放電衝撃を用いた岩体除去工法の開発（第２報）
－コンクリート供試体による発生振動および健全性の検証－

（独）土木研究所寒地土木研究所　正会員　○伊藤　憲章
正会員　伊東　佳彦
正会員　日下部祐基
日立造船鉄構エンジニアリング（株）　正会員　荒井　浩成
田中　幹雄

1. 目的

急崖斜面の危険岩体除去においては，対象岩体背面の亀裂等による大規模な崩落を避けるため，周辺環境への影響が小さく，破砕効率に優れた破砕工法の開発[1)]が求められている．ここでは，第１報で述べた放電衝撃破砕工法による岩体除去現地実験[2)]において得られた振動加速度と周辺影響の関係の検証として，コンクリート供試体を用いた放電衝撃による発生振動および健全性等の破砕基礎実験結果について報告する．

2. 破砕基礎実験

実際の急崖斜面において行われた放電衝撃力による亀裂性岩体の破砕実験では，振動加速度による評価が数値的に周囲への影響が大きいという値を示した．しかし，目視する限りでは，周囲への亀裂進展が小さいなど影響が少なく，通常評価に用いられる振動加速度と矛盾する結果になった．実際の亀裂性岩体での実験では当然測定のバラツキが大きく，精度良い振動測定が出来なかったのも要因と思われた．

よって，本実験では亀裂等の無いほぼ均質な材料であるコンクリートを用いることで，測定のバラツキを少なくするとともに，発生位置から数10cmの近傍での振動測定を行い，より精度良い発生衝撃力を測定することとした．また，衝撃力測定は，カートリッジ内のパワーアップ用の充填液量(Q)と発生位置からの距離(放電位置～加速度ｾﾝｻ間：L)をパラメータとして実験を行った．**表－1**に本実験の設定条件の一覧を示す．実験№1～6は，距離を一定とし，充填液量を変えた条件で，実験№7～11は，充填液量を一定とし，距離を変えた条件で行った．なお，実験№1と№2においては放電衝撃力が弱く結果的に表面クラックすら発生しない状態であったため，各々の位置で実験№5と№3を再度実施した．実験に用いたコンクリート供試体は縦100cm×横100cm，厚さは実験№1～6が50cm，№7～10が20cm(参考：№11は40cm)で，供試体内の周囲に成型用の鉄筋が入ったブロック状のものである．

また，発生衝撃力による周囲への影響評価については，超音波診断法を用い，実験№3および№4の各破砕実験前後において，供試体内の音の伝播速度を計測し，その減衰状況から破砕後の供試体内部の健全性を調査した．

表－1 実験条件一覧

実験№	充填液量(Q)	放電～センサ(L)
№1	0cc(水)	350mm
№2	1.0cc	350mm
№3	1.5cc	350mm
№4	2.0cc	350mm
№5	2.5cc	350mm
№6	3.0cc	350mm
№7	1.5cc	200mm
№8	1.5cc	350mm
№9	1.5cc	450mm
№10	1.5cc	550mm
(№11)	(1.5cc)	(250mm)

3. 実験結果と考察

3.1 振動加速度測定結果

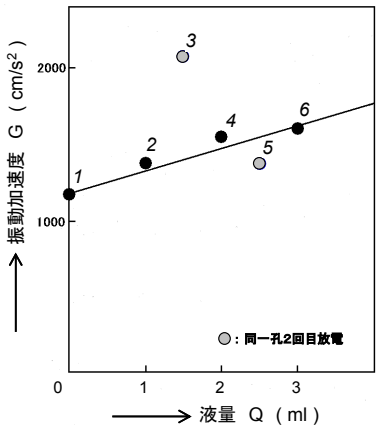
表－2に各実験ケースにおける振動加速度（G）を示す．振動加速度は，加速度センサで測定した振動加速度波形から求めた最大と最小値を示してある．

図－1は，実験№1～6における充填液量(Q)と振動加速度(G)の関係をグラフで示したものである．図中の数字は実験№を示す．№3以外は若干のバラツキがあるものの，振動加速度は充填液量に比例することがわかる．また，№3は内部の成型用鉄筋が影響した可能性があると思われる．**図－2**は，実験№7～11における距離(L)と振動加速度(G)の関係を示したものである．図中の実線はＬ＝200mm(№7)の値を基準とした「距離の逆数に比例」の関係を示し，波線は「距離の逆数の2乗に比例」の関係を示す．若干のバラツキはあるものの，各値は実線で示す曲線に沿っており，振動加速度は距離の逆数にほぼ比例することが判る．通常，振動加速度は地盤等で震源より数ｍから数10ｍ以上離れた場合，球面波として伝播するた

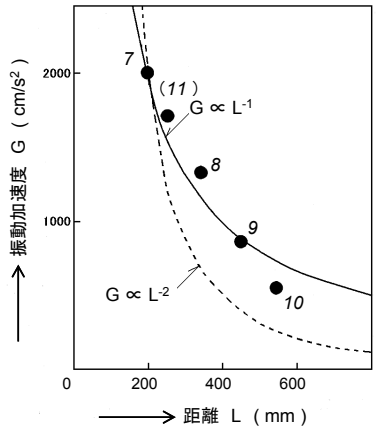
キーワード　放電衝撃，岩体除去，斜面防災，振動加速度
連絡先　〒062-8602　札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34　(独)土木研究所寒地土木研究所　TEL 011-841-1775

表－2 振動加速度測定結果

実験No.	振動加速度（G）	
	Max	Min
No.1	1172	-820
No.2	1367	-1289
No.3	2070	-1289
No.4	1328	-1563
No.5	1172	-1359
No.6	1602	-1484
No.7	1992	-1992
No.8	1250	-1328
No.9	859	-820
No.10	547	-352
(No.11)	(1211)	(-1680)



図－1 液量－加速度の関係



図－2 距離－加速度の関係

め距離の逆数の2乗に比例するが，今回の実験では非常に近接していること，供試体が板状でありかつ厚さと穿孔深さとの差があまりないことから，むしろ円柱表面的に伝播していたものと推察される．

3.2 周辺影響調査結果

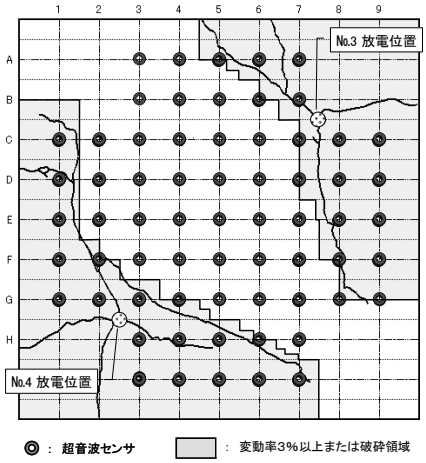
超音波測定による健全性の調査では，評価基準を計測誤差と安全性を見込み，放電破砕前後の変動差の率(変動率)が3%以上のものが破砕の影響を受けていると判断した．**図－3**は，実験No.3およびNo.4の実験後の影響部分(破砕および強度低下)を視覚的に表現したものである．図の灰色部分が放電破砕により破砕および影響を受けた部分で，破砕部分または明らかな亀裂発生付近(約10cm以内)までが影響を受け，他の部分は健全体と評価できる．

また，振動加速度との対比では，測定値が地震強度の激震をはるかに超え，確実に構造物に影響を与える振動加速度であるにもかかわらず，破砕対象外ではほとんど影響がないという結果となった．このことから，振動加速度による評価は，放電衝撃力による周囲への影響評価として，適していないということが推察される．

4. まとめ

放電破砕位置までの距離を一定として，充填液量を変えたときの振動加速度との関係では，振動加速度は充填液量に比例するという結果を得た．また，充填液量を一定とし距離を変えたときの関係では，若干のバラツキはあるものの，振動加速度は距離の逆数に比例するという結果が得られた．これは，通常球面波として伝播する地震等の振動とは異なり，円柱表面的に伝播していることに起因した結果と考えられる．

放電破砕後の周囲影響を調査する超音波測定の結果からは，破砕された部分またはあきらかな亀裂が発生している付近までが影響を受け，他の部分は健全体であると評価できた．また，振動加速度の測定値によれば，２箇所で放電破砕すると供試体の全ての領域に多大な影響が



図－3 放電破砕後の健全領域

出るはずであるが，破砕部分とあきらかな亀裂付近以外には影響がないという相反する結果となった．これにより，放電破砕による周囲への影響評価は，振動加速度評価では適さないことが示唆された．

放電破砕を実施した場合，破砕による影響は最小限にとどまっていると思われ，破砕領域と発生亀裂の抑制により破砕対象外に影響を与えない破砕が可能であると言える．さらに放電タイミング，発生パワーなどの破砕設計を行うことで，より破砕対象外への影響を抑制する破砕工法が可能となり得る．

今回の実験で放電破砕は，破砕条件により周囲への影響を大きく抑制することができる工法であることを定量的に確認できた．今後は実際の岩体除去への適用を目指して，さらなる岩盤での定量的な周囲影響の調査も実施して行きたい．

・参考文献

1）日下部　他：放電衝撃を利用した岩盤破砕時の周辺振動，第24回日本道路会議，2001.10

2）荒井　他：放電衝撃を用いた岩体除去工法の開発（第1報），土木学会第61回年次学術講演会，2006.9