

VI-145

山岳トンネル発破掘削の合理化施工システムの開発

清水建設㈱土木本部 正会員 小田洋明 河野重行 木内勉

1. はじめに

トンネルの掘削において、機械掘削技術の進歩はめざましく、発破掘削が大半であった中硬岩以上の地山でも、TBMが掘削工法的一端を担いつつある。しかしながら、変化に富む日本の地山で臨機応変な対応ができることや、コスト的な理由等から発破掘削は最も一般的な工法であることに変わりはない。この発破掘削において、コストダウンが求められる現在、余掘りの少ない、効率的な発破を行うことは重要なことである。当社では、数年来、発破パターン自動設計システムや発破パターン自動照射システムの開発を行ってきたが、今回、これらシステムの改良、機能追加を行い、さらに余掘り管理システムとデータの転送システムを総合的に組み合わせ、掘削（発破パターン及びパターン照射）から掘削結果の評価（余掘り管理）、これらのデータ管理（データ転送）までを一括して行う管理システムを開発したので報告する。

2. システムの概要

本システムは大きく分けて、以下の4つから構成される。

- a. 発破パターン自動設計
- b. 発破パターン自動照射
- c. 余掘り管理
- d. データ転送

これらにより、発破パターンを事務所パソコンで設計し、そのパターンを切羽に照射し、発破後の余掘りの計測を自動で行い、計測結果を事務所パソコンに転送し、それをもとに次の発破パターンへフィードバックする事で、発破掘削の一連のサイクルを管理することができる。各々について補足すると、aでは、これまで保有していた同心円発破パターンに加え、ライン発破パターンの設計を追加し、部分的なパターン修正や類似地山の実績の取り込みも可能とした。図-1に設計例を示す。bでは、照射機をドリルマシンに搭載し、取扱いの簡素化、照射レーザーが影となる範囲の減少を図った。図-2に機器設置位置を示す。cでは、プロファイラーをドリルマシンに搭載し、発破パターン自動照射で照射機的位置を把握するのに用いるトータルステーション、及びターゲットを共有することで、計測位置の算出、水準設定等が自動的に行え、計測開始の命令を出すだけで余掘り計測し、余掘り量の計算まで自動で行える。図-3に計測結果図を示す。dは、PHSを用いて、計測データを事務所のパソコンへ随時転送でき、逆に事務所パソコンからデータ取り込み操作もできる。

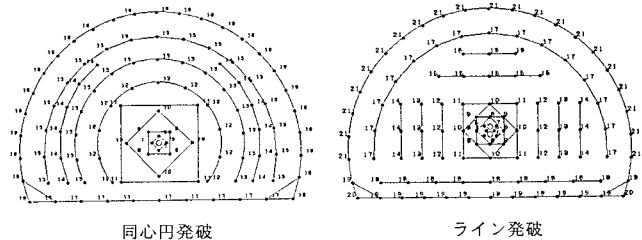


図-1 発破パターン設計例

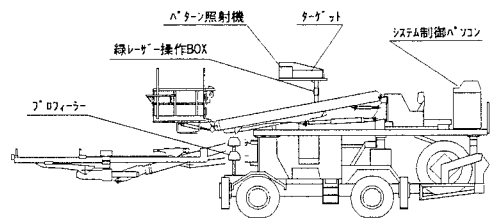


図-2 機器設置位置図

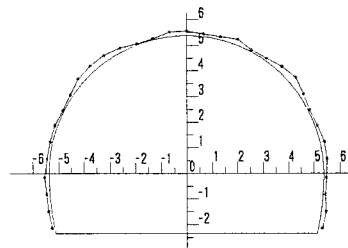


図-3 余掘り計測例

キーワード：発破設計、発破照射、ライン発破、余掘り計測、余掘り管理

連絡先：〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シバンス館 TEL 03-5441-0567 FAX 03-5441-0515

3. システムの構成と操作性

図-4 にシステム概念図を示す。配置としては、操作者が持つハンディターミナル（①）、切羽（ドリルジャンボ）後方にトータルステーション（②）、ドリルジャンボ運転席後方にシステム制御パソコン（③）、運転席のヘッドゲート上にターゲット及びレーザー照射機（④）、ドリルジャンボ前面にプロファイラー（⑤）、現場事務所内に発破設計及び、余掘り管理用のパソコン（⑥）となっている。相互関係としては、①から操作信号が②に送られ、②と③が相互通信し、②の赤レーザー、④の緑レーザー（パターン照射）、⑤の計測が行われるというものであり、座標を持った②により、④のターゲットを自動追尾により視準すると、ターゲットとの相対座標が既知である④の照射機、及び、⑤の座標と各方向の傾きが計算され、これを基に、パターン照射、及び余掘り計測が指定した位置で行われる。また、計測データは計測後、自動的に PHS を用いて⑥へ送信され、逆に⑥から操作して送信させることも可能である。

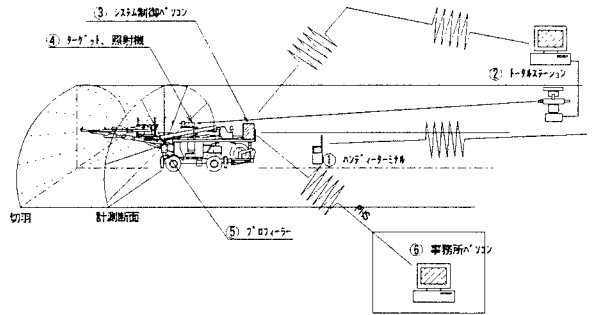


図-4 システム概念図

操作性については、ドリルジャンボの電源を接続した時点でシステムが自動的に立ち上がる様に設定しており、パターン照射、余掘り計測までの操作で困難さがあったターゲットの視準もトータルステーションの自動追尾機能により数秒で可能となった。このほか操作性の単純化、簡素化を図ったことで、発破設計や発破結果のフィードバックといった項目以外は、切羽で作業する坑夫が操作できるシステムとなっている。

4. システムの操作手順

システムの操作・動作手順のフローチャートを図-5 に示す。操作手順としては、事務所で発破パターン自動設計システムによりパターンの設計を行い、このデータをドリルジャンボのパソコンへ読み込ませる。切羽では、トータルステーションで、計測用のミラーを用いて切羽の位置を計測し、次にジャンボ上のターゲットを自動視準して照射機、及びプロファイラーの座標、傾きを把握する。ここで、パターン照射については、切羽とレーザー照射機の位置関係が分かるため、3点補正により切羽の傾きに合わせたパターンの歪み補正を行って照射開始となる。また、余掘り計測については、プロファイラーの絶対座標、傾きが分かっているので、

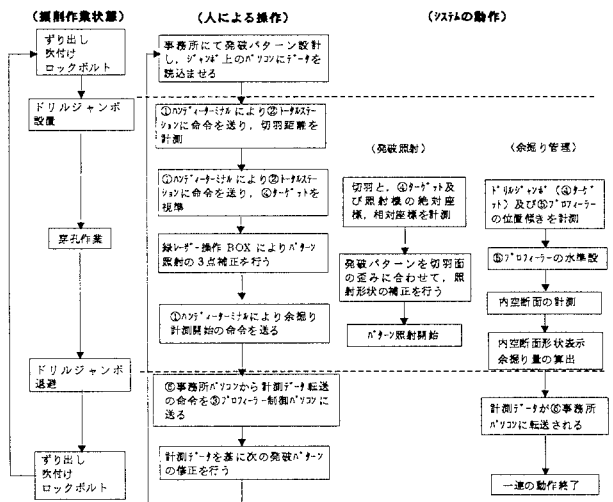


図-5 操作手順フロー

自動的に水準設定が行われ、計測開始の命令を出すのみで予め設定した計測位置（前後 45° 範囲の計測が可能であるが精度を考えるとプロファイラー直上が最適）を計測し、設計断面と比較した余掘り量の算出までを行う。さらに、この結果データは事務所パソコンへ自動的に転送される。

5. 今後の予定

現在までに、実トンネル現場における試験導入を通し、本システムの性能を確認している。今後、このシステムのパターン照射による正確な削孔と、余掘り計測による余掘り管理と、当該地山に合った SB 工法の確立により、余掘り量の削減と平滑な掘削面仕上げを目指し、コスト削減に寄与していきたいと考えている。