

清水建設（株）： 正会員 ○金岡 幹 同 河野重行

1. はじめに

山岳トンネルの掘削技術の向上により長大トンネルや大断面トンネルが施工可能となり、同時に施工の急速化や品質の向上が望まれている。発破技術に関しては、長孔発破により施工速度を向上させ、かつ平滑で岩盤損傷の少ない掘削面を形成する必要がある。余掘りに起因するずり出し土量の増加や覆工コンクリートの増加による経済性や周辺民家への振動・騒音の観点からも、発破は適切に設計され、正確に実行されることが重要である。

筆者らは、地山にあった最適な発破設計を自動で行う「発破設計システム」をすでに開発しており、本稿では、「発破設計システム」により設計された発破パターンを切羽に正しくマーキングする「発破パターン自動照射システム」を新たに開発し、実トンネル現場にて検証中であるので、その概要を報告する。

2. 開発の背景

これまでの発破作業では、作業員が高所作業車に乗り、人力で切羽に穿孔位置をスプレーペンキでマーキングしており、以下のような問題点があった。

- 1) 一点ずつの人力によるマーキングは時間を要する。
- 2) 作業員が切羽に接近するため、落石等の危険がある。
- 3) マーキングする際に不安定な姿勢となるため、苦渋作業である。
- 4) 危険及び苦渋を伴う作業であるため、精度の低下を招き、発破の品質に影響を及ぼす。

上記のような問題点を解消するため、現在ではレーザー光により発破パターンを切羽に照射するシステムが開発されているが、重機等の後方からの照射であるため、以下の点で課題が残っている。

- 1) 穿孔中は重機等が邪魔となり、外周孔しか照射できない。
- 2) 穿孔中に外周以外の発破孔の位置を示すには重機を設置する前にレーザー照射された穿孔位置に人力でスプレーマーキングを行う必要がある。

3. 本システムの構成

今回開発した照射システムは削岩機の上方（もしくは側方）に設置したレーザー照射機から発破パターンを切羽に自動照射するシステムである。本システムは図-1に示すように、トータルステーション、CCD内蔵のレーザー・光波受光器（以下ターゲットと呼ぶ）を組み込んだレーザー照射機、制御コンピュータ等から構成される。

システムの稼働手順は以下の通りである。（図-2）

- 1) 既知点に設置したトータルステーションから切羽面上のプリズムに光波を照射し、切羽面の絶対位置を自動測定・算出する。
- 2) 削岩機などの障害とならない任意の位置にレーザー照射機を設置する。
- 3) トータルステーションからの赤レーザー及び光波をターゲットに当てることにより、レーザー照射機の絶対位置が自動算出される。
- 4) 1) と 3) よりレーザー照射機と切羽との相対位置関係が自動算出される。
- 5) 制御コンピュータが事前に登録した最適発破パターンを呼び出す。
- 6) レーザー照射機と切羽面の位置関係から、切羽面

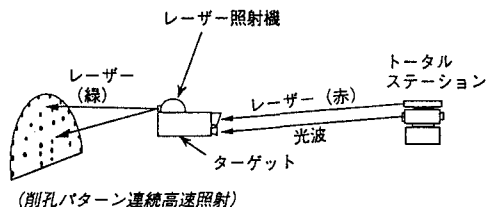


図-1 システム構成図

上に発破パターンが照射されるように緑レーザーの照射角度を自動調整し、切羽面に発破パターンを照射する。

4. 本システムの特徴

本システムの特徴は以下の通りである。

- 1) レーザー照射機からの1本のレーザー光が高速で動くため、切羽面では目の残像効果により発破パターンの全体像が確認できる。
- 2) レーザー照射機は任意の位置に設置でき、削岩機に邪魔されずに、穿孔中も照射可能である。
- 3) 本システムの機能は全てリモコンによる遠隔操作であり、実用性が高い。
- 4) 切羽面が心抜きを中心にすり鉢状になった場合なども照射精度が確保される。

5. 現場での適用

本システム及び発破設計システムを富山県で施工中のトンネル現場に導入し、現在、その効果を検証中である。当トンネル現場は、硬岩の部分が多く、そのため適正な発破設計に基づく正確な発破が要求され、本照射システムが採用された。この事例では、ターゲットを組み込んだレーザー照射機を別途用意した専用の高所作業車に取り付け、照射は削岩機の上方より行った。

本システムは、1本のレーザーが高速で動いているので、照射対象の断面積が大きいほど、つまり、照射する孔数が多いほど、1点当たりの光量が減少するため、見づらくなってしまうことがある。この場合、照射速度を調整する（遅くする）ことにより、改善できる。実際には、残像効果がやや弱まるものの、各穿孔位置に対する照射像は削岩機の操作席からも容易に判別でき、穿孔作業には問題を生じない。また、より大きな断面にも対応するため、照射範囲を複数に分割して数秒毎に照射することも可能とした。

また、操作性に関しては、本システムの導入当初は各構成機器のスイッチの操作が必要であり、システムを設置してから照射開始まで時間が約20分かかり、実用性にやや問題があった。そのため、スイッチを含む全ての操作をリモコンのみで行えるようにし、操作回数を減らし、計算速度をアップさせることにより、同時間が5分以内となり、実用性が向上した。さらに高所作業車の移動の手間を省くため、現在、照射機を削岩機に搭載することを検討中である。

6. まとめ

設計通りの発破パターンを正しく切羽に照射するこのシステムの導入により、余掘り及び地山損傷の低減が可能となるとともに、作業の省力化・安全性の向上につながる。

今後は亀裂等の情報を取り入れた発破パターン設計や照射機を削岩機へ搭載するなど、より実用性の高いシステムへ改善していく予定である。

参考文献：1) 菅沼義則、河野重行ら、山岳トンネルにおける情報化施工の開発、土木学会第49回年次学術講演会、1994年9月
2) 河野重行、宮下国一郎ら、山岳トンネルの発破パターン自動照射システムの開発、土木学会第50回年次学術講演会、1995年9月

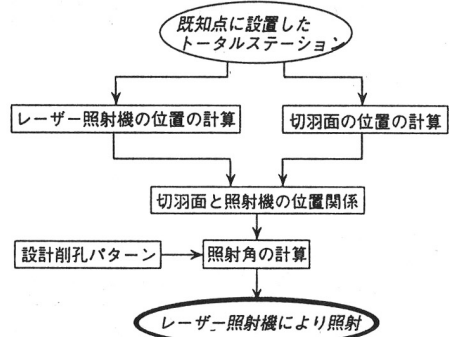


図-2 システムフロー図

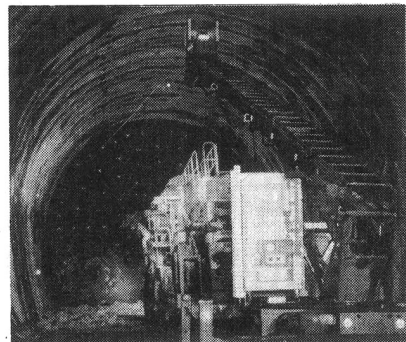


写真-1 発破パターン照射状況