

上曽トンネルにおける余掘り量測定におけるサイクルロスの改善

大成建設（株） 東京支店 正会員 ○樋野 剛大

同上 三谷 一貴

同上 川野 雄毅

1. はじめに

（仮称）上曽トンネル本体工事（桜川工区）の地質は図-1に示す通り全線花崗岩であり、設計支保パターンはBパターン（実施はCⅠ）の非常に硬質な地山を発破工法により掘削する。掘削作業の管理で重要なものの1つに余掘りの低減がある。

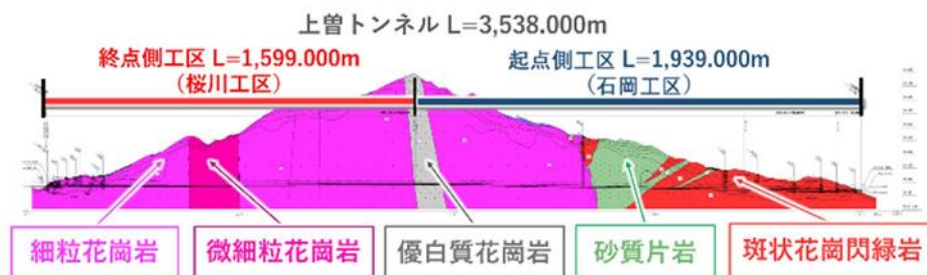


図-1 地質縦断面図

余掘りの低減は掘削土量の低減だけでなく吹付・覆工コンクリートのロスに直結することから、トンネル工事全体の施工ロスに大きく関係する。そのため当現場では、削孔にフルオートコンピュータジャンボを使用し、余掘りの低減に取り組んだ。フルオートコンピュータジャンボを最大限有効活用するため、3次元測量にて余掘り量測定を行い発破パターンの評価・改善をおこなった。本稿では、フルオートコンピュータジャンボの運用にあたって実施した3次元測量の結果反映時間の短縮について具体的手法を紹介する。

2. 発破パターン最適化サイクル

フルオートコンピュータジャンボの運用方法として発破パターン最適化サイクルを立案した（図-2）。フルオートコンピュータジャンボによる自動削孔、発破後の3次元余掘り量測定、余掘り量・アタリ量の確認、ドリルプランの修正を繰り返し行うことにより、常に発破パターンが最適化されると考えた。余掘り量の測定結果を分析して次施工へフィードバックすることにより、ずり出し量・吹付けコンクリート量を最小化するとともに作業時間短縮を図ることを目的としている。



図-2 発破パターン最適化サイクル

3. 3次元測量方法

余掘り量の測定は、吹付け前に行うが「測量」となるとトンネルサイクルの中で特に時間を確保するのが困難である。そこで、3次元高速測量が可能な計測機器「レーザートラッカー」（以下LT）を採用した。LTは本工事の断面積80m²程度であれば1分40秒で計測が可能である（点群密度：75mmピッチ）。しかし、LT単体では据付や姿勢計測に時間が掛かってしまうため、LTは車載型とした^{1,2)}。オートレベリング機能がついているため水準調整の必要はなく、車体を切羽に移動するだけで据付が完了となる。LT本体座標の確定は車体に固定したプリズムを別のトータルステーション（以下TS）で測定することで、LT本体座標を算出できる（図-3）。車体のプリズム測量はLTで切羽をスキャン中に同時測量が可能であり、測定開始から完了までの時間は約3分で可能となった。



図-3 車載したLTとプリズム

測定開始から完了までの時間は約3分で可能となった。

キーワード トンネル、花崗岩、発破、余掘り、Wi-fi

連絡先 〒163-6008 東京都新宿区西新宿 6-8-1 大成建設(株)東京支店 TEL 03-3348-111

4. LT 運用における課題

LT による測量で図-4 のように地山を 3 次元データで表現することができるが、余掘り量把握のためには得られた点群データを絶対座標に変換すると同時に、設計断面を重ね合わせて解析を行う必要がある。しかし、車体のプリズム座標は LT 専用 PC に手入力する必要がある、3 次元データの解析に 5 分程度要していた。解析自体は切羽作業に直接影響はないものの、次工程の吹付作業前にアタリ箇所の有無を確認する必要がある、解析待ちによるサイクルロスが課題となっていた。

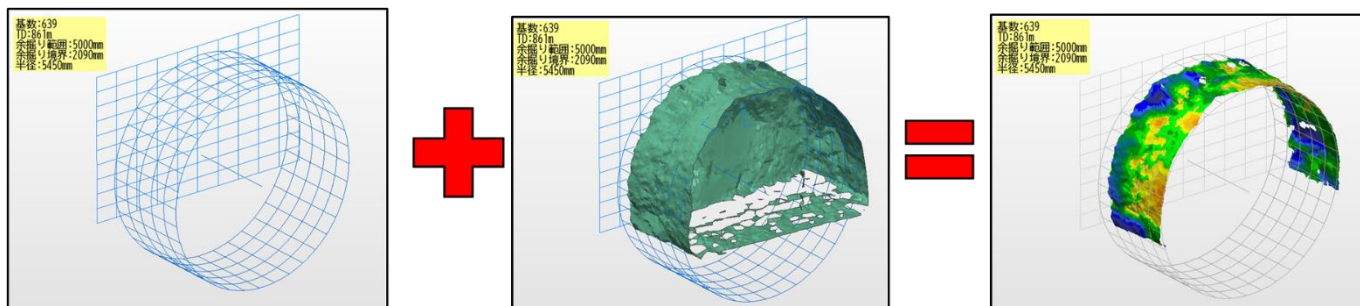


図-4 TS 座標データによる設計断面+LT 3 次元データ=余掘り量（カラーマップ表示）

5. 解析時の入力方法の改善

改善策としてプリズム座標値を TS から自動で LT に転送する方法に変更した。これはフルオートコンピュータジャンボを切羽に据え付ける方法と同様で、削孔前に、TS にてフルオートコンピュータジャンボ本体の位置座標を測定した後、座標をトンネル坑内の Wi-fi ネットワークを通じて TS からフルオートコンピュータジャンボへ転送し運用していることから、LT における測量にも応用できると考えた。

LT 本体と LT 専用 PC は直接 Wi-fi で接続しているため、TS 用に別の Wi-fi を併用することで、TS のプリズム座標値を LT 専用 PC に転送できるネットワークシステムを構築した。

また、転送した座標データは車体プリズム 4 点のいずれの位置か自動で判断させるため前後左右のプリズムの位置間隔を変え、LT 専用 PC に車体プリズムの位置間隔を事前に登録しておくことで、座標データがどの位置のプリズムのデータなのかを自動で判断できるシステムとした。

以上の工夫によりプリズム座標値を手入力することなく 3 次元データを絶対座標に変換することが可能となり、測定完了後およそ 1 分以内に余掘り量データの解析結果を出力することに成功した。解析結果は即時 PC で確認できるためアタリ取りに反映される。

一つの PC 上にデータを集約できることで、事務所でも結果を確認でき、次の削孔までに測量結果の分析とドリルプランの修正、修正データをフルオートコンピュータジャンボに転送という当初計画した発破パターン最適化サイクルを円滑に行うことができるようになった。

6. まとめ

以上の工夫により、LT を用いた余掘り量測定における 3 次元データの解析が迅速になった。また、トンネルの掘削サイクルに影響を与えることなく発破パターン最適化のサイクルを回すことが可能となった。

次稿ではフルオートコンピュータジャンボを用いた余掘り低減への取り組みとし、余掘り量・アタリ量の確認からドリルプラン修正までの発破パターンの最適化について説明する。

参考文献

- 1.) 桂 佑樹, レーザートラッカーを用いた掘削余掘り量・吹付厚の測定
- 2.) 樋野 剛大, レーザートラッカーを用いた掘削断面の測定方法

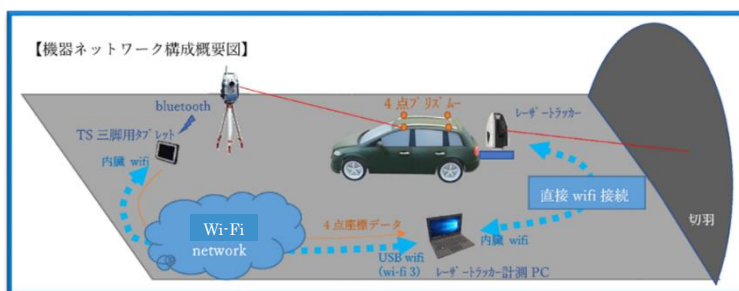


図-5 ネットワーク概要図（掘削断面測定時）