

# 早期断面閉合における一次インバート施工管理システムの開発

西松建設 正会員 石山 宏二, 山下 雅之, 千々和 辰訓, 大谷 達彦, 山下 勝治

## 1. はじめに

脆弱地山に対しトンネルを施工する場合、上半切羽から 10m 以内の位置でインバート部を掘削し、支保工（吹付けコンクリートやインバートストラット）を設置する一次インバートの施工によって早期断面閉合を行い、トンネルの変形や沈下を抑制する工事例が急速に増えている<sup>1)</sup>。しかし、その結果として掘削工法は全断面工法（補助ベンチ付を含む）となり、脆弱地山に対して従来適用されてきた上半先進ベンチカット工法に比べ加背が大きく、さらに近傍でインバート掘削を行う影響により切羽が不安定になり易く、場合によっては崩壊の危険が懸念される。そこで、そのリスクを軽減する安全で効率的な施工を目指し、「一次インバート施工管理システム」を開発した。

本報では、本システムの概要とシステムの実用化を目指す上での課題を検証するために実施した現場適用試験の結果について報告する。

## 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、図 1 に概念図を示すように、インバート部の掘削に伴う切羽面の押し出し変状とインバート部の出来形（掘削面高、支保工設置高・位置）をリアルタイムに半自動計測し、設計位置との差異を画面表示することで、作業時の安全性と掘削および支保工設置を効率的に行うことが可能である。使用するハードは、一次インバート施工時に掘削部近傍に配置するトータルステーション 1 台と、これを無線で操作可能な坑内仕様のハンディ PC（タッチパネル方式）から構成される。なお、本システムを廉価に、また確実に機能させるため、山岳トンネル工事の施工管理に多くの実績を有する既存のトンネルマーキング・計測システム<sup>2)</sup>の 1 機能として開発した。

具体の機能は、1) 切羽面計測、2) 断面計測、3) 支保工計測の 3 つで、各々の役割と特長を以下に記す。

### 1) 切羽面計測

一次インバート掘削時の切羽面の押し出し状況をノンプリズム方式で自動計測し、リアルタイムで切羽変状監視を行う。

図 2 に示すように、計測位置として設定した複数の切羽面上の測点をノンプリズムで計測し、測点ごとに押し出し量に応じて 4 段階に色分けてハンディ PC 画面に表示することで掘削機械のオペレータに切羽面の状況を知らせる。また、最も危険な「嚴重注意」段階では、パトライト等の報知器に連動させ、坑内作業員全員に危険性を自動通報することも可能である。

### 2) 断面計測

一次インバートの掘削がある程度進んだ段階で「切羽面計測」から「断面計測」へとシステムのモードを切替えることで、掘削中の一次インバートの掘削面高をノンプリズム方式で自動計測する。

「切羽面計測」同様に予め設定している計測断面上の複数の測点に対してノンプリズム方式によりリアルタイムに掘削面高を計測し、床付け面計画高に対する差異量をハンディ PC 画面に

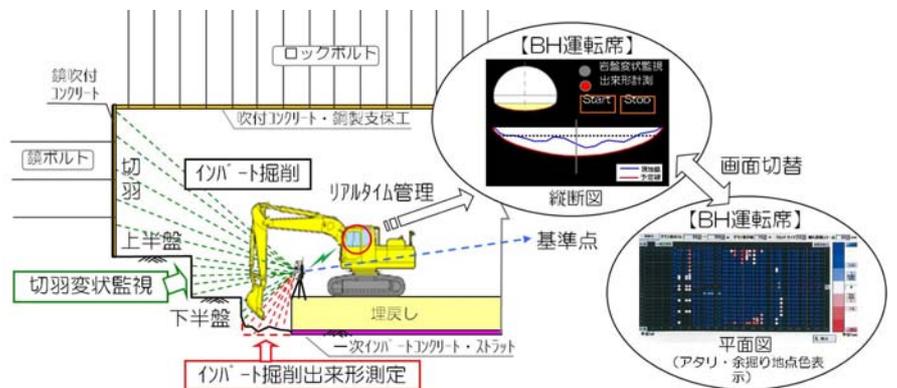


図 1 一次インバート施工管理システム概念図

キーワード 早期断面閉合、一次インバート、施工管理システム、トータルステーション

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門 1-20-10 TEL.03-3502-0273 FAX.03-3502-0228

表示する。これにより掘削作業は過不足（余掘り、アタリ）確認を行いながら実施可能となる。また、掘削作業の過程を考慮して計測対象範囲をインバート部の「左側」、「右側」、「全断面」に選択ができる。なお、計測結果（余掘りやアタリの量）は図3に示すように断面図、あるいは展開平面図での表示が選択可能であり、切羽面の押出し状況が気になる際は、随時「切羽面計測」モードに切替変更が可能である。

3) 支保工計測

一次インバートの掘削終了後、図4に示すように床付け面への支保工設置状況（設計高・位置との誤差）を確認するため、システムを「支保工計測」モードに切替え、プリズムを計測断面上の支保工所定の位置に設置し、高精度に計測する。

トータルステーションの視準はハンディ PC 画面上に表示されるカーソルキーで遠隔操作し、計測後、直ちに支保工を適正な位置へと誘導修正することが可能となり、確実な施工による高品質なトンネルが実現される。また、支保工の出来形を最終的に帳票として残すことで、トンネル供用後における維持管理を行う上でのトレーサビリティ確保にも役立つ。

3. 現場適用試験による検証

本システムの実用化を目指す上で課題になったのがトータルステーションの設置位置とその方法である。そこで、早期断面閉合を実施したトンネルで本システムを適用した結果、図5に示すように、一次インバート近傍の左右いずれかの床盤上に三脚に載せ設置する方法に代わり、側壁肩部のロックボルト頭部に架台治具を取り付け、その上に設置する方法により掘削機械との接触を避けることができ、掘削に伴う振動の影響も無く、計測範囲をカバーできることから、本システムの施工性・有効性を確認することができた。

4. おわりに

本システムは、変形性の大きな地山対策として急速に工事例が増えている早期断面閉合において、より安全で効率的なトンネル施工を実現するため、開発に取り組んだ。

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。

【参考文献】

- 1) 鬼頭ほか：全断面早期閉合における情報化施工の適用実績，トンネル工学報告集第20巻，pp.145-150，2010.
- 2) 山岳トンネルにおけるICT活用事例，ジェオフロンテ研究会，pp.22-27，2010.



図2 「切羽面計測」モードでの計測画面

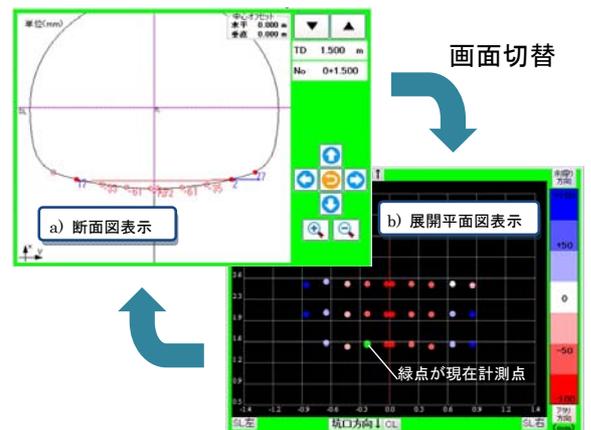


図3 「断面計測」モードでの計測画面

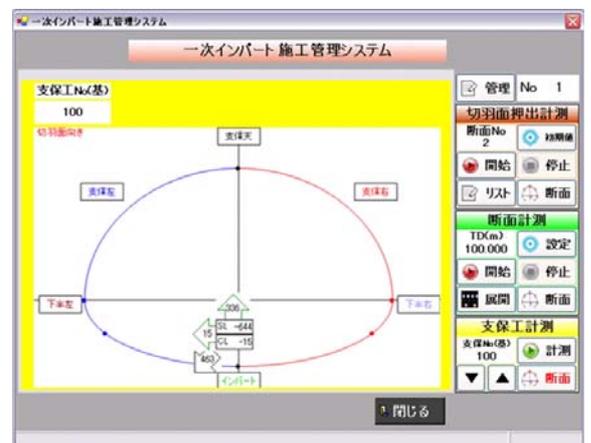


図4 「支保工計測」モードでの計測画面



図5 現場適用試験におけるトータルステーション設置状況