

## レーザートラッカーを用いた掘削断面の測定方法

大成建設（株）

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）上曾トンネル本体工事ではフルオートジャンボを採用している。削孔位置および削孔長が設定されたドリルプランを用いることで削孔が自動で行われ、より正確で効率的な掘削が可能となっている。発破パターンの妥当性評価を行うに当たり、掘削箇所の正確な余掘り量の測定が必要となる。通常の測定方法はコソク後にトータルステーション

（以下、TS）を用いて断面計測を行い、余掘り量を測定することで発破パターンが適切かどうか分析を行っていた。しかし、TSによる断面計測では面的に測定することができないため、掘削時の全体の余掘り量の評価ができなかった。そこで、当現場ではレーザートラッカーを用いて掘削箇所を面的に測定し、掘削時の全体の余掘り量を評価することとした（図-1）。今回、レーザートラッカーを用いた場合の測定に関して、具体的なトンネル内での測量方法について報告する。

## 特徴

電源投入後、自動でイニシャライズ、約5分で計測開始可能  
自動水準機能によりレベル出し不要  
様々な形式での計測が可能  
① リフレクター 精度±15 $\mu$ m±6 $\mu$ m  
② ダイレクトポイント計測 ±0.3mm  
③ ダイレクトスキャニング計測 ±0.3mm  
トータルステーションと3Dスキャナ（エアラスキャナ）の両方の機能を1つのトラッカーで計測可能

測定エリアを任意に指定でき、点間ピッチ（0.5～1000mm）を自由に設定可能  
測定データはダイレクトに解析ソフトに取り込まれるため、後処理の手間が無く、カラーマップ等の評価が可能  
測定、解析はマクロ機能で自動化可能

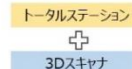


図-1 レーザートラッカー(ATS600)



写真-1 切羽測定状況

## 2. レーザートラッカーを用いた測定方法の課題

レーザートラッカーは測定エリアを任意に指定でき、トンネル坑内を測定間隔 0.5～1000mm でメッシュ状に測定できる。測点間隔を適切に設定することで、図-2 に示すように 3D スキャナと同様に掘削形状を面的に測定でき、3次元データとして余掘り量を解析することができる。

測定した点群データを余掘り量解析に使用するためには、設計上のトンネル線形に対応した座標で管理する必要がある（図-3）。すなわち、レーザートラッカーにより取得された点群座標をトンネル線形に対する相対座標に変換する必要があることから、レーザートラッカーの位置と方向を外部から付与する必要がある。この点、3D スキャナと同じ機構であるため、測定開始までの準備工程に時間を要してしまい、測定時間が長くなることで、トンネル掘削サイクルに影響を及ぼす懸念があった。スキャンに要する時間はレーザートラッカーの性能に依存するため短縮には限界があるが、レーザートラッカーの設置時間及び座標測定時間に関しては工夫の余地があると考えた。

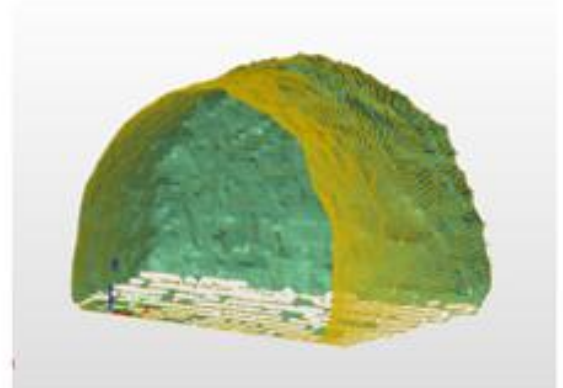


図-2 切羽測定結果

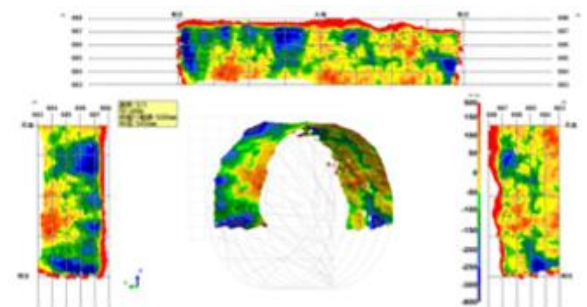


図-3 余掘り量解析結果

キーワード トンネル、余掘、レーザートラッカー

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 TEL03-3348-1111

### 3. レーザートラッカー設置に関する改善

レーザートラッカーは精密機材であり非常に高価であるため、日常管理には十分な配慮が必要である。測定精度の信頼性は高く、その結果が生産性向上に大きく寄与する一方、測定機材の取り扱いには細心の注意が必要である。そのため、機器の設置の際に慎重になりすぎて、TSと同様の三脚を用いて設置するのに予想以上の時間がかかってしまうことが課題となった。そこで写真-2に示すようにレーザートラッカーを車両の荷室に搭載することで、設置時間を短縮し、日々の機器設置作業を簡略化することとした。レーザートラッカーは荷台をスライドして引き出すことで設置完了となり、切羽前の所定の位置に車を停車させるだけで設置完了となる。



写真-2 車に搭載したレーザートラッカー

### 4. プリズム設置位置の改善

当初、レーザートラッカーの位置座標を付与するために、4点のリフレクター（反射板）をレーザートラッカーで測定することとした。具体的には発破作業の後、写真-3に示すように、トンネル坑内のロックボルトにマグネット式のリフレクターを固定し、TSとレーザートラッカーの双方で測距することでTSから得られた座標を間接的に付与しレーザートラッカーの座標を確定していた。この測定だけで1サイクル当たり6分程の時間を要した。

そこで測定時間を短縮するために、写真-4に示すように車体上部4か所にプリズムを設置することとした。プリズムはレーザートラッカーと同様に車体に固定しているため、双方の相対位置関係は既知となる。つまり、車両配置後に、TSでプリズムを測定するだけでレーザートラッカーの座標を確定できる。レーザートラッカーが掘削断面を測定している間に同時並行でTSによるプリズム測量を行うだけでよく、プリズムの設置作業も不要となることから、前述の測定時間6分をゼロにすることができた。



写真-3 リフレクター測定状況(当初)



写真-4 車体上部のプリズム

### 5. まとめ

以上の工夫によりレーザートラッカーによる迅速な掘削断面測定が可能となった。レーザートラッカーによる測定で広範囲の余堀り量が把握できることで、発破パターンの妥当性が適切に評価できるようになり、フルオートジャンボによる施工のPDCAを回すことが可能となった。

今後の展開としては、余堀り量の測定データをフルオートジャンボの発破パターンにフィードバックして、自動でパターン修正を行うシステムの開発を目標としている。これが実現できれば、常に最適な発破パターンで発破作業を進めていくことが可能になり、余堀り量の低減と日々の掘削サイクルの短縮が実現でき、トンネル掘削作業の生産性向上に寄与できるものと考えている。