

50kW 級大出力レーザによる岩石の穿孔実験

An Experiment on Boring of Rock by Melting using 50kW-class High Power Laser.

北海道開発土木研究所
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(Kenji Ikeda)
正会員 畑山 朗(Akira Hatakeyama)
正会員 渡邊一悟(Kazunori Watanabe)
非会員 黒沢 隆(Takashi kurosawa)
○正会員 里 優(Masaru Sato)

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。

レーザは、騒音や振動を発生せず、またレーザ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。

これまでに、大規模岩盤崩落を引き起こしたものと同様の岩石を用い、室内で YAG レーザを用いた穿孔実験を行った。また、屋外に 8kW の YAG レーザ装置を搬送し、実斜面において照射実験を実施するとともに、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実証的に検討した(図・1)。これらの結果、レーザによる穿孔と破砕材などによって斜面岩盤の制御破砕が可能であることが立証された。

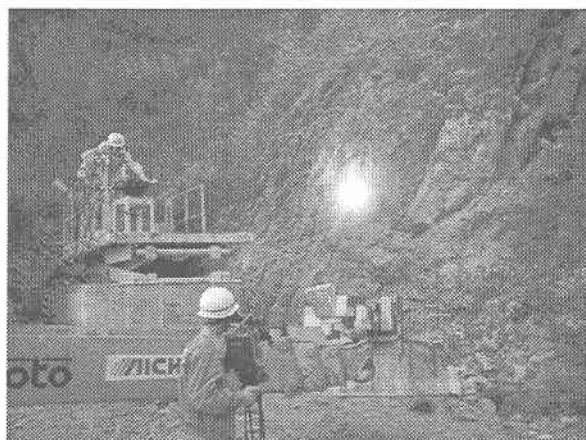
ただし、現時点では YAG レーザの出力は比較的小さく、穿孔速度などは実用レベルには達していない。そこで、より出力の大きな CO₂ レーザも併せて用いて、出力増大の効果を検証してきた。本研究では、これを更に一歩進め、50kW 級の大出力 CO₂ レーザを用い、レーザの出力と穿孔速度の関係を調べた。

2. 50kW 級大出力レーザ

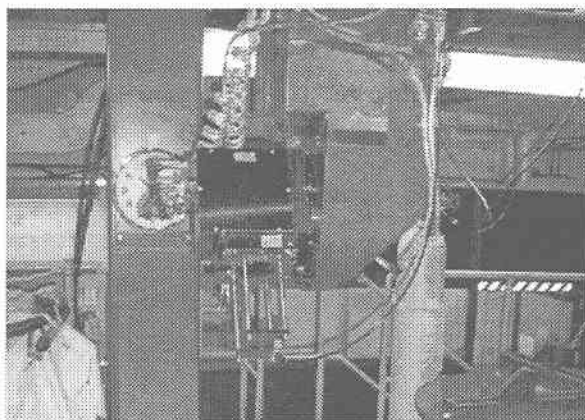
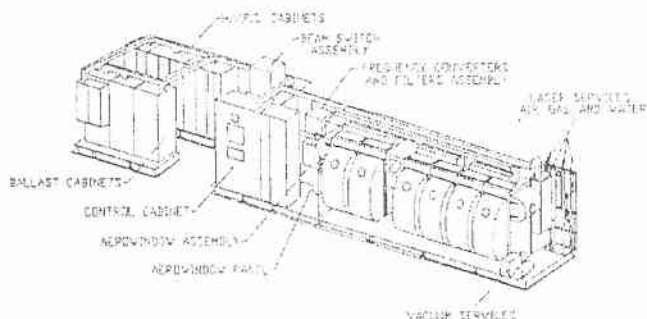
照射実験には、日本国内で最大とされる 50kW 級大出力炭酸ガスレーザ(45kWCO₂ レーザ)を実験に用いた。実験場所は、(財)近畿高エネルギー加工技術研究所である。実験に用いたレーザ発振器の構成を図・3に、また照射部の写真を図・2に示す。レーザは、焦点距離 1m の光学系を用い、ディフォーカスにより岩石表面でビーム径 20mm を形成し照射した(図・4)。装置の制約上、照射方向は 0 度に限定して行った。

3. 岩石の穿孔実験

図・8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、実験中の岩石の状



図・1 実岩盤に対するレーザ照射実験

図・2 50kW 級の大出力 CO₂ レーザの照射部図・3 50kW 級の大出力 CO₂ レーザ装置

態を図-5～7に示す。

実験結果からは、レーザ出力や照射時間が増加するに従い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、穿孔深さはレーザ出力や照射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、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。ただし、50kW級のレーザ照射では、図-5に示すごとく閃光やガス化など照射時の岩石の反応は極めて大きなものである。

また、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。昨年までのCO₂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。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度上向きで照射した。今回は、先に述べたように、焦点距離1mで照射方向は0度である。このことは、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を示している。すなわち、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、上向き照射により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と考える。

4. まとめ

本研究では、50kW級の大出力CO₂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、出力の増加により穿孔速度を向上させることが可能であることや、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わかった。

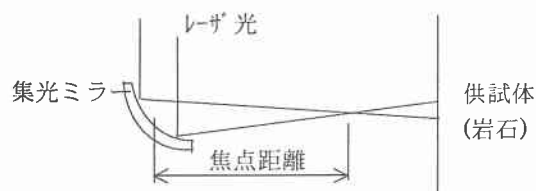


図-4 照射時のレーザビームの形状



図-5 レーザ照射時の状況

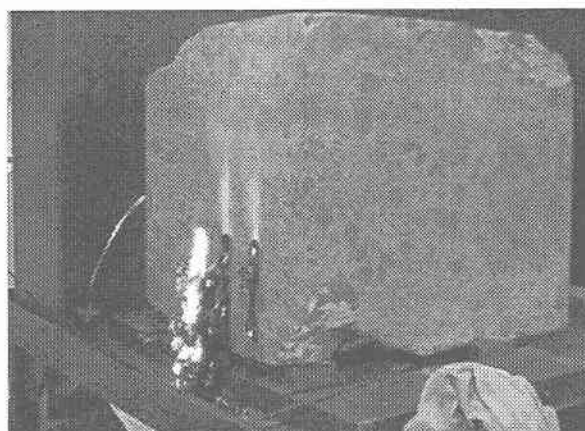


図-6 レーザ照射直後の状況

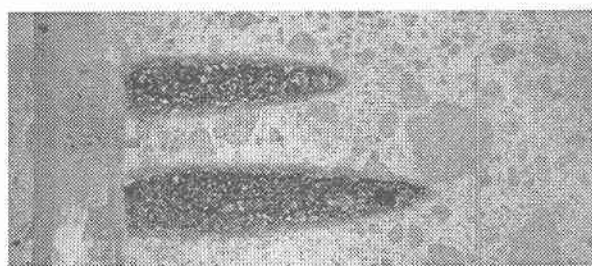


図-7 レーザ照射による穿孔形状

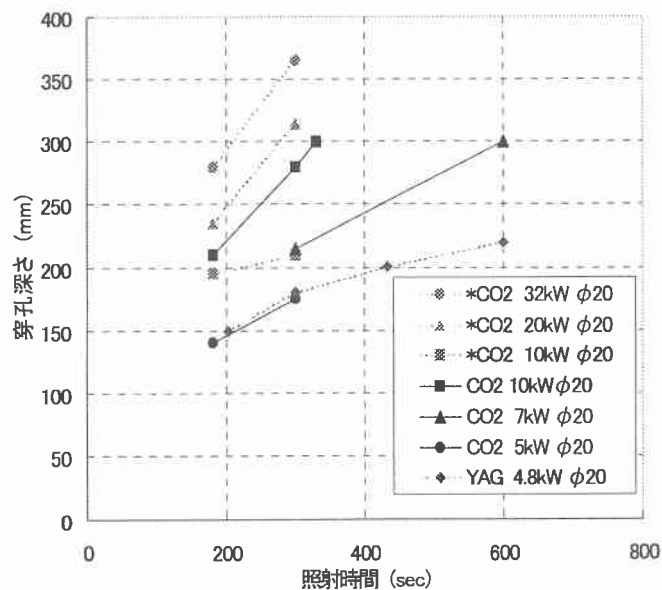


図-8 穿孔試験結果のまとめ

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)近藤 他:50kW級大出力CO₂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.