

## 50kW 級大出力レーザーによる岩石の穿孔実験

北海道開発土木研究所<sup>1)</sup>  
 北海道開発土木研究所  
 北海道開発土木研究所  
 住友重機械工業株式会社  
 株式会社地層科学研究所

正会員 池田憲二  
 正会員 畑山 朗  
 正会員 渡辺一悟  
 非会員 黒沢 隆  
 正会員 里 優

## 1. はじめに

北海道開発土木研究所では、豊浜トンネルの崩落事故を教訓に、レーザーによる穿孔を用いた、危険な斜面の制御破砕法の研究開発を行っている。

レーザーは、騒音や振動を発生せず、またレーザービームの照射に際して反力が必要ないなどの特徴を有している。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開け、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。特に YAG レーザはファイバー伝送が可能であり、照射方向などの制御が容易なことから、YAG レーザを中心として制御破砕法の検討を進めている。

ただし、現時点では YAG レーザの出力は比較的小さく、穿孔速度などは実用レベルには達していない。そこで、より出力の大きな CO<sub>2</sub> レーザも併せて用いて、出力増大の効果を検証してきた。本研究では、これを更に一歩進め、50kW 級の大出力 CO<sub>2</sub> レーザを用い、レーザーの出力と穿孔速度の関係を調べた。

## 2. 50kW 級大出力レーザー

照射実験には、日本国内で最大とされる 50kW 級大出力炭酸ガスレーザー（45kW CO<sub>2</sub> レーザ）を実験に用いた。実験場所は、（財）近畿高エネルギー加工技術研究所である。実験に用いたレーザー発振器の構成を図-2に、また照射部の写真を図1に示す。レーザーは、焦点距離 1m の光学系を用い、デフォーカスにより岩石表面でビーム径 20mm を形成し照射した（図-3）。装置の制約上、照射方向は 0 度に限定して行った。

## 3. 岩石の穿孔実験

図-4に、今回行った実験の結果（波線）を、これまでに行った実験結果と併せ示す。また、実験中の

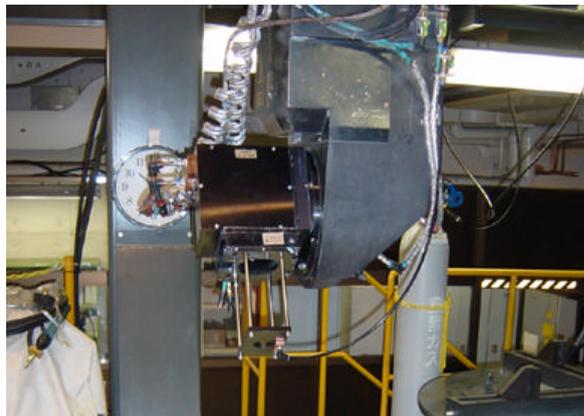
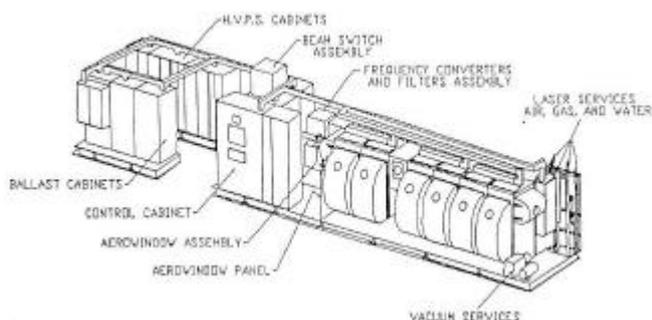
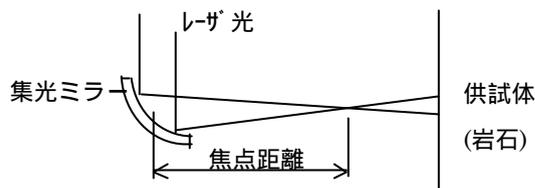
図-1 50kW 級の大出力 CO<sub>2</sub> レーザの照射部図-2 50kW 級の大出力 CO<sub>2</sub> レーザ装置

図-3 照射時のレーザービームの形状

岩石の状態を図-5に示す。

実験結果からは、レーザー出力や照射時間が増加するにしたがって深い穿孔が可能となっていることがわかる。しかしながら、穿孔深さはレーザー出力や照射

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 北海道開発土木研究所 Tel. 011-841-1111(代)

時間と比例的には増大せず、これらが大きくなるにつれ穿孔深さは頭打ちとなる。レーザを岩石に照射すると、照射部で岩石の気化が激しく生じ、溶融した岩石を穿孔部から排出する。しかし、ある程度孔が深くなると、溶融岩石の流れが滞り(図-5)、レーザ光のエネルギーは溶融岩石の加熱に使われるようになり、穿孔速度が低下する。

10kW 照射条件において、今回と過去の穿孔深さを比較すると、3分間の照射ではほぼ同一であるが、5分間では今回の方が大幅に小さくなっている。これは、次のような理由によるものと考えられる。

昨年までの CO<sub>2</sub> レーザでの実験では、焦点距離 5m の光学系を用い、ビーム径 20mm の平行光に近いビームを形成した。また、レーザ光が焦点を結ぶ手前の範囲で穿孔を行った。さらに、レーザ照射の際に生成される溶融岩石の除去を目的に、照射方向を 5 度上向きとした(図-6左)。これにより、レーザ光は溶融層を加熱しながらも奥部まで進行し、岩石をさらに溶融して穿孔深さを増すことができた。今回は、先に述べたように、焦点距離 1m で照射方向は水平である。また、レーザ光が焦点を結んだ後の範囲で穿孔を行った。この場合には、沸騰しながら流れ出ようとする溶融層がレーザを妨げる形となり、レーザのエネルギーの大部分が溶融層の加熱に使われることになったと推定できる(図-6右)。このため、レーザは奥部まで十分に照射されず、穿孔深さが小さくなったと考えられる。

これらのことは、レーザ照射による穿孔の効率化を図るためには、出力の向上だけではなく、平行光に近いレーザビームを形成し、常に穿孔部先端にエネルギーが投入できる光学系を選定することと、照射の際に生成される溶融岩石を速やかに除去することが重要であることを示している。溶融岩石の除去には機械式のドリルを併用することなども考えられ、今後の技術開発により穿孔効率の向上を望むことができる。

#### 4. まとめ

本研究では、50kW 級の大出力 CO<sub>2</sub> レーザを用いて、レーザの出力と穿孔速度の関係を調べ貴重なデータを得た。この結果、出力の増加だけではなく、長焦点のビームと上向き照射が溶融岩石の除去に効果的であることが確認できた。

#### 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

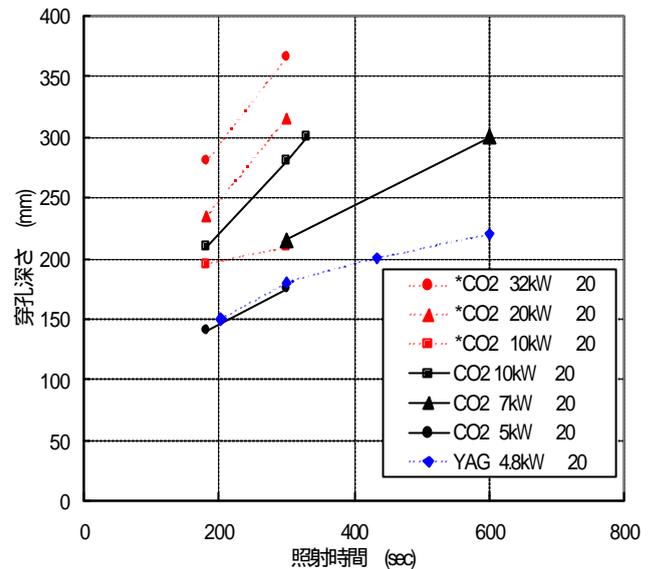


図-4 穿孔試験結果のまとめ



図-5 レーザ照射直後の状況

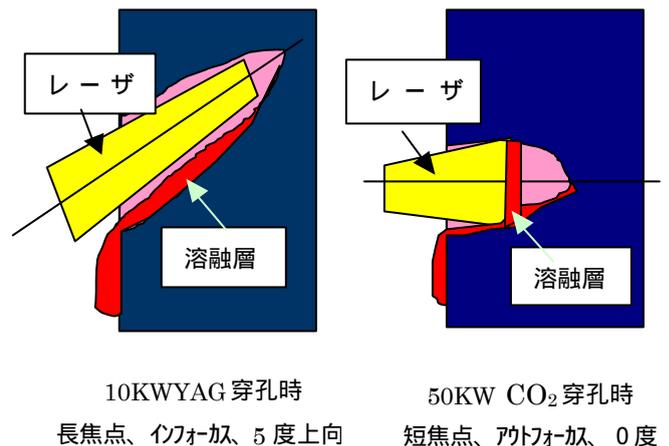


図-6 YAGおよびCO<sub>2</sub>レーザ模式図

開発、岩盤力学に関するシンポジウム論文集,2000  
2)近藤 他：50kW 級大出力 CO<sub>2</sub> レーザ加工装置とその性能,第 36 回レーザ熱加工研究会誌 vol.2, No.3, 1996.