

III-B 87

放電衝撃法を利用した岩石破碎実験

日立造船 正) 井上鉄也・荒井浩成・前畑英彦

大林組 正) 風間慶三・正) 須山恭三・正) 吉岡尚也

1. はじめに

高電圧でコンデンサに充電したエネルギーを水などの媒質中に浸した金属細線へ短時間に供給すると、金属細線が溶融・気化する。このように金属細線が瞬時に溶融・気化すると、衝撃力が発生する。

この発生衝撃力の利用方法として、古くから金属薄板成形技術として検討されてきたが、装置規模の点などから実用化に至っておらず、さらに大きな衝撃力を要する岩石破碎分野への検討はなされていない。近年、パワースイッチング技術の飛躍的な発展により、過去の技術が新機能を備えた新技術として見直されつつあり、本技術も電子スイッチの採用で岩石やコンクリートなどの破碎方法として適用の可能性を得た。そこで、本報告では、発生衝撃力特性について述べるとともに、試作装置による岩石供試体の破碎実験結果について述べる。

2. 放電衝撃法に発生衝撃力特性

(1) 破碎基本構成

放電衝撃法による岩石破碎の基本構成を図1に示す。¹⁾ 放電による衝撃力は、コンデンサに高電圧で充電したエネルギーを写真1に示すような金属細線を封入したプローブに電子スイッチにより数10 μ sで放電し、金属細線を溶融・気化させることで発生させている。実際に岩石などを破碎するときには、穿孔した孔金属細線を水などの圧力伝達媒体とともに封入したプローブを埋め込み、このプローブの端子に高電圧で充電したエネルギーを供給することになる。

(2) 発生衝撃力特性

放電により発生する衝撃力特性を幅5m・奥行き4m・高さ1.5mの水槽内に水を入れた状態で調べた。すなわち、水槽内の治具に固定した金属細線に放電し、圧力伝達媒体としての水を伝達してくる衝撃圧力を水槽内の水底に固定したキスラー社製の水晶圧電式センサにより測定した。併せて、放電電流と金属細線の両端電圧も測定した。放電電流は、ピアソン社製カレントモニタを、金属細線の両端電圧はパルス電子製高電圧プローブを用いて測定した。計測データは、横河電機製デジタルオシロスコープで記録した。なお、金属細線と圧力センサとの距離は8cmとした。

図2は、コンデンサ蓄積エネルギーと発生衝撃力の関係を示したもので、両者はほぼ比例の関係にある。蓄積エネルギーは、充電電圧とコンデンサ容量によって決定し、コンデンサ容量一定では充電電圧により発生衝撃力を制御することができる。なお、金属細線の径と長さは充電電圧により変えている。

3. 放電衝撃法による岩石破碎実験および結果

試作した放電衝撃破碎装置による破碎性能を調べるため、岩石供試体の破碎を試みた。試作装置は、6500V-2系統と4000V-2系統の放電出力を有し、独立および斉発出力制御が可能であり、充電時間は約1minである。

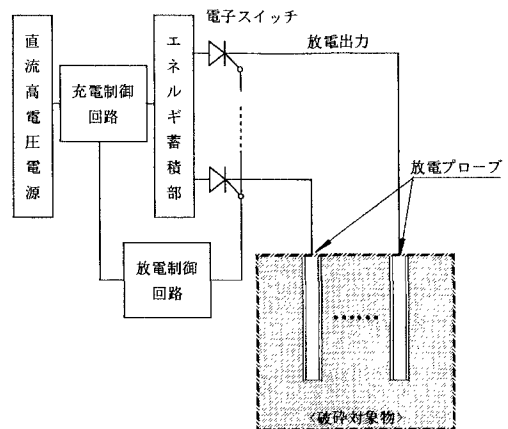


図1 放電衝撃法による岩石破碎の基本構成

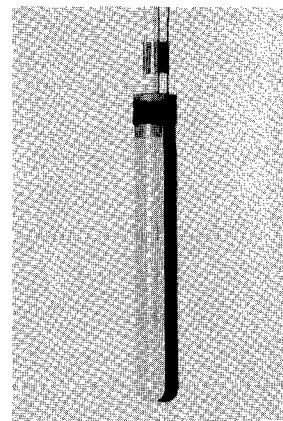


写真1 金属細線とプローブ

なお、入力電源には小型発電機（1kW）を使用した。破碎実験用の供試体として花崗岩を用いた。放電衝撃法による破碎実験は、次のような手順で行った。

1) 造成地内より体積がそれぞれ0.04, 0.08, 0.13, 0.4, 1.2m³程度の供試体を選定し、選定した供試体の上面からドリルを用いて径13mmの孔を downward に穿孔する。穿孔深さは、供試体高さの2/3程度とした。2) プロブを孔に挿入し、口元の詰め物には濡らした紙を使用して閉塞する。3) プロブの導線に放電ケーブルを接続する。4) コンデンサへの充電が完了した後、瞬時に放電する。写真2は、体積が0.13m³程度の岩石供試体に埋め込んだプロブ（径13mm, 長さ120mm）に6300Vで充電したエネルギーを放電したときの破碎状況を示したものである。破碎した岩石供試体の一軸圧縮強度は、約150MPaであった。このように、プロブ1本を使用した破碎実験を数ケース行った結果、体積が0.13m³程度までの岩石供試体はプロブ1本でも破碎できるが、体積が0.4m³程度を越えるとプロブ1本では破碎できないことがわかった。しかし、体積が0.4m³程度の岩石供試体に2本のプロブを埋め込み（プロブ間隔10cm）、それぞれ6300Vでコンデンサ充電したエネルギーを同時放電したときには、亀裂を発生させることができ、一次破碎は可能であることがわかった。また、体積が1.2m³程度の岩石供試体の場合には、プロブ2本に同時放電しても部分的にしか破碎できなかった（写真3）。破碎時における騒音レベルは、30mの位置で約74dB（A）、振動レベルは、10mの位置でバックグラウンドレベル（Z軸：31～33dB）であった。

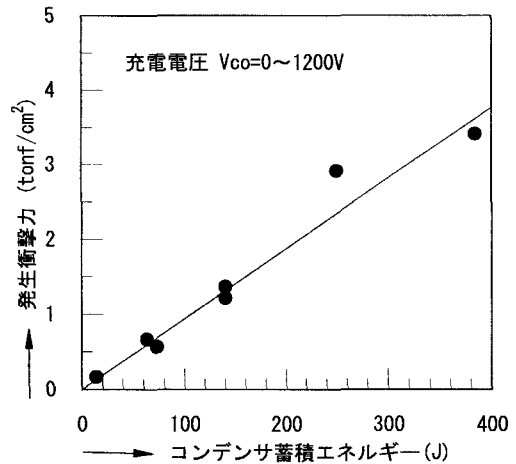


図2 コンデンサ蓄積エネルギーと発生衝撃力の関係



写真2 岩石供試体の破碎例（体積 約0.13m³）

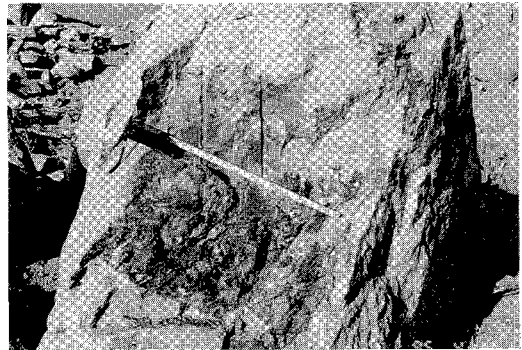


写真3 岩石供試体の破碎例（体積 約1.2m³）

4. おわりに

放電衝撃法の破碎性能を把握するために、試作した放電衝撃破碎装置を用いて破碎実験を行った。その結果、金属細線の溶融・気化により発生する衝撃力を利用して、1.2m³程度の体積を有する岩石供試体を部分的ではあるが破碎することがわかった。この放電衝撃法を岩盤材料の破碎に適用するためには、拘束された状態下にある岩盤をどの程度まで破碎できるか否かを実験的に確かめておく必要がある。

参考文献：

- 1) 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)