

東京電力(株)

山田 有一

岡崎 憲治

正員 〇上條 勝彦

大成建設(株)

正員 飯屋 茂

1. はじめに

本研究は、ダム等の建設に付帯する止水工事の合理化の一環として、グラウト孔のせん孔工期の短縮及びせん孔費用の低減を目的として、超高压ウォータージェットによるせん孔の適用性について検討したものである。超高压ウォータージェットによる最近のせん孔技術については、ジェットポンプの軽量化、超高压ウォーターシベル及び安価なオリフィスの開発がなされ、既に、発破孔やロックボルト用の短い、小口径のものが、せん孔可能な状況となっている^{*)}。本報告は、このような技術の現状を踏まえ、研究の第一段階として岩石ブロックを用いてせん孔試験を行い、長尺せん孔における問題点を探ったものである。

2. せん孔試験の方法

せん孔試験には、軟岩から硬岩に至る4種類の試料を使用した。試料の物性を表-1に示す。せん孔装置の基本的な構成は、図-1の通りである。装置の主な仕様を表-2、表-3に示す。また、試験条件のパラメータは表-4の通りである。なお、試験時には、せん孔速度、流量、スラスト力、トルク力の測定を行った。

表-1 岩石試料の物性

岩石名	一軸圧縮強度 (kgf/cm^2)	静弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$)	破壊時 ひずみ ($\times 10^{-4}$)	単位体積重量 (g/cm^3)		弾性波速度 (km/sec)	
				乾燥	湿潤	縦波	横波
砂岩	370	2.9	4500	2.14	2.26	2,600	1,500
流紋岩	780	17.6	4,000	2.18	2.30	2,600	1,300
安山岩	2,110	26.2	— ^{*)}	2.66	2.70	3,400	1,700
花崗岩	1,460	56.4	2,900	2.63	2.67	4,600	2,100

表-3 せん孔装置仕様

装置名	仕様
せん孔方式	シングルロッド式
ビット直径(mm)	38 46 66
ロッド回転用モーター (油圧式)	無負荷時回転数 (rpm)
	520 260
超高压 シベル	公称回転トルク ($\text{kg}\cdot\text{m}$)
	2.7 60
エア ライター	実用使用最高 圧力(kgf/cm^2)
	3,800
	実用最大流量 (l/min)
	30
	実用負荷圧 (kgf/cm^2)
	?
	最大スラスト力 (kg)
	140

表-2 ポンプ仕様

装置名	仕様
アースター ポンプ	最大吐出流量(l/min)
	20
	最高吐出圧力(kgf/cm^2)
	30
超高压 ジェットポンプ (1台当り)	増圧器
	最大吐出圧力(kgf/cm^2)
	3,800
	最大吐出流量(l/min)
	7.6
	増圧比(油圧/水圧)
	1:20
	増圧器の数
	2
油圧 ポンプ	作動流量(l/min)
	7.5
	最高油圧(kgf/cm^2)
	400
定常運転油圧 (kgf/cm^2)	200
	動力電動モーター(KW)
	57

表-4 試験条件パラメータ

岩石試料	砂岩, 流紋岩, 安山岩, 花崗岩
ビット直径(mm)	38, 46, 66
せん孔水圧 (kgf/cm^2)	2300, 2600, 2900, 3200, 3500, 3800

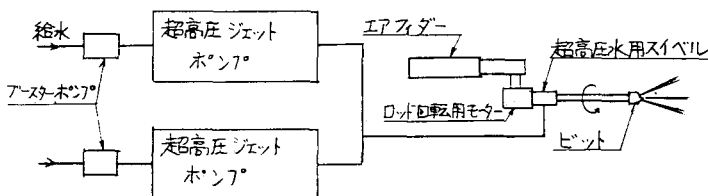


図-1 せん孔設備の基本的な構成

3. 試験結果

図-2に、ジェット吐出圧力が $3,200 \text{ kg/cm}^2$ の時のせん孔速度を示す。図-3は、せん孔底面に与えた単位面積当りの比エネルギーとせん孔速度の関係を、図-4には、せん孔径 $\phi 38 \text{ mm}$ のせん孔試験において、岩石の単位体積を破碎するのに使用した比エネルギーとジェット吐出圧力の関係を示した。これらの図表より次のようなことが考えられる。なお、比エネルギーの算出にあたっては、ビット直径を用いた。

- (1) 岩石の一軸圧縮強度とせん孔速度については、傾向的に相関性が見られるものの、安山岩と花崗岩において逆転しており、山門^{*)2}の指摘(ジェットによる破碎圧力は岩石の一軸圧縮強さよりも衝撃強さに比例関係がみられる)が想起される。
- (2) 図-3より、単位面積当りのエネルギーの増加に伴いせん孔速度は増す傾向にある。
- (3) 図-4に示す通り、岩石の物性によりウォータージェットの適正な吐出圧力範囲が存在する。砂岩、流紋岩に対しては、今回試験した圧力より低圧領域で、安山岩、花崗岩では、より高圧領域でエネルギー効率のよい圧力領域が存在する。

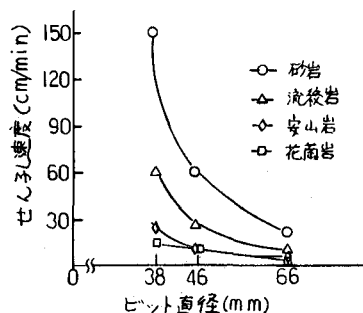


図-2 圧力 $3,200 \text{ kg/cm}^2$ でのせん孔速度

4. 考察

本実験により、超高压ウォータージェットによる岩盤のせん孔は硬軟岩にかかわらず可能であることを確認した。ただし、硬岩に対する太径せん孔の効率化、せん孔ビットの磨耗量の低減化及びすべての岩種に対してのせん孔壁面の平滑化等種々解決すべき問題点を抽出することができた。今後、ビット、ケーシング、ロッド等の改良開発と長尺せん孔の場合のスライム排出処理の検討及び現場実験を実施して、実用化に向けて研究を進めて行きたい。

参考文献

1. 中尾健児・飯屋茂・五十嵐孝文；超高压ウォータージェットの適用性に関する実験 建設の機械化 昭和58年5月 pp49~54
2. 山門恵雄・横田章；高速の水噴流による岩石の破壊 土木学会論文集 昭和41年9月 Vol 133. pp11~19

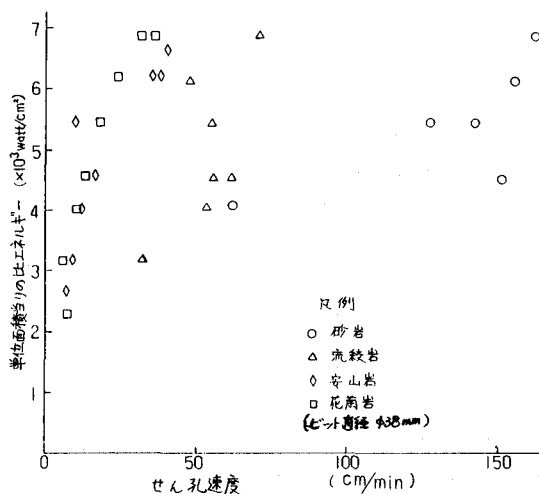


図-3 単位面積当りの比エネルギーとせん孔速度の関係

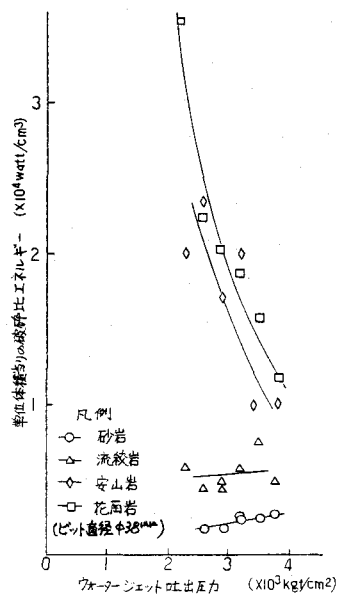


図-4 単位体積当りの比エネルギーとウォータージェット吐出圧力の関係