

レーザーと放電衝撃破砕を用いた岩盤の制御破砕法の研究

北海道開発局開発土木研究所¹⁾ 正会員 池田憲二、西村克弘、佐藤 京
住友重機械工業株式会社 非会員 吉川光昭、黒沢 隆
日立造船株式会社 非会員 前畑英彦、荒井浩成
株式会社地層科学研究所 正会員 里 優

1. はじめに

1996年に北海道の豊浜トンネルで大規模な岩盤崩落が発生し、20人の貴重な命が失われた。このような事故を防ぐために、北海道開発局では全道規模で危険な斜面の点検や防災工事を進めている。しかしながら、岩盤斜面の中には急峻であったりオーバーハングしているものなど、一般の施工法では危険な岩塊の除去が不可能なものもある。そこで浮上してきたのが、岩盤の切り取りにレーザーを応用することである。

レーザーは、他の施工機械に比べ二つの長所を有している。一つは、レーザーが騒音や振動を発生しないことであり、もう一つは、レーザービームの照射に際して反力が必要ないことである。二つ目の特徴は、レーザーが高所での穿孔作業や施工機械の軽量化に適していることを意味している。例えば、巨大な岩盤を切り取る際には、レーザーにより複数の孔を空け、ここに破砕材などを挿入しブロック状に割ることで、反力を必要とせず、かつ不要な破壊を避け得る制御破砕が実現できる。

このような観点から、レーザーによる穿孔を用いた制御破砕法の研究開発を行った。これまでに、基礎的な研究の他、大規模岩盤崩落を引き起こしたものと同様の岩石について、6kwのYAGレーザーを用いた屋外穿孔実験を行った¹⁾。この結果、10分の照射で、直径20mm、深さ230mmの穴を開けることができ、レーザー穿孔が実用的であることを確認した。

本研究では、これをさらに進め、レーザーにより穿たれた孔に放電衝撃カートリッジを挿入し、岩盤をブロックに割る方法を実証的に検討した。

2. 放電衝撃破砕法

日立造船(株)が開発した放電衝撃破砕法²⁾は、媒体中に浸漬した金属細線に急峻な高電圧大電流を流し、細線と媒体の爆発的な気化現象により発生する高い衝撃圧力を利用する方法である。これにより、火薬を用いることなく岩石やコンクリートの破砕を行うことができる。カートリッジは小型・軽量であり、装置の開発により自動装填を行うことも可能である。したがって、レーザーによる無反力穿孔と組み合わせることで、両者の利点が最大限発揮できるものと考えられる。

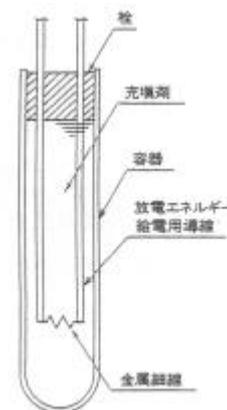


図-1 放電衝撃カートリッジ

3. 大型自然岩石に対する実証実験

3.1 レーザによる穿孔

大型岩石(凝灰岩、総重量5トン)の制御破砕に関する実証実験を、住友重機械工業(株)岡山製造所において実施した。これは、YAGレーザーで所定の箇所を穿孔し、ここに放電衝撃用カートリッジを装着して、逐次岩石を破砕するものである。

岩石の形状及び穿孔位置は、図-2に示すとおりである。各穿孔部の深さは220~230mm、開口部径は30~35mmでほぼ均一であったが、表面状態や礫の分布状態等で若干の差異があった。2台の4kW YAGレーザー発振器(MW4000)から取り出したレーザー光を0.6mmのファイバーケーブル(全長30m)で伝送し、合成器を介して合成レーザー光を得た。各レーザー発振器の最大出力は4kW(岩石表面における合成光の出力はカ

キーワード：岩盤斜面、レーザー、放電衝撃破砕、制御破砕

* 連絡先：〒062-0931 札幌市豊平区平岸一条3丁目 北海道開発局開発土木研究所 Tel. 011-841-1111(代)

リレーメータ測定値で 6.4Kw) 照射角度は上向き 5 度である。照射時間は、同一箇所に対して通常 5 分間とし、必要に応じて最大 10 分間とした。レーザー照射部の穿孔形状は、図-2 に示すようにくさび状である。これは、孔口部が溶融しやすきことや、奥部でのレーザー光の散乱などが原因していると考えられる。

各穿孔部に模擬カートリッジ (13mm x 120mm) を挿入し、穿孔形状の適否を確認した。孔内部や孔口部に堆積した溶融物の形状により、カートリッジが完全に挿入できない場合には、電気ドリルで若干の修正成形を行った。

3.2 放電衝撃破砕

レーザー穿孔部にカートリッジを装着後、放電衝撃による破砕実験を行った。実験は、予備試験、垂直方向破砕、水平方向破砕の 3 種類を実施した。

垂直方向破砕実験は、特殊充填材 5cc 入りカートリッジ 3 本を用い、充電電圧 6,000V - 3 出力で行った。図-2 に示すように、岩石は大きく垂直方向に破断され、右端部は細かい小片に破砕されていた。水平方向破砕実験では、破砕領域が上端自由面と穿孔部最大幅を結んだ範囲であり、奥行きは穿孔深さまでであった。また、破砕領域以外に破砕や亀裂の発生などの影響はほとんどなかった。

いずれの実験においても、振動や騒音は、レーザー照射、放電衝撃破砕をとおしてドリルや発破などに比べ小さく、また、破砕領域の制御性も確認できた。

4.まとめ

岩石の制御破砕を目的とし、レーザー穿孔と放電衝撃法による破砕試験を実施した。結果は、低振動・低騒音で岩石の破砕が可能であることが実証された。

今後の課題は、以下のとおりである。

- (1) レーザによる穿孔形状を改善し、放電衝撃カートリッジの密着性を向上する。
- (2) レーザの照射方法を工夫し、穿孔速度の向上を図る。
- (3) 小型軽量化やロボット化についての検討を進め、実用性を高める。

参考文献

- 1)池田 他：レーザーによる岩盤斜面の切り取り技術の開発、岩盤力学に関するシンポジウム論文集,2000
- 2)荒井 他：放電衝撃発生技術とその性能、岩盤力学に関するシンポジウム論文集，1999

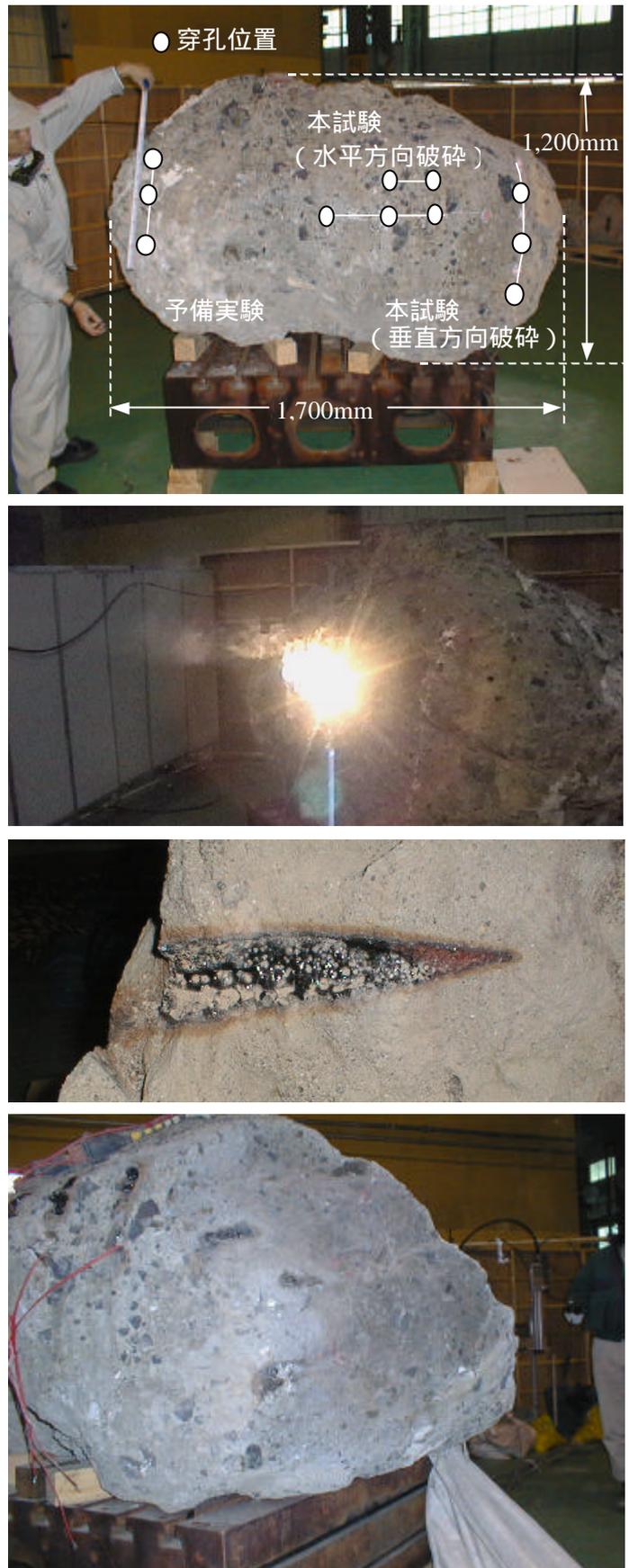


図-2 岩盤の制御破壊実験 (上より、実験試料、レーザー照射、穿孔断面、垂直破砕後の破断面)