

トンネル切羽画像処理システムの開発

NEW TUNNEL OBSERVATION SYSTEM WITH DIGITAL STILL CAMERA

泉谷泰志*・傳田 篤**・藤田清一***・安藤知明****・桑嶋隆夫****

Yasushi Izumiya, Atsushi Denda, Seiichi Fujita, Tomoaki Ando, Takao Kuwajima

Geological data are quite fundamental to construct a tunnel in safety and low cost. Therefore, observation of a tunnel face during excavation is a regal obligation issue, and selection of a tunnel support system based on the observation results is a essential work for tunnel construction. Geological observation of a tunnel face in the present level, however, have several problems in its recording method. The main purpose of the newly developed system described in this paper is to record precise and objective data of a tunnel face. In this system, use of a digital still camera and a personal computer could make tunnel face recording easy and rapid, and reduce labor and work. Recorded observation results by this system are also practical data base of tunnel excavation.

Keyword : tunnel, tunnel face, digital still camera, observation of a tunnel face

1. まえがき

高品質のトンネルを安全かつ経済的に施工するためには、トンネル掘削中に得られる地質情報を活用することが重要である。そのため、トンネル掘削中は切羽の地質状況を観察し、適切な処置を講ずることが義務付けられている。現在、切羽の地質状況を観察記録する作業は、手書きスケッチと地質状況の諸項目を記載するチェックリストによって行われているが、必ずしも理想的な方法とはいえず、改善が求められている。

また、近年の飛躍的なコンピューターおよびその関連機器の発達により、トンネル工事においても、自動計測や計測結果の管理をはじめ、設計・施工の管理・事務処理に至るまでコンピューターが導入されている。計測結果や施工情報に関しては、データベース化が進んでおり、施工時に有効に利用することができる他、長期的な情報の保存・利用や他現場への水平展開が可能となりつつある。しかしながら、切羽観察記録に関しては、昔日のNATM導入の頃と同じ方法を続けており、データベース化や長期保存・利用が難しい状況

-
- * 正会員 清水建設(株)土木本部技術第2部
 - ** 正会員 清水建設(株)技術開発本部先端技術開発センター
 - *** 正会員 (株)東亜測器代表取締役社長
 - **** 正会員 (株)富士総合研究所解析技術第1部
 - ***** (株)富士総合研究所解析技術第1部

にある。

本システムの目的は、切羽の地質状況を正確かつ客観的に観察・記録するとともに、地質状況の変化を迅速に把握し、切羽観察をできるだけ信頼性の高い地山評価基準となるようにすることである。デジタルスチルカメラとパソコンを利用した本システムにより、デジタルカラー画像を利用した切羽観察記録の作成が容易に行なえるようになった。デジタルカラー画像を含む切羽観察記録はデータベースに保存され、共用開始後の維持管理までを視野に入れた長期的な保存や利用が可能となる。また、画像処理による風化状況や割れ目分布の識別に関する基礎研究が行われており、将来的には実施工に導入されることが予想されるが、そのようなシステムの入力装置としても利用することができよう。

2. 現状の問題点

トンネル工事では、切羽の安全を確認し地質状況に応じた適切な支保パターンや補助工法を適用するため、日常管理項目として切羽観察が行われ、切羽観察日報として発注者に提出して支保パターンの選定をはじめ施工方法の協議が行われる。実際に掘削した結果確認される地質状況により当初設計の支保パターンを変更する場合が多く、設計変更の資料として切羽観察日報が重要な書類となる。切羽観察日報は、通常、岩石の強度・風化変質の程度・割れ目の状態・湧水の状態・切羽や天盤の自立状況・地山等級などを記録するチェックリストと、手書きによる切羽面のスケッチ・地質状況の記載からなり、切羽写真が添付される場合もある。現状の切羽観察記録の作成と利用には以下のような問題点がある。

- (a) 切羽観察を行う個人の知識・経験・表現力などに影響されるため、スケッチや記載内容に個人差がでやすく、客観的な評価が難しい場合がある。
- (b) 写真を添付する場合には、現像・プリントに時間がかかる。また、写真には地質状況の説明が書き込めないため、写真のみでは留意点がうまく伝わらない。
- (c) 切羽において野帳にスケッチし、事務所で所定の用紙に清書しており、作業時間がかかるため現場職員の負担が大きくなっている。
- (d) 個々の切羽の観察記録として作成され、地質状況の変化を示す資料がないため、トンネル掘進にともなう地質状況の変化が理解し難い。
- (e) 地質観察記録の長期保存が難しく、共用開始後の維持管理において、補修工事が必要となった場合などに地質状況の記録が失われている場合が多い。

3. システムの概要

本システムは、トンネル切羽を撮影するデジタルスチルカメラ、画像処理および切羽観察日報の作成とデータベースの管理を行うパソコン、データを保存する光磁気ディスク、切羽観察日報を出力する高画質カラープリンターで構成される。

切羽観察日報の作成は、職員が切羽の状況をデジタルスチルカメラで撮影し、事務所のパソコンで切羽の自立状況や地質や湧水に関する情報をカラー画像の上に書き込んだ上、チェックリスト・日付・距

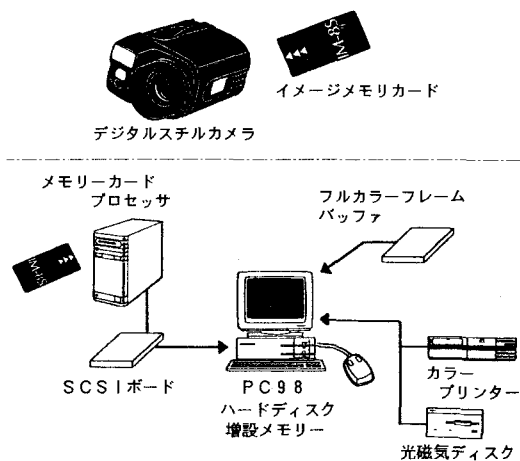


図-1 ハードウェア構成

離程などの情報を付加して作成される。トンネル掘削形状に合わせて画像から必要な部分のみを切出したり、コントラストを強調し画質を向上させる画像処理機能を持っており、必要に応じて処理をかけることができる。画像の選択・切出しや情報付与、チェックリストの入力などは、すべてマウス操作で行い、カラー画像を含む切羽観察日報はデータベースに保存され、自在に検索することができる。フルカラーデジタル画像データのため、画像1枚で約0.7メガバイトのデータ容量となり、データの保存には大容量の光磁気ディスクドライブ（600メガバイト/枚）を用いている。カラー画像と書き込んだ情報は分離して保存され、必要に応じて単独で表示・出力したり組み合わせで表示・出力したりすることができる。作成された切羽観察記録は、既往の切羽観察日報用紙と同じ様式でカラープリンターで出力され、そのまま発注者に提出することができる。また、通信回線で発注者事務所や本社・研究所などへ転送することも可能である。切羽観察日報のチェックリストで評価された項目はデータベースに保存され、トンネル縦断方向の変化をグラフとして表示・出力することができる。本システムの長所は以下の通りである。

(a) 取り扱いが非常に容易であること。現場事務所の施工管理の道具として手軽に利用できるようにしており、マニュアルを読まなくてもマウス操作で画面に表示されるメニューを押さえることで、ほとんど全ての作業を行うことができる。岩石名や地山等級など使用頻度の高い用語はあらかじめ登録しておき、マウスクリックのみで入力できる。説明文などの入力もワープロを使っている人であれば抵抗なく作業できる。切羽観察記録のチェックリストも画面にしたがってマウスクリックするだけで入力できる。

(b) すでにほとんどの現場に導入されているパソコンを使ったシステムであり、普及を進め易い。

(c) 原画像だけでは判別し難い事項については、線画機能・コメント機能により観察者が画像を補足することができるので、情報の質・量は既存の方法と比較して低下することはない。

(d) 撮影からデータベースに保存するまで一貫してデジタルデータで行っており、情報の追加・修正・保存を繰り返しても画質の劣化がなく、アナログデータであるビデオカメラを使用した場合と比較して品質的に優れている。また、将来予想される画像処理による地質状況の識別に対しても対応が容易である。

4. システムの効果

本システムの効果として以下のようなことが挙げられる。

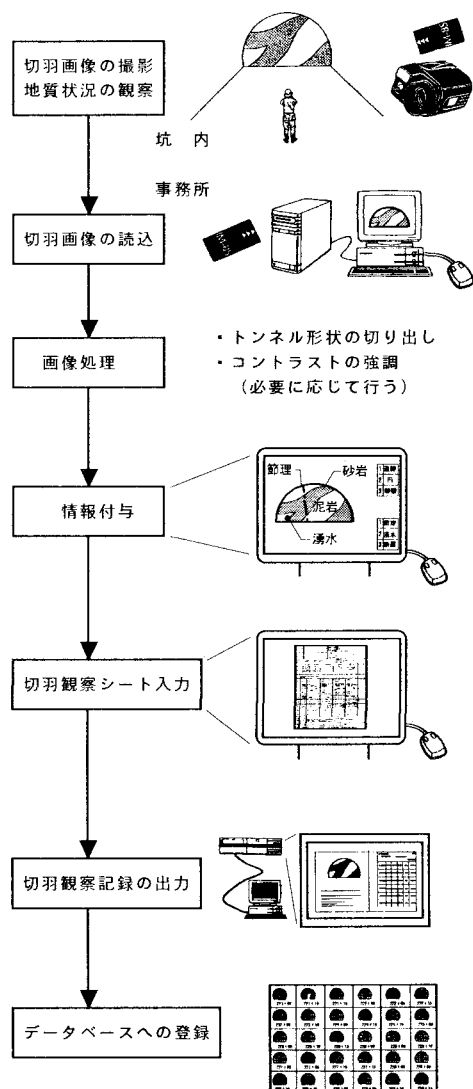
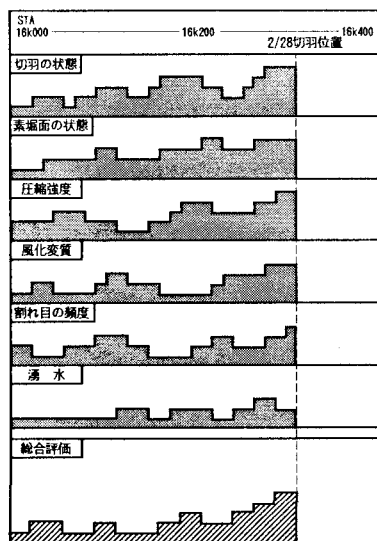


図-2 作業の流れ

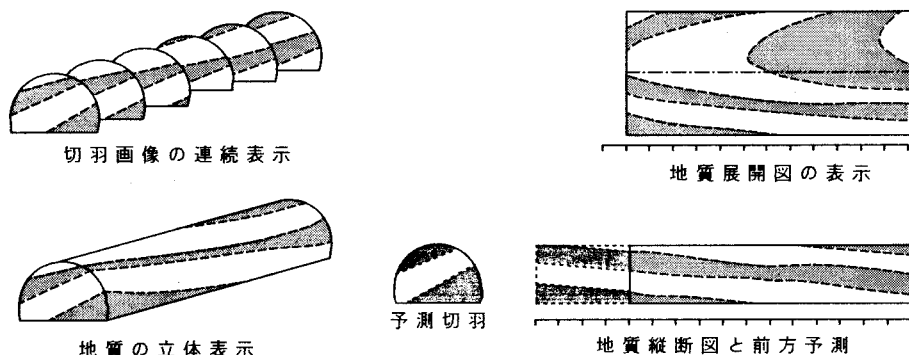


図－3 地質状況変化のグラフ表示

5. 今後の展開

本システムによりカラー画像を用いた切羽観察日報が容易に作成・保存できるようになった。次段階として、画像の上にマウスを使って書き込んだ地質境界線・地山等級境界線・断層などを使って境界線の識別や領域を認識させ、地質縦断面図や地質立体図・展開図などの各種表示を行う機能の開発に取りかかっている。また、作図した地質構造を切羽前方に延長して前方地質の予測や予測切羽の表示も行う予定である。最終的には、エキスパートシステムによる支保設計や補助工法選定などと結び付けた切羽設計システムを構築することを目指している。

切羽の画像をコンピューターで解析し、亀裂分布や地質区分・風化変質程度などを自動的に識別しようとする試みもなされているが、地質の多様性など種々の制約により、なかなか信頼性が得られていないのが現状であろう。あらゆる地質条件に対して信頼性のある判定ができるようになるには、いましばらく時間がかかるだろう。将来的には、そのような自動解析に進んでいくことが予想されるが、当分の間は人間による判定が主体となると考えられ、今回開発したようなシステムが有効に機能するものと思われる。本システムにより種々の地質における多数の切羽画像データを収集し、将来に向けた画像解析の研究も行っていく所存である。



図－4 開発中の表示機能