

III-469

レーザーによる岩掘削に関する実験的検討

三菱重工(株) 兵 頭 和 也
 三菱重工(株) 正会員 大 石 善 啓
 三菱重工(株) 有 川 究

1. 概要

土地利用の高密度化にともない、地中開発プロジェクトが国家規模で展開されている。これらのプロジェクトにおいては、特に岩盤内に空洞を構築する技術の開発ニーズが高く、周辺岩盤に影響を与えず、自動化、無人化施工が可能である等、発破等の従来の掘削技術に代わる新しい岩盤破砕技術の登場が待たれている。そこで本研究では、その一環としてレーザーによるスリット掘削法の開発を目的として、レーザーの岩に対する掘削基本特性を要素実験において把握するとともに、実用化の見通しを検討した。この結果、同工法が将来の岩盤掘削法として有望であることを確認した。

2. 実験内容

- (1)レーザー装置：表1に示すような基本仕様の5kWCOレーザー装置を用いた。
- (2)供試体：図1のような台形状モルタルとした。
供試体の物性を表2に示す。
- (3)実験方法：図2に示すように、供試体にレーザービームが垂直に当たるようにテーブル上にセットし、このテーブルを所定の速度で移動させた。この時供試体の厚さの変化により、前半が貫通掘削、途中から貫通しないガウジング掘削となる。実験状況を図3に示す。
- (4)実験条件：レーザー出力、掘削速度、サイドガス角度、圧力、焦点位置、アシストガス圧、供試体の含水率 等
- (5)評価項目：スリット掘削深さ、表面幅、底面幅 等

表1 レーザ装置基本仕様

発振器	3軸直交方式
波長	5 μ m
定格出力	5 kW
レーザーガス	CO/N ₂ /He (8:16:78)
ガス流	~150K, ~50Torr, ~20m/s
放電	直流グロー放電
集光レンズ径	約95mm
焦点距離	7.5, 20 inch

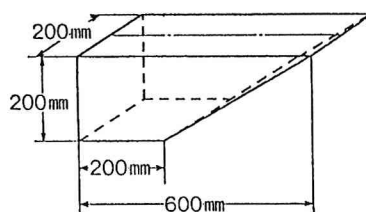


図1 供試体形状

表2 供試体物性

種類	養生方法	重量 (kg)	体積 (cm ³)	比重 (g/cm ³)	圧縮強度 (kg/cm ²)	弾性波速度 (m/sec)
普通モルタル	外気放置 1月以上	34.8	16000	2.18	371	3870

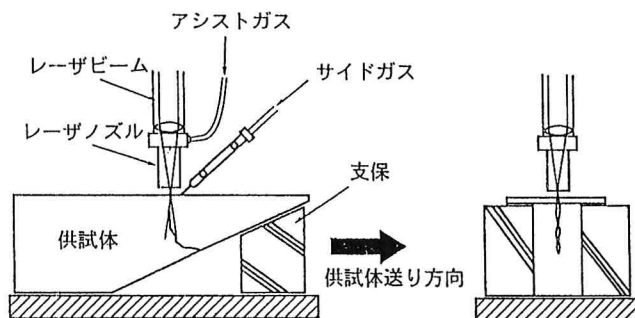


図2 レーザ掘削実験概念

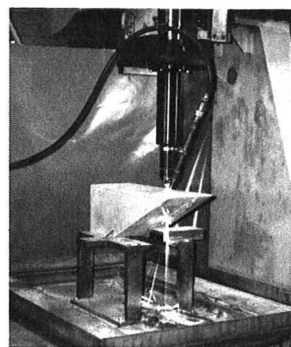


図3 実験状況

3. 実験結果と考察

出力をパラメータとしたときの掘削深さと掘削速度の関係を図4に示す。図4には本実験結果と、文献より得られたCO₂レーザによるモルタル切断実験の結果を示した。このとき掘削深さとレーザ出力、掘削速度との関係は、出力に対しては直線的に増加する傾向にあり、掘削速度に対しては双曲線的な関係がある。

またCOレーザの掘削深さをCO₂レーザの結果と比較すると図4に示されるように、ほとんど同じ掘削深さとなる。

この他、サイドガスについては掘削進行方向への吹き付けが効果的であると共に、高圧にすることで掘削深さが向上した。また乾燥した供試体の方が、より深く掘削できることがわかった。

4. 理論検討

単位時間当りに掘削されるモデルとして図5のような台形状のモデルを考え、入力エネルギーが掘削部の溶融と周辺への熱の放出と等しくなるとするエネルギー保存則より、掘削深さ Z と掘削速度 V 、レーザ出力 P の間に、

$$P/V = A * Z^2 + B * Z$$

A, B : レーザビーム形状や供試体物性で決まる定数

の関係があることがわかった。これを今回の実験結果と比較すると図6に示すようによく一致した。

また実験結果や検討結果より、岩の溶融が照射されるエネルギー密度によって支配されることから、レーザビーム幅を狭くしたり、焦点位置を供試体内部にしたりすることで掘削深さが大きくなることがわかった。

5. 結論

本実験により、(1)レーザの岩に対する掘削特性の把握、(2)実問題への適用時に必要なエネルギーの推定、(3)実用時の課題が明確化と、その解決策の提案、等の知見を得ることができた。今後は、本実験結果をもとに、残された課題を解決し実用化に向けて取り組んでいきたいと考えている。

参考文献: 1) 浜崎正信ら; レーザによるコンクリート切断研究、西松建設技報Vol.7
2) 森正人ら; レーザのコンクリート切断への適用、大成建設技術研究所報第18号

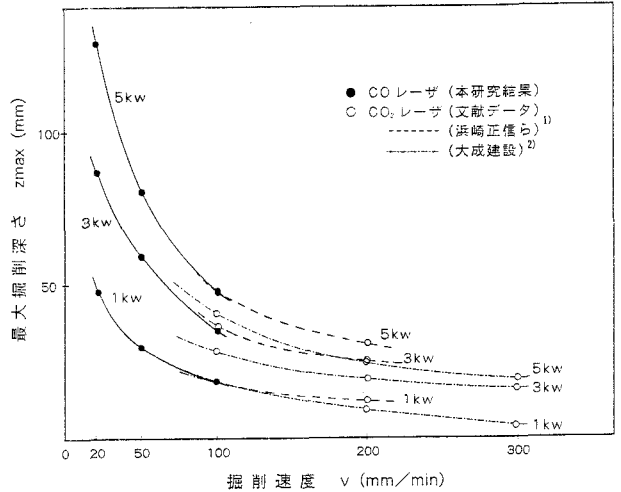


図4 レーザ掘削時の基本特性データ

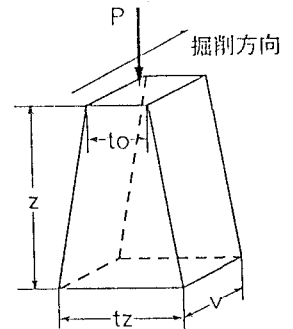


図5 理論モデル

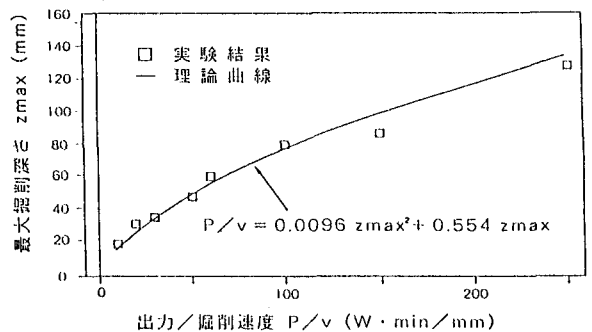


図6 最大掘削深さと出力/速度の関係