

レーザと放電衝撃破碎を用いた実岩盤の制御破碎実験

Controlled Destruction of In-situ Rock Slope by means of Laser Boring and Electric Discharge Crushing.

北海道開発局開発土木研究所
北海道開発局開発土木研究所
北海道開発局開発土木研究所
住友重機械工業株式会社
日立造船株式会社
株式会社地層科学研究所

正会員 池田憲二(Kenji Ikeda)
正会員 中井 健司(Kenji Nakai)
正会員 畑山 朗(Akira Hatakeyama)
非会員 吉川光昭(Mituaki Yoshikawa)
非会員 前畑英彦(Hidehiko Maehata)
○正会員 里 優(Sato Masaru)

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従前にも増してより積極的に進めている。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、現在の施工法では危険な作業となっている。そこで浮上してきたのが、岩盤の切り取りにレーザを応用することである。

レーザは、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、レーザにより複数の孔を開け、ここに破碎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碎が実現できる。

このような観点から、レーザによる穿孔を用いた制御破碎法の研究開発を行っている。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、レーザ穿孔が実用可能であることを確認した(図-1、図-2)。

本研究では、これをさらに進め、レーザ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、現場において実証的に検討した。

2. 放電衝撃破碎法

日立造船(株)が開発した放電衝撃破碎法²⁾は、媒体中に浸漬した金属細線に一気に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碎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(図-3)。

3. 現場における岩盤制御破碎実験

実験は、北海道積丹半島の日本海側の凝灰岩からなる斜面で行った。現場における各種機器の配置を図-4に示

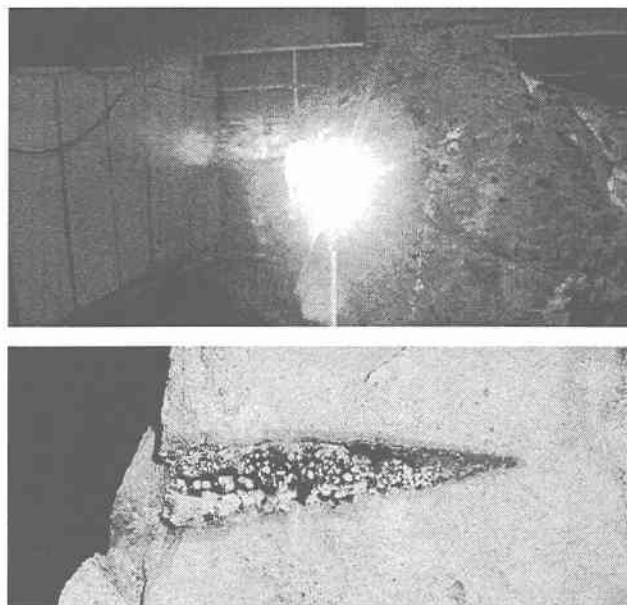


図-1 岩石ブロックのレーザ穿孔
(上：レーザ照射、下：穿孔断面)

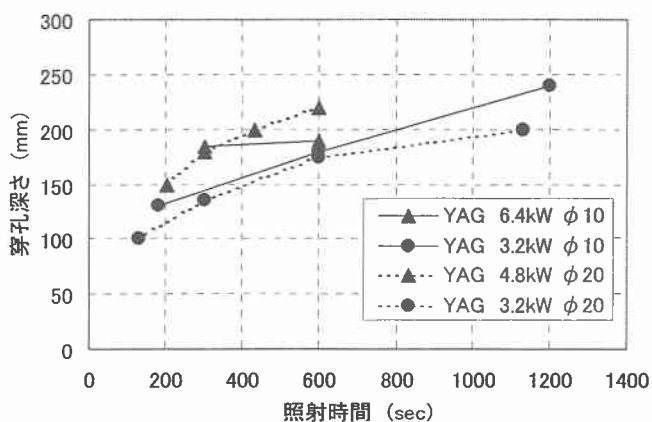


図-2 照射時間と穿孔深さ

す。対象岩塊は、周囲に比べ突出している部分(図-6参照)で、これを2m四方、深さ30cmの範囲で除去することを目標とした。

破碎作業手順は、以下のとおりである。

作業1. レーザの出射光学系を自走式高所作業台車に搭載して、穿孔作業を行う。穿孔は縦方向に300mmピッチ、4孔を基本とした。

作業2. 穿孔箇所放電衝撃カートリッジを装着する。

作業3. 破碎箇所を飛散防止シートで覆い破碎する。

作業4. 破碎状況を確認して穿孔位置を定める。

作業5. 作業1に戻り、作業を繰り返す。

レーザには、住友重工業（株）製の 4kwYAG レーザ（MW4000）を2台用いた。これらのレーザ光は、光ファイバーにより伝送し、作業台車に設置された合成器によって重ね合わせ、8kwの出力を得た。このような大出力レーザを屋外で用いることは、調査した範囲では世界で唯一の事例である。レーザは10分間照射し、事前の検討どおり（図-2参照）250～300mmの深さに穿孔することができた。

破碎は、特殊充填材5cc入りカートリッジを用い、充電電圧6,000Vで行った。岩盤は大きく垂直方向に破碎され、分離した岩塊は細かい小片に破碎されていた。

破碎点から1.5～2mの距離で計測された最大加速度は1.5G程度であり、通常の発破に比べ桁違いに小さい値となっている。これは、放電衝撃破碎に用いた破碎材が、衝撃力の小さなものだったこと、および、岩盤に亀裂が多く、衝撃の伝搬が十分行われなかったことに原因があると考えられる。しかしながら、予定された岩塊の破碎は行われており、レーザ穿孔と放電衝撃破碎の組み

合わせの有効性を示したものとする。

また、騒音計測も実施し、レーザ照射時の騒音はバックグラウンドレベルであること、放電衝撃破碎時は15mの距離で最大115db程であることなどがわかった。

いずれの実験においても、振動や騒音は、レーザ照射、放電衝撃破碎をとおりドリルや発破などに比べ小さく、また破碎領域の制御性も確認できた。

4. まとめ

岩石の制御破碎を目的とし、実際の岩盤斜面において、レーザ穿孔と放電衝撃法による破碎実験を実施した。結果は、低振動・低騒音で岩石の破碎が可能であることが実証された。今後の課題は、レーザの照射方法を工夫し、穿孔速度の向上を図ること、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ていくことである。

参考文献

- 1)池田 他：レーザ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

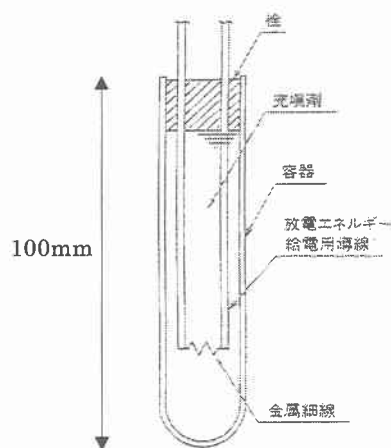


図-3 放電衝撃カートリッジ

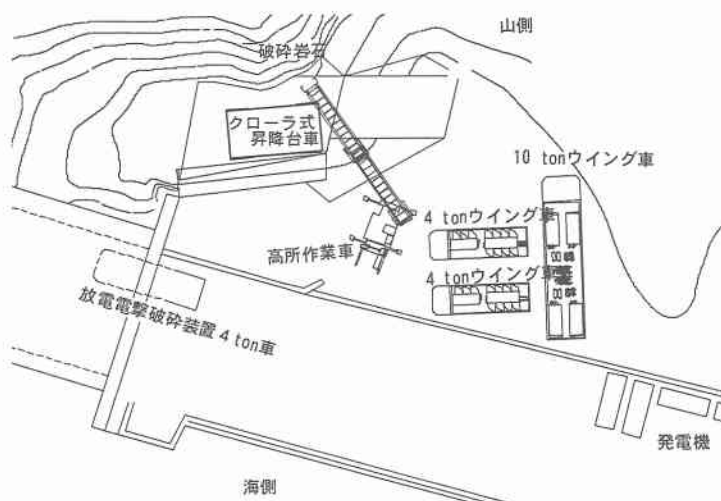


図-4 現地におけるレーザ機器の配置

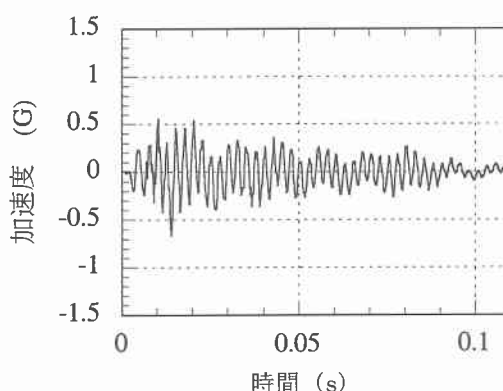


図-5 加速度波形の一例（距離2m）

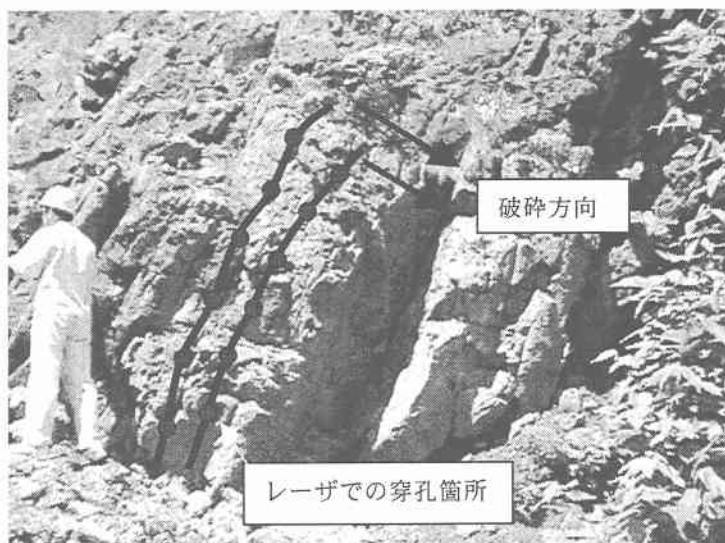


図-6 放電衝撃による岩盤の破壊