## 放電衝撃破砕工法の破砕メカニズムに関する検討

日立造船(株) 正会員 佐々木加津也、阪本良、大西孝明、北嶋秀昭 (独)産業技術総総合研究所 久保田士郎、佐分利禎、緒方雄二

1.はじめに

放電衝撃破砕工法<sup>1)</sup>は日立造船(株)により実用化された非火薬類を用いた破砕技術である。近年、高度な制御 破砕に対応するため、衝撃力発生状況の定量化を進めている<sup>2)</sup>。本工法は、コンデンサに充電した電気エネルギー を電子スイッチで放電カートリッジに高速供給することで衝撃力を発生させてコンクリートなどを破砕するもの である。放電カートリッジは,電力供給により溶融気化する金属細線とその作用で燃焼反応を生じる自己反応性 液(以下、B液)を封入することで構成されている。一般的な破砕工事における本工法の標準施工法は既に確立さ れているが、より高精度な制御破砕を行うためには破砕メカニズムを詳細に把握する必要がある。特に数値シミ ュレーションを用いて最適な破砕条件を検討する場合、放電カートリッジより発生する圧力波形を正確に把握す ることが必要不可欠であり、さらに亀裂の進展過程が確認できれば破砕メカニズムの評価に有効である。

本研究では、放電カートリッジから発生する衝撃圧の計測と破砕過程の可視化観察を行い、放電衝撃破砕工法 における破砕メカニズムを検討するための有効なデータが得られたので報告する。

2.実験方法

表-1に実験に使用した装置および供試体を示す。

圧力測定は火薬類の爆轟圧計測などに用いられるピエ ゾフィルムゲージを使用し、破砕過程の可視化には最大 で 1µs ピッチの撮影が可能な高速ビデオカメラを使用 した。なお、放電衝撃破砕システムは実施工で使用され ているものである。

図-1 に圧力測定実験用治具を示す。衝撃力によって破 損しない肉厚の SUS304 製円筒内に放電カートリッジを 装填し、その直下に PMMA を介してピエゾフイルム、さら にその下に反射波の干渉を減らすための PMMA ブロック を設置した。上下はフランジで固定されている。

表-1	実験装置	と供試体

機材および供試体	仕様	
高速度ビデオカメラ	島津製作所製HPV-1(撮影速度1Mfps)	
放電衝撃破砕システム	日立造船製 ESG7K2	
	(放電電圧 0~6000V)	
圧力測定治具	SUS304 120mm/ 20mm × H70mm	
破砕実験供試体	PMMA 角柱 100mm×100mm×100mm	
	(引張強度 78.5MPa)	
Ľ゚エゾフィルムゲ−ジ	Dynasen 製 PVF2-11125-EK	





図-1 圧力測定用実験治具(左:全体構成、右上:カートリッジ装填状況、右下:圧力測定用ゲージ) キーワード 放電衝撃破砕工法、破砕、衝撃、非火薬、圧力計測 連絡先(〒559-8559 大阪市住之江区南港北1-7-89 日立造船(株) TEL:06-6569-7066 FAX:06-6569-0115)

## 3. 実験結果

図-2 は圧力波形の一例を示したものである。図中の 時間 0µs は放電カートリッジへの電力供給開始時で あり、約 120µsより圧力波形が立ち上がって小さなピ ークが観察される。このピーク圧は放電により放電カ ートリッジ内の金属細線が短時間で気化したことによ り生じた圧力と考えられる。その後、約 270µsに 1GPa 超の最大圧が計測されており、カートリッジ内の B液 が燃焼反応を起こした結果と考えられる。通常の火薬 類は数µs で数 GPa 以上の爆轟による超高圧が発生す るが、放電破砕では爆轟が生じないため急峻な衝撃波 は発生せず、緩やかな圧力上昇を示すことが確認され た。



図-3 は PMMA ブロックの破砕過程を高速度ビデオカメラで撮影した結果、図4 は破砕後の PMMA 破片を示したものである。高速ビデオカメラ画像は 32 µ s 毎のものであり、中心より周囲に向かって亀裂が進展している様子が確認される。画像より亀裂の進展速度は 500m/s 程度であり、PMMA の弾性波速度(約 2500m/s)より十分に遅いことから、亀裂に高圧の B 液燃焼ガスが流入することで破砕が進行していると考えられる。また図4 より破砕片のカートリッジ装填孔近傍は、火薬類を用いた破砕で見られるような圧砕された形跡が見られず、引張破壊的に破砕されていることが確認される。



図-3 破砕過程(32µsピッチ)

(b)装填孔拡大写真 図-4 破砕後の破片状況

## 4.まとめ

放電衝撃破砕工法の衝撃圧計測を行い、ピーク圧力値は 1GPa 強であり、ピーク到達までの時間は圧力が生じ始 めてから 150µs 程度かかることを確認した。さらに、高速度ビデオカメラを用いた破砕過程の可視化に成功し、 亀裂の進展から破砕に至る状況を把握することができた。これらの知見を基に、今後はシミュレーションを活用 して放電衝撃破砕工法を用いた破砕の性能向上を図る予定である。

## 参考文献

前畑,荒井ほか,放電衝撃力発生装置およびその用途開発,日立造船技報 Vol.60 No.2 1999 p.30
佐々木、北嶋ほか,放電衝撃破砕法の衝撃力発生メカニズムに関する検討,資源・素材 2009(札幌)p.211

-309