

全断面早期閉合における 一次インバート施工管理 システムの開発

石山 宏二* 千々和 辰訓*
 Koji Ishiyama Tatsunori Chijiwa
 大谷 達彦** 山下 勝治***
 Tatsuhiko Otani Katsuji Yamashita

1. はじめに

全断面早期閉合は、切羽に近い位置で一次インバートを施工して早期にトンネル断面を閉合し、変形性の大きな地山の安定化を図る掘削工法の1つである。最近急速に施工事例は増えているが、不良地山の標準工法である上半先進ベンチカット工法に比べ加背が大きくなることから、場合によっては切羽など掘削面の不安定化を招くため、リアルタイムでの計測管理と迅速で確実な掘削・支保の設置が重要となる。そこで、一次インバート掘削中の切羽面の押出しによる変状をリアルタイムに監視する機能と、インバート床付け面及び設置した支保の出来形を計測管理が可能な「一次インバート施工管理システム」を開発した。図-1に本システム概念図を示す。

本報では、本システムの概要とシステムの課題を抽出する目的で一次インバート施工現場に適用した実績について報告する。

2. 一次インバート施工管理システムの概要

本システムは、(株)ソーキが有する山岳トンネル計測管理システム「TOPLUN」の1機能として、(株)ソーキと共同で開発を行った。

「TOPLUN」では、坑内常設用のトータルステーション(以下、TSと略記)と自由度の高い三脚にて使用する目的のTS、計2台が標準装備されている。この内、三脚使用目的のTSには高精度で回転・測距速度の速いSOKKIA NET1が選択可能であり、これを一次インバートの施工中にだけ切羽近傍に仮設置し自動視準させることで、比較的廉価に、より精度の高い迅速で効率的な計測管理が可能となる。表-1に一般的に使用されるTSとの性能比較表を示す。

次に、本システムの主な機能について述べる。

(1) 切羽面押出し計測

切羽面の複数計測点における押出し挙動をノンプリズ

* 技術研究所土木技術グループ

** 土木設計部設計課

*** 関東土木(支)氷見第8トンネル(出)

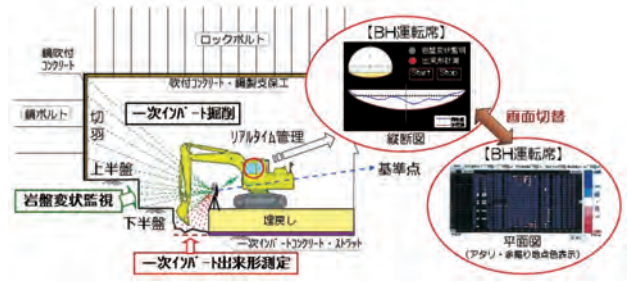


図-1 一次インバート施工管理システム概念図

表-1 トータルステーション性能比較表

トータルステーション		SOKKIA NET1	LEICA TCRA1103
測距精度 (mm)	反射シート使用時	1+1ppm × D	5+2ppm × D
	プリズム使用時	1.5+1ppm × D	2+2ppm × D
	ノンプリズム時	3+1ppm × D	3+2ppm × D
ターゲット照明装置		搭載	-
測角精度(秒)		1	3
測距時間	精密測定	0.9s毎(初回2.4s未満)	1s
	高速測定	0.6s毎(初回2.0s未満)	
	トラッキング	0.4s毎(初回1.3s未満)	0.3s毎

※ D: 測定距離 (mm)、ノンプリズムでの精度は計測条件(湧水等)により異なる場合がある

ムでリアルタイムに計測・監視することで一次インバート施工時の安全性を確保することが本機能の目的である。

操作手順としては、予めTSと連動した坑内仕様のハンディPC上に計測対象となる上半切羽の測点(距離程)、および掘削範囲を示すインバート測点と設置する支保工基数(測定断面)を登録しておく。

切羽面押出し計測の初期値設定画面にてベンチ長の入力等を行い、切羽面上の計測点を決定することで、その初期座標が半自動で計測される。計測点は、図-2に示すように予め9点登録されているが、掘削前の切羽観察状況、補助工法の実施状況等によっては点数の変更、あるいは計測点位置の遠隔操作による手動変更が可能である。なお、計測点位置が視認できるようTSからは常時切羽面に対しレーザーが照射されている。

初期値の計測後、図-2上の「切羽面押出し計測」欄の計測ボタンを押すことで切羽面押出し計測が開始され、インバート掘削に伴う変位量に応じて左図の測点マーカーが変色・変形し、切羽崩壊の危険性とその位置を知らせる。また、回転灯等報知器との連動も可能である。

なお、9点の計測サイクルは実績で2分40秒程度であり、計測点の増加は切羽挙動の早期把握を妨げる。ノンプリズムでの測定値の相対誤差は1mm程度であった。

(2) 断面計測

一次インバート掘削時の出来形計測として、予め登録していた測定断面上でのあたりの検出および余掘りの軽

減を迅速・安全に行うことが本機能の目的である。

まず、インバート床付け面の計測管理対象となる周方向範囲(角度)、計測点間隔、測点誤差の許容範囲等を登録しておき、インバート掘削の進捗が目視観察である程度進んだ段階で図-2上の「断面計測」欄の計測ボタンを押す。これにより、切羽面押し計測に代わって断面計測が開始される。計測結果は、図-3(a)に示す断面図、あるいは図-3(b)に示す展開平面図に選択表示でき、常に最新の計測データが上書き出力される。この他に、あたり箇所を全ての作業員が共通認識できるように、適宜TSからのレーザー照射が可能である。また、断面計測の途中で何度でも切羽面押し計測に切替変更ができ、現時点での切羽崩壊の危険性把握も可能である。

なお、収束計測の回数を1に設定した場合、12点/断面の計測サイクルは実績で5分程度であった。

(3) 支保工計測

一次インバート掘削終了後に設置したインバートストラットあるいは吹付けコンクリートの出来形(位置)を計測管理し、確実な施工を実施した証としてのトレーサビリティの確保、帳票作成が本機能の目的である。

図-2上の「支保工計測」欄のカーソルキーにて支保No(測定断面)を選択し、プリズムを支保工の所定の位置に設置後、計測ボタンを押して視準をプリズムへと遠隔誘導し計測を行う。これにより、図-4に示すように支保工設置状況(設計値との誤差)が瞬時に確認でき、直ちに修正を図ることで確実な施工管理が可能となる。



図-2 切羽面押し計測画面

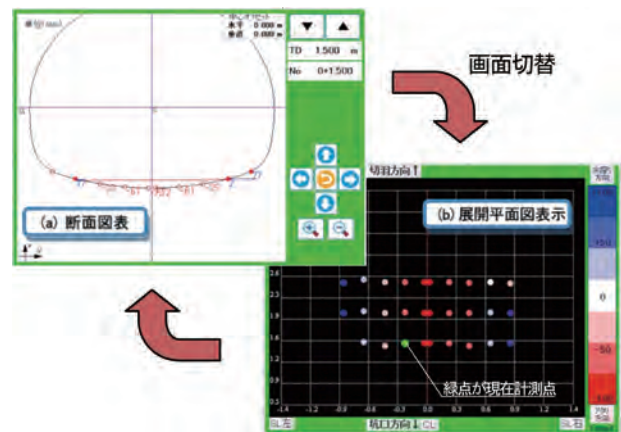


図-3 断面計測結果表示画面

3. 現場への適用

本システムの実用化を目指し、氷見第8トンネルの七尾側坑口部で補助ベンチ付全断面早期閉合を実施した際に、TSの設置方法と施工性に着目した試験施工を行った。

一次インバート掘削時には、通常、掘削機械が左・右いずれかの切羽近傍に配備される。そこで、掘削機械とTSの接触を避けるため、その逆側に配置し、移動・再設置が比較的容易な三脚と、側壁肩部のロックボルト頭部に架台治具を使って固定設置する方法を同時に試みた。写真-1に示すように、今回は切羽に向かって左側にTSを配置した結果、側壁肩部への固定設置により施工性の面からも実用化に問題ないと判断された。ただし、設置架台に関しては小型軽量化を図る等の課題が確認された。

4. おわりに

本システムの開発は、変形性の大きな地山対策として急速に施工事例が増えている全断面早期閉合において、より安全に迅速で確実な施工実現のためのものである。

今後、本システムの普及を図り、現場での適用実績を増やすことで、操作性や機能の改善を適宜行い、システムの充実を目指す。



図-4 支保工計測結果表示画面



写真-1 試験施工 (TS 設置) 状況