

小型放電衝撃発生装置の開発

日立造船(株) 正会員 阪本 良、佐々木 加津也
日立造船(株) 大西 孝明

1. はじめに

放電衝撃破砕工法¹⁾は岩盤やコンクリートを破砕する技術であり、トンネルや立坑の掘削、転石の破砕除去工事、あるいは都市部での鉄筋コンクリート構造物の解体などに適用されている。本工法で用いるシステムは、放電衝撃発生装置(以下、放電装置)、放電カートリッジおよびこれらを接続する放電ケーブルより構成される。本工法は破砕制御性が高いこと、低騒音・低振動、非火薬類ながら火薬類に近い破砕力を発生できることなどの長所を有するが、放電装置が約610kgであり人力で搬送ができないため施工箇所が限られることなどの課題がある。また、ケーブル長が最大80mなので遠隔作業で制約が生じている。このような状況から、放電装置の小型可搬化による施工性向上のニーズが多くなっている。そこで、従来使用している放電電圧(3000V~6000V)に対して1/2の放電電圧で破砕が可能となる新型放電カートリッジを実用化することにより、仕様電圧低下による内部機器のコンパクト化を図ることで、可搬性に優れた小型放電装置を開発した。

本報では、開発した新型放電カートリッジの性能及び新型放電装置の仕様について述べる。

2. 放電衝撃破砕工法のシステム

図-1に放電衝撃破砕工法のシステム構成を示す。放電装置は、商用電源を昇圧して直流に整流する高電圧直流電源、電気エネルギーを蓄えるコンデンサ、およびコンデンサに蓄えられたエネルギーを放電カートリッジへ供給する電子スイッチから構成される。金属細線と自己反応性液体(以下、B液)を封入して構成される放電カートリッジは、コンデンサに蓄積された電気エネルギーが電子スイッチにより数100μsの時間で供給されることで、金属細線が溶融気化して細線近傍で高圧および高温が発生する。その作用により放電カートリッジ内のB液を燃焼させることで、より大きな衝撃力が発生して対象物を破砕する。衝撃力はB液の容量を調整して制御可能である。

図-2に従来の標準型放電装置の外観を示す。本装置は、幅695mm、奥行き1000mm、高さ1600mmの外形寸法、約610kgの重量であり、2系統の出力が可能である。

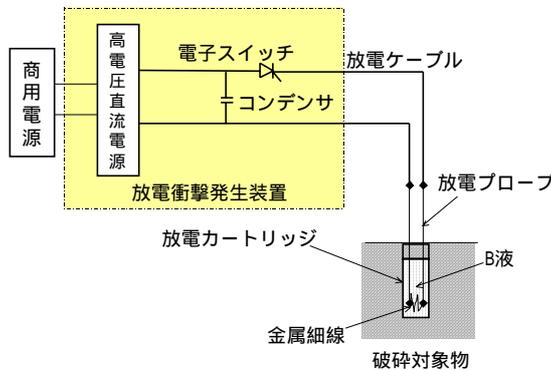


図-1 放電衝撃破砕工法のシステム

図-2 標準型放電衝撃発生装置

3. 放電衝撃発生装置の小型化

3.1 放電カートリッジの開発

放電衝撃力を最大限引き出すため

には、放電カートリッジに封入されているB液を効率よく燃焼させることが有効である²⁾。そこで、放電カートリッジ内の金属細線の材質や形状を最適化してB液の燃焼効率を高め、破砕に必要な衝撃力を発生できる最低放電電圧が従来の1/2になる新型放電カートリッジの実用化を目指した。

図-3に従来型及び新型放電カートリッジを用いた一辺150mmのコンクリートブロック破砕試験結果の一例を示す。放電電圧が3000V以上必要であった従来型カートリッジに対し、新型放電カートリッジは放電電圧1500Vで十分に破砕できることが確認された。

図-4に放電電圧と破砕後のコンクリート片表面積合計値で評価した結果について示す。コンクリートブロックに作用する衝撃力が大きいほど表面積の合計値は大きくなるので、従来型の破砕力に対して新型放電カートリッ

キーワード 放電衝撃破砕工法、非火薬、岩盤、コンクリート、破砕

連絡先 〒559-8559 大阪市住之江区南港北1丁目7番89号 Hitz 日立造船(株) TEL06-6569-7066

ジは性能向上していることが確認できる。特に、新型放電カートリッジの表面積は放電電圧 1500V 以上でほぼ一定となる。従って、新型カートリッジの放電電圧は 1500V を標準として実用化した。



(a)従来型(3000V) (b)新型(1500V)

図-3 150mm コンクリートブロックの破砕結果

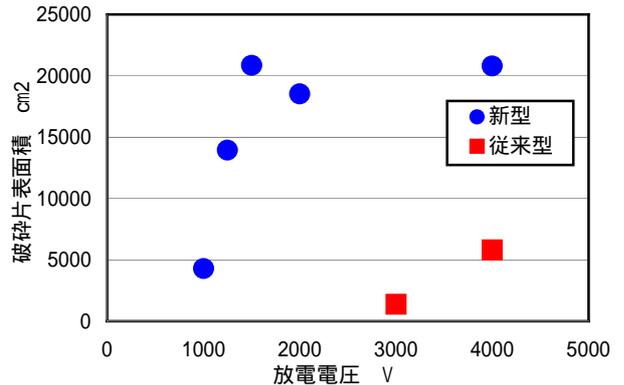


図-4 破砕片表面積の比較

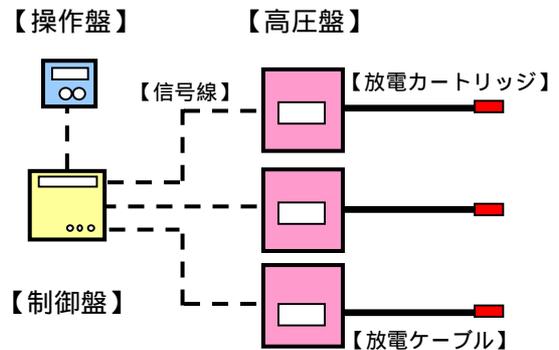
3.2 放電衝撃発生装置の小型化と機能向上

表-1 に従来の標準型と新型放電装置の仕様、図-5 に新型放電装置のシステム構成を示す。従来型放電装置は、放電電圧 3000V ないし 6000V で 2 系統の出力を有しており、操作部と高圧部が一体構造であった。新型放電装置は、可搬性を重視して 1 系統の出力ながら大幅な小型軽量化を達成した。新型放電装置は、操作盤、制御盤、高圧盤を電氣的に絶縁分離して安全性を高め、3 分割構造により可搬性を向上させた。なお、出力数は高圧盤のみを増設することにより 2 ないし 6 系統に拡張でき、斉発あるいは数 10 μ s オーダーの段発が可能である。

放電ケーブルは、延長化に伴ってインピーダンスの増加による放電電流の低下が見られるが、誘導性蓄積によって金属細線部には高電圧が発生し、最大 200m まで延長可能となった³⁾。また、ケーブル断面積を低下させて重量は 2/3 になった。

表-1 放電衝撃発生装置の仕様比較

仕様	従来標準型放電衝撃発生装置	新型放電衝撃発生装置
放電電圧	3000 ~ 6000V	1500V
出力数	2系統	1~6系統
段発機能	msオーダー(2段)	μ sオーダー(最大6段)
盤構造	一体型	分離型
寸法	W695×D1000×H1600(mm)	操作盤: W240×L120×H240 制御盤: W600×L200×H654 高圧盤: W530×L780×H690
装置重量	610kg	操作盤: 5kg 制御盤: 30kg 高圧盤: 55kg
ケーブル延長	20 ~ 80m	20 ~ 200m
放電ケーブル重量(40m)	37kg / 系統	22kg / 系統



4. まとめ

放電電圧を低減した新型放電カートリッジを実用化したことで、放電装置の小型化が可能となるとともに、安全性、利便性及び機能性を向上させることができた。今後、より厳しい施工条件や使用環境条件下において本工法の適用範囲を拡大することができると思われる。現在、同様な装置コンセプトで 1 出力あたり 3 本の放電カートリッジを並列接続して使用可能となる放電装置を設計中であり、より効率的な破砕が可能となる予定である。

参考文献

- 1) 荒井, 前畑ほか, 放電衝撃破砕技術の開発, 日立造船技報, Vol.58 No.3 1997, p.15 ~ 21
- 2) 佐々木, 北嶋ほか, 放電衝撃破再工法の衝撃発生メカニズムに関する検討, 資源素材学会(札幌)2009.9
- 3) 前畑, 荒井ほか, 放電衝撃破壊技術の開発, 日立造船技報, Vol.56 No.3 1996, p.52