

Ⅲ-690

放電衝撃法による岩石破壊技術の開発（第1報）

— 力学的基本特性と破壊試験例 —

日立造船(株) 技術・開発本部 前畑英彦, 荒井浩成, [○]正会員 大工博之, 塚原正徳, 井上鉄也

1. はじめに

金属細線を瞬時に気化させた時に生じる衝撃力¹⁾を利用して金属材料を成形加工する方法は古くから利用されているが、岩石などの破壊への適用例はあまり見られない。ここでは、新しい非発破工法として放電衝撃力の岩石破壊への適用技術の開発を目的として実施した力学的基本特性と岩石破壊例について述べる。

2. 放電衝撃法の発生と現象解析

(1) 放電衝撃力の発生原理

高電圧で蓄積した電気エネルギーを瞬時に水中の金属細線両端に放電供給すると、金属細線の溶融・気化時および細線周囲の水の蒸気化による正圧空洞の急激な膨張現象などにより衝撃力が発生する。放電衝撃岩石破壊法²⁾はこの現象を利用したもので、図1に基本構成を示す。破壊は、被破壊物に穿孔した孔に水とともに金属細線を封入し、この金属細線に高電圧充電した電気エネルギーを短時間(数 μsec オーダー)で放電供給することで衝撃力を発生させて行う。

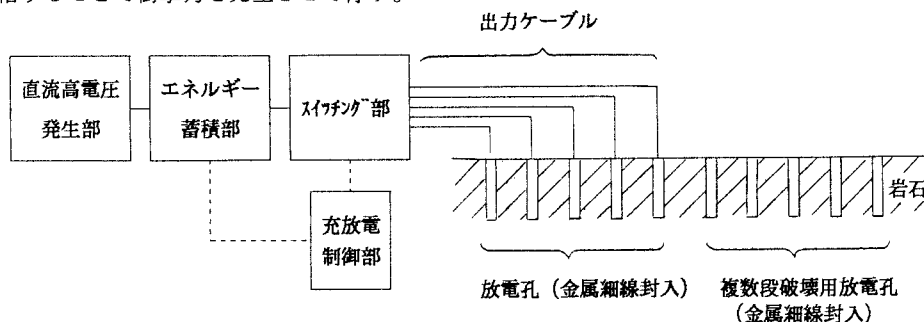


図1 放電衝撃法による岩石破壊の基本構成

(2) 現象解析

図2は、金属細線の放電現象および発生力の波形を示したもので、発生力は水晶式圧電センサー（キスラー社製 9213A1）を用いて測定した。細線両端電圧および供給電力は放電電流がピークを過ぎた時点から急激に上昇し、この際に細線が蒸気化する。力は細線蒸気化による体積の急激な膨張により衝撃力として発生し、水中を伝播していくと推察できる。これは、発生力波形は供給電力ピーク時より約 $30\mu\text{s}$ の遅れて発生している（放電点—センサー間距離は4cm）ことから確認できる。

3. 力学的特性

図2の波形より、発生する力は急峻な立ち上がりをもつ数 $10\mu\text{sec}$ 程度の衝撃力である。岩石などの脆性材の場合、短時間でも高い力のピーク値があれば亀

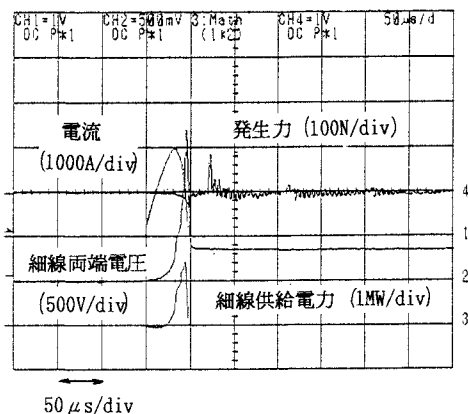


図2 放電波形および発生力波形

裂破壊できると考えられる。衝撃力による破壊は、材料端面での力の反射や減衰伝播など³⁾、静的破壊とは異なる破壊形態を示す。

図3は放電電圧に対する発生衝撃力を実験的に調べてまとめた特性関係図である。図中破線は細線径を変えた場合で、それぞれのピーク値を結ぶと両者はほぼ比例の関係を得る。例えば、放電電圧6000V、 $\phi 13\text{mm}$ の放電孔内壁面で約 17000kgf/cm^2 の衝撃圧力である。この他、衝撃力を決定する因子としては細線条件、放電電圧以外に蓄積エネルギー、出力ケーブル長などがある。

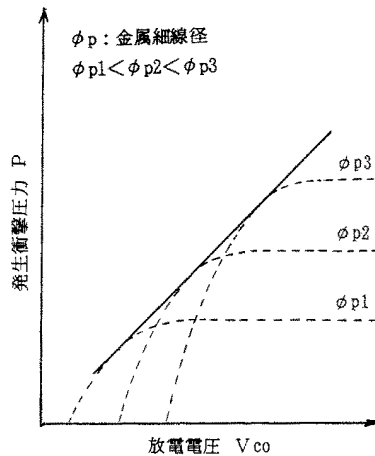


図3 放電電圧と発生衝撃力の関係

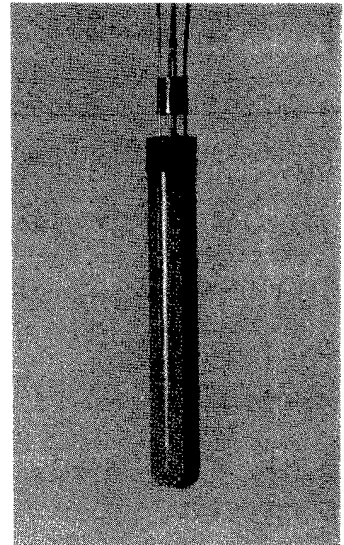


図4 放電プローブ

4. 放電衝撃発生装置

図1に示した放電衝撃破壊装置は、複数点の斉発性を調べるために放電電圧4000Vを3系統、6500Vを2系統を試作した。放電スイッチングには半導体方式を用いており、各系統とも独立および同時放電が選択できる。また、装置の放電インターバル(可変可能)は約1分としており、あらかじめ各系統毎に複数段の放電プローブをセットしておくことで繰り返し放電できる。

図4は放電プローブの一例で、 $\phi 10\sim 20\text{mm}$ の円筒容器内に金属細線と圧力伝達材を封入している。



図5 岩石破壊例

5. 岩石破壊例

図5は $500\times 500\times 500\text{mm}$ の花崗岩を6000Vの1点放電で破壊した例であり、発生衝撃圧力は約 17000kgf/cm^2 で4分割した。破壊時の騒音は10m離れた位置で最大約80dBで、破壊による振動はバックグラウンドレベルであった。この時の放電電力量は約3WHである。また、複数孔同時放電(ずれ= $1\mu\text{sec}$ 以下)による制御破壊や水中放電による破壊も可能であることを確認している。

6. まとめ

- 1) 放電衝撃力を利用した岩石破壊の目処を得た。
- 2) 発生力は立上がり急峻で発生期間が数 $10\mu\text{sec}$ 程度の衝撃力であり、放電電圧にほぼ比例する。
- 3) 放電孔内部壁面で約 17000kgf/cm^2 の衝撃力で、 $500\times 500\times 500\text{mm}$ の花崗岩を4分割破壊した。

<参考文献>

- 1) 元木, 行村: 水中の金属細線爆発に伴う状態変化, 電気学会論文集A, p221(1976)
- 2) 荒井, 大工, 塚原, 井上, 前畑: 土木学会第26回岩盤破壊に関するシンポジウム要旨, p261(1994)
- 3) 佐々, 伊藤: 爆轟衝撃による材料の破壊と波動について, 材料, Vol. 22, No. 221, p57(1972)