放電衝撃を用いた岩体除去工法の開発（第１報）

－現地実験による亀裂性岩体除去への適用性確認－

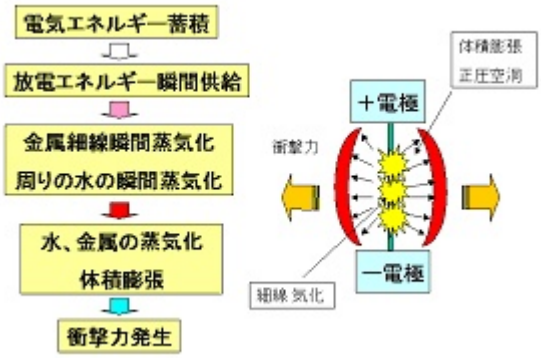
日立造船鉄構エンジニアリング（株）　正会員　○荒井　浩成
北嶋　秀昭
（独）土木研究所寒地土木研究所　正会員　伊藤　憲章
正会員　伊東　佳彦
正会員　日下部祐基

1. はじめに

近年、北海道では岩盤崩落が多発しており、道路防災として急崖斜面の危険岩体除去が鋭意進められている。岩体除去工法としては、一般的に発破工法が挙げられるが、急崖斜面の岩体除去工法としては対象岩体背面の亀裂による大規模崩落を避けるため、周辺への振動を抑えた各種の工法が検討されている。本報告は、新工法として放電衝撃破砕技術[1)]を応用した危険性岩体除去工法[2)]について述べるものであり、第１報として技術概要について述べるとともに、現地実験による亀裂性岩体除去への適用性について述べる。

2. 放電衝撃破砕技術(パワー型)の概要

高電圧コンデンサの蓄積エネルギーを特殊液中(通常得ることができない10Gpa程度の高衝撃力によって爆発燃焼する非火薬液)に浸漬した金属細線に放電供給すると、**図－1**に示すように、まず瞬時的な金属の溶融気化現象により初期過程で数万気圧の圧力となり、非常に急峻なパルス状の衝撃力いわゆる放電衝撃力が発生する。



図－1 放電衝撃力発生プロセス

次にこの力が特殊液を順次反応させ、ダイナマイトと同等の破砕力を発生させることが可能となる。破砕力は特殊液量により比例的に制御でき、雷管使用では不可能な数ｇ程度の極小規模発破が可能となる。

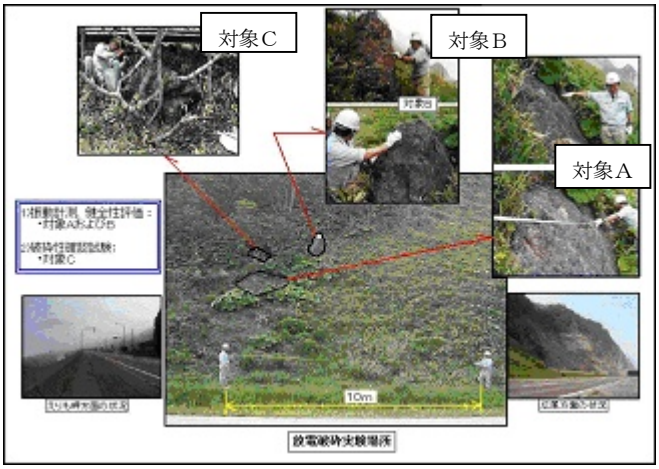
3. 現地実験による適用性確認

3.1 実験用放電破砕装置

作業性を考慮したコンパクト化と段発制御可能な放電衝撃破砕装置ESG－4K3A－Tを用いた。本体は約700mm角の筐体２台で構成され、いわゆる１BOXカーに搭載可能な４kV級放電を３出力有する装置である。さらに、段発制御機能を有し、各出力間の放電時間差を最大30secまで10ms単位で任意設定可能である。これにより、作業環境に適した間隔の段発が行え、騒音・振動について波形の重なりを防げる効率良い低減化を図ることができる。

3.2 現地実験概要

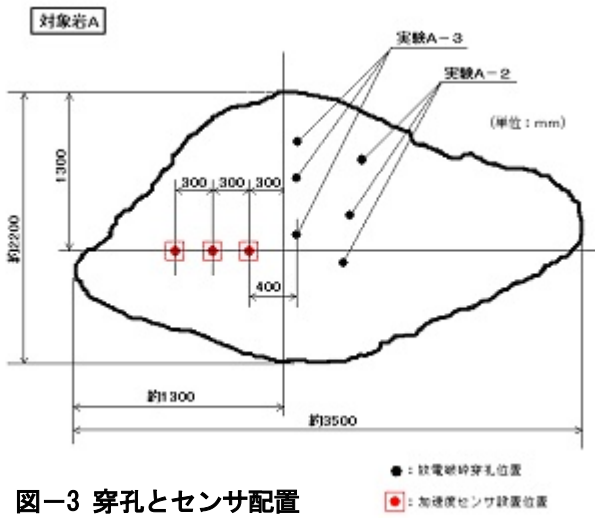
現地実験は、北海道広尾郡広尾町より約２０km離れた国道336号(通称、黄金道路)の急斜面に突出する３つの危険岩体[Ａ、Ｂ、Ｃ]を対象に破砕除去性確認、振動測定および目視等による破砕対象背面の影響評価を行った。本文では対象岩Ａの実験結果を抜粋して述べる。**図－2**に、現地の状況と対象岩の配置を示す。



図－2 斜面岩体除去実験現場

キーワード：放電衝撃破砕，非火薬工法，岩体除去，斜面防災
連絡先：〒559-8559 大阪市住之江区南港北１丁目７番89号　日立造船鉄構エンジニアリング㈱　TEL 06-6569-7066

対象岩Ａは斜面岩盤より突出した亀裂性岩体で、突出部は幅約3500mm×高さ約2200mm×奥行(突出)約500mmである。**図－3**は、振動加速度センサと破砕実験位置(穿孔)を示したもので、右端部から順次払い出し破砕を行い破砕性と破砕対象背面の振動測定および影響を調べた。



図－3 穿孔とセンサ配置

3.3 破砕除去結果

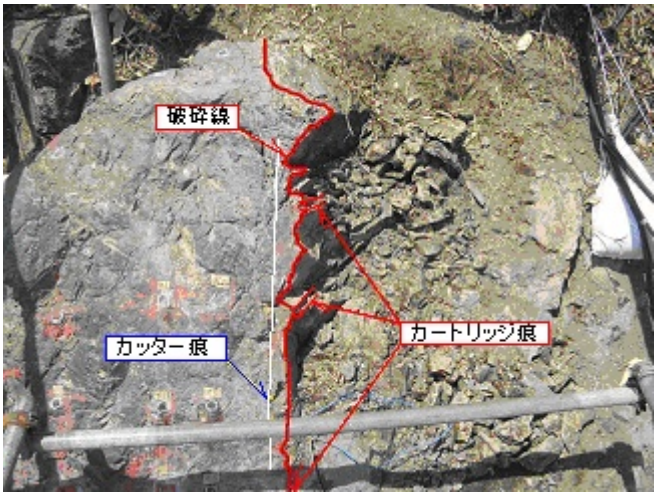
周辺への環境配慮と破砕制御性から、特殊液10cc充填カートリッジを採用し段発または斉発破砕を適時行った。また、破砕片の人力可搬を可能とするため、穿孔は間隔：約400mm、深さ：約300mm、径：φ25mmを基本とした。

図－4は、実験Ａ－3の破砕状況を示したものである。同図より破砕線は３本のカートリッジ痕(穿孔)がつながり、予定破砕線どおりに破砕除去していることが確認できる。また、破断面は茶色く潜在亀裂が多く脆い状態であったが、破砕は図中に示す直線状のカッター痕までにとどまり、その距離は約100mmであった。これらより、本工法は非常に優れた破砕制御性を有することがわかる。

なお、騒音レベル(Ａ特性)は、直線距離で約40ｍの位置において80数db程度であった。さらに、飛石に関しても防爆シートにより完全に防ぐことができた。

3.4 破砕対象背面の振動および影響調査結果

表－1は、実験Ａ－3時の最大振動加速度と積分変換による振動速度ならびに目視と打撃音による背面影響の調査結果をまとめたものである。通常、振動値は距離のｎ乗に反比例するが、同表に示すように今回は関連性が見られない。これは対象が亀裂性岩体のためで、振動特性の把握にはコンクリート等の均質材での測定が必要である。そこで、今回は対象背面での振動の大きさと影響を評価した。対象背面は、加速度で地震強度評価での激震の数十倍以上、速度でも破砕が生じる７Kineの倍近い衝撃力を受けており、亀裂性岩体のような脆い状態では背面への影響も著しく破砕も必至と思われる。しかし、定性ながら目視による亀裂増長観察や打撃音による背面調査の結果ではほぼ健全であり、**図－4**に示すように、破砕影響はほぼ破砕線の位置までにとどまっている。なお、健全性評価については、定量的手法の検討が必要である。



図－4 斜面岩体の破砕除去状況(実験Ａ－3)

表－1 破砕対象背面の振動および影響

センサ	背面距離	振動加速度	振動速度	亀裂増長性	打撃音	健全性
－	150 (mm)	－	－	無し	異常なし	○
No.1	300 (mm)	83(G)	12.9(kine)	無し	異常なし	○
No.2	600 (mm)	100(G)	14.4(kine)	無し	異常なし	○
No.3	900 (mm)	61(G)	10.5(kine)	無し	異常なし	○

4. まとめ

現地実験により以下の結果(特長)を得、放電破砕技術を応用した岩体除去工法の実工事への適用性を確認した。

- 予定破砕線とほぼ一致した制御破砕が可能であった。
- 安全かつ確実に破砕でき、飛石も防止可能であった。
- 最大振動値は数値的に激震以上であったが、背面への破砕影響はほとんど無い事を確認した。
- 騒音レベルは、80数db程度と車通過時程度であった。

今回の実験では、精度良い振動特性の把握と定量的な背面影響調査を実施することができなかった。そこで、第２報にて、コンクリート供試体を用いた基礎実験による振動特性の把握と定量的影響評価についての報告を行う。

＜参考文献＞

1) 荒井 他；土木学会第26回岩盤破壊に関するシンポジウム1994
2) 日下部、伊東 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