より、岩石の切断に必要な最低のジェット吐出圧力は、大まかに言って、岩石の一軸圧縮強度を上まわる。なお、玢岩については、今回の試験したジェット最高圧（224 Mpa）では切断不可能であった。

(2) 今回の実験でのジェットポンプの入力動力は40~60KWであったが、この程度の動力を有する装置では、図-3、図-4から判断されるように、施工的に問題となるような時間を要しない。むしろ、さらに経済性を考慮した、小出力のジェットポンプが必要とされよう。

(3) 図-5より岩石固有の臨界圧力 P_c を把握すれば、スロットの深さ ℓ

表-1 岩石物性値

物性項目 岩石名	単位体積重量 t/m^3		超音波伝播速度 km/s		一軸圧縮 強度 Mpa	臨界圧力 Mpa
	γ_1	γ_d	V_p	V_s		
砂 岩	2.26	2.07	3.08	1.76	18.3	67.0
流紋岩	2.37	2.27	3.02	1.77	81.6	126.0
安山岩	2.71	2.68	4.31	2.53	158.6	147.0
花崗岩1	2.69	2.68	5.31	2.48	121.7	172.0
花崗岩2	2.71	2.70	4.20	2.25	195.9	154.0
玢 岩	2.98	2.97	6.06	2.97	200.7	不明

は、ジェット吐出圧力 P_0 と比例関係で推定できる。なお、本試験では、ジェット水量は一定である。

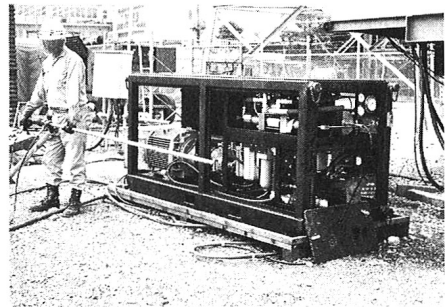


写真-1 ジェット装置の概観

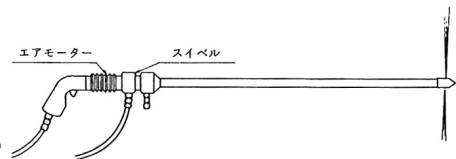


図-1 ジェットランスの概観

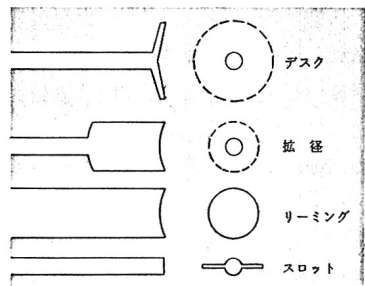


図-2 ジェットランスによる穿孔内での加工

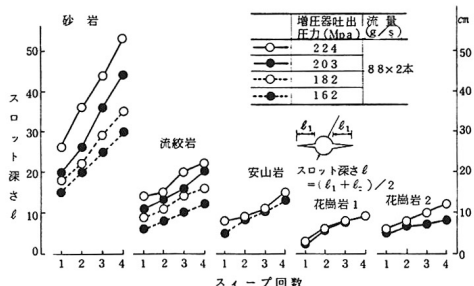


図-3 スロットの深さ
(スweep速度 1m/min)

3. スムーズブラスティングの

現場実験

スムーズブラスティングの発破孔にスロットを入れた場合、スロットにより、クラックの発生及び発達方向を制御することができ、その破断面も平滑になることが確認されている。³⁾

今回、実際の作業現場において、スロットの効果を確認するための実験を行ったので、その結果を以下に示す。

(1) 実験内容

石灰岩（圧縮強度165Mpa）の採石場のベンチ面において、スロットを用いたスムーズブラスティングの実験を行った。発破は、 $\phi 38\text{mm}$ 、孔長2mの装薬孔にアイレマイト（ $\phi 20\text{mm}$ 、爆速4500～5200m/s）を使用して行った。孔間隔は、通常行なわれている0.6mよりも大きくとり1mとし、薬量は標準的値0.2kg/mとその半分0.1kg/mとして、スロットの有無による比較発破を行った。

(2) 破断面の状況

図-6は破断面の凹凸を10cm間隔で示し、また、表-2には破断面1m当りの凹凸の体積を示したが、スロットを入れたことにより、半分の薬量でも、より平滑な破断面が形成されたことがわかる。破断面は、Bパターンでは孔壁から発達するクラック面は基準面からはずれ、当りや余掘りが多いが、Cパターンではクラックは孔間を結ぶ面上を進み、孔間の中心部の幅30cm付近で初めて凹凸が生じている（図-7）。この形状は、不連続面をもつタイルの実験と同様となり³⁾、切り吹きの効果がよく現われていることがわかる。

4. あとがき

超高圧ウォータージェットのスムーズブラスティングへの適用については、ウォータージェット装置およびその効果の面からは、十分に可能性のある方法である。しかし、既往のスムーズブラスティングと比較して、新たに、ウォータージェット装置の導入が必要であり、コスト高の要因となる。今後、ウォータージェット装置の低廉化による経済的発破技術の確立が課題である。

参考文献

- 1) Finn Ouchterlony. "ANALYSIS of CRACKS RELATED TO ROCK FRAGMENTATION." ROCK FRACTURE MECHANISMS EDITED BY H.P. ROSSAMNITH. CISM 1983, pp31-67
- 2) 飯島茂 "超高圧ウォータージェットのトンネル工事への適用性" 建設機械, 1984. Vol. 20
- 3) 中川浩二, 他 "SBにおけるガイドホールの作用効果について", 1984 岩盤力学シンポジウム

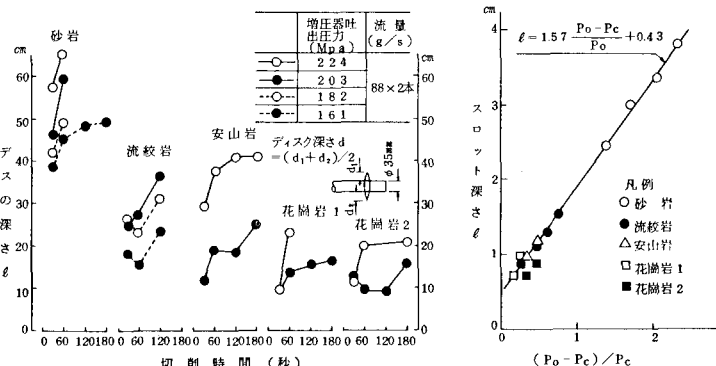


図-4 ディスクの深さ (320r.p.m)

図-5 スロット深さの一般化 (スリーブ速度5m/min)

表-2 発破パターンの概要と結果

パターン名	孔数 (本)	孔間隔 (m)	装薬長 (m)	薬量 (kg/m)	スリット	結果	
						破断状況	1m当りの凹凸体積 (m³)
A	4	1.0	1.3	0.1	無	凹凸が激しく下部は破断せず	0.043*
B	4	1.0	1.3	0.2	無	比較的滑かに切れた	0.009
C	2	1.0	1.3	0.1	有	非常に滑かに切れた	0.008
							0.006

*) 上段凸分、下段凹分

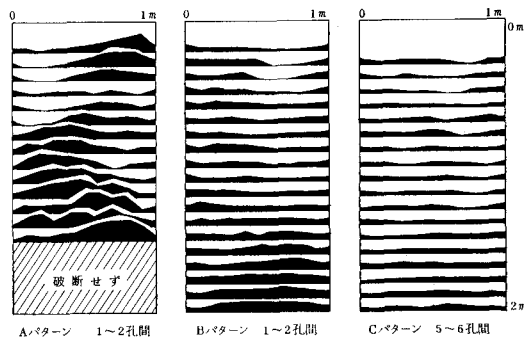


図-6 破断面の凹凸形状

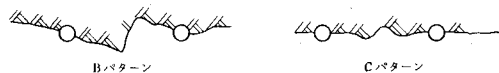


図-7 破断面の形状