

第二東名浜松トンネル（下り線）でのTBM坑壁画像処理とその利用方法

日本道路公団浜松工事事務所* 藪谷忠大

(株)熊谷組** 川越 健

熊谷・東急・大本浜松トンネル西JV*** 正会員 川越佳人・青山 立・堂藤和雄

1. はじめに

第二東名高速道路の扁平超大断面トンネルではTBM導坑先進切り掘り工法が採用されており、導坑掘削時に得られる地山情報が本坑切り掘り時における重要な事前情報となる。しかしTBM掘削の場合、マシン近傍での観察のためにクリノメータが使用出来ない、一次支保設置前の危険な状況下での観察が要求される、高速施工に伴って観察時間が制約されるなどの諸条件がある。そのため、TBM導坑側壁の情報を確実・安全・効率良く得るためにデジタルビデオカメラを用いた観察を実施した。本発表ではその撮影方法の概要と撮影画像の利用について述べる。

2. 工事の概要

第二東名高速道路浜松トンネル西工事は、静岡県引佐郡引佐町から同浜松市滝沢町に至る浜松トンネル下り線(掘削断面積約184㎡、延長3,262m)を5mTBM導坑(L=3,147m 発進・到達坑72m)を先進させた後に切り掘りを行うものである。TBMはオ・ブンタイプで、機長約15mの内シールド部分は約5mである。

3. 坑壁画像の取得

(1) 撮影システム

TBM掘削時の坑壁画像の撮影には、掘削サイクルの支障とならず、また、カメラの設置位置は安全の面から支保完了区間が望ましく、振動や吹付けなどの影響からカメラを防護出来る方法が必要であった。このことから、坑壁を斜め後方から、短時間でかつ連続写真となるような撮影方法を構築し、撮影画像の処理(補正・結合)が容易なデジタルビデオカメラを採用した。デジタルビデオカメラの概略の設置図を図1に示し、システムの概要を図2に示す。TBMでの施工では坑壁とカメラの位置は一義的に決定できる。各切羽をTBM本体のある定点で撮影した場合、カメラを等速度で回転させると、画像処理によりスリットカメラと同様の画像を得ることができる。この時の解像度は雲台の回転速度とビデオ撮影速度(フレームレート)およびカメラと坑壁の距離により決めることが可能である。

(2) 撮影および画像処理の手順

撮影は一掘進(1m~1.5m)終了後、次工程への段取替えの中に実施する。架台に予めセットしているビデオカメラをTBMマシン本体の固定点にセットし、後方よりリモコンにて操作を行う。撮影終了次第、カメラと架台を撤去する。この一連の作業は2分程度で終了する。撮影状況

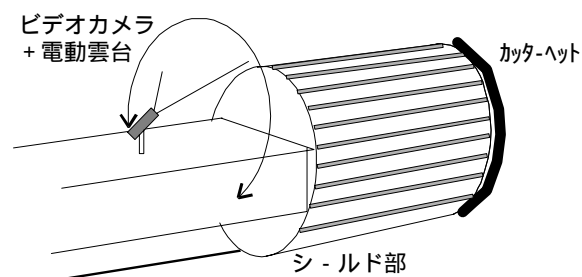


図1 デジタルビデオカメラ設置概念図

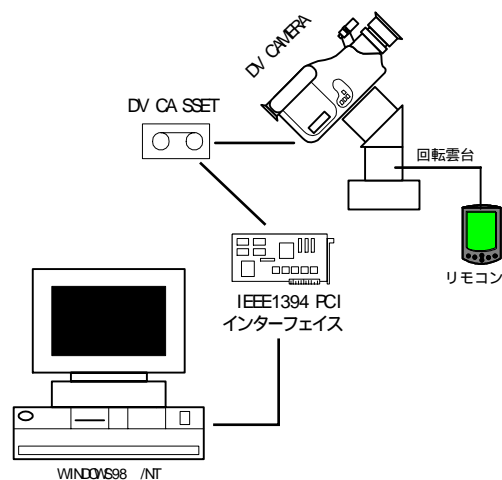


図2 システム概念図

キーワード: TBM、坑壁画像、デジタルビデオカメラ、画像処理、地山評価

* 〒430-0923 静岡県浜松市北寺島町 617-6 TEL:053-455-0947

** 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 TEL:03-3235-8622

*** 〒431-2215 静岡県引佐郡引佐町大字白岩 208-1 TEL:053-528-2281

を写真1に示す。

得られた画像をパソコンに取り込んだ後、各フレームごとに軸方向の中央ラインを抽出し結合する。この際、TBM機械本体のピッチ、ロールを考慮して、各画素について位置補正（角度・距離など）、歪み補正などを実施し、TBM中心軸から見たときの坑壁の状態のイメージへ変換する。画像の処理手順を図3に示す。

(3) 取得画像の緒言

本工事ではTBM本体の設備の制約から、撮影は約150°の範囲で実施した。また、ビデオ撮影速度を30枚/秒、カメラの回転を1.25°/秒とした。この時、理論上の解像度は撮影距離が最も近い天端付近で2mm/ドット、最も遠いSL付近で4mm/ドットとなるが、現地では天端付近で1mm幅のレイザ-光が認識可能であった。

4. 取得画像の利用

撮影後は、熊谷組の所有ソフト「山岳トンネル総合管理システムMother-21」^{1),2)}をベースに、TBM用に新たに開発した編集ソフトで画像を取り込み、地質展開図の作成や各帳票類の作成を行った。また、得られた展開図より各岩種境界・断層・節理などの走向傾斜を算出した。これらの情報はトンネルに対して実座標を持つことから、数値解析（キ-ブロック解析・不連続体解析など）へ展開するとともに、本坑の想定縦断図などの作成を行った。これにより、正確な地質情報の取得および帳票類作成の効率化が図られた。図4に処理後のTBM坑壁画像と作成された地質展開図の例を示す。

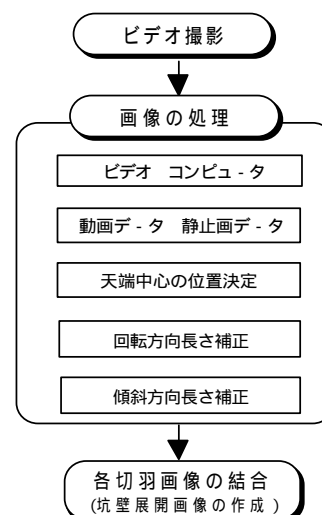


図3 画像の処理手順



写真1 坑壁撮影状況

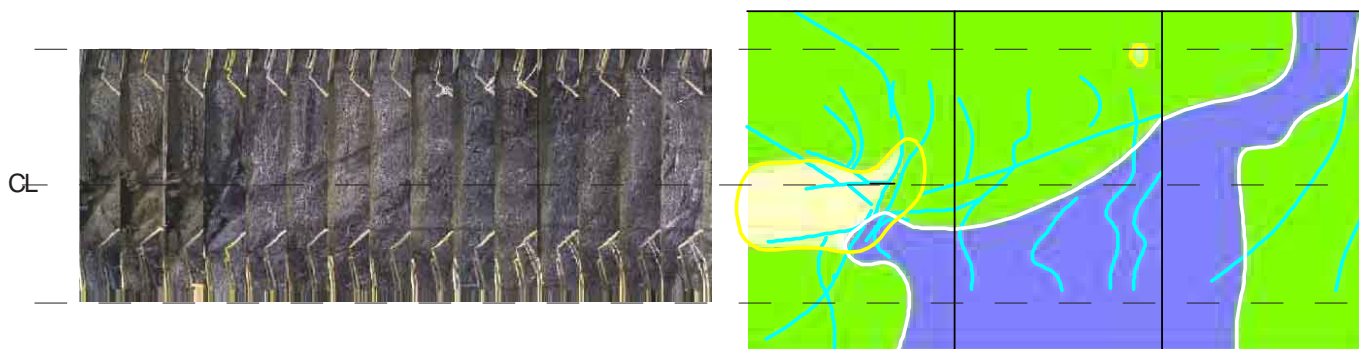


図4 TBM坑壁画像（左）と地質展開図（右）（L=15m）

5. まとめ

本工事で導入した坑壁撮影システムにより迅速かつ確実な画像が取得でき、TBM導坑の地質観察の精度向上が図られた。また、帳票作成の省力化、掘削データとの一元管理が図られ所定の効果が得られた。今後、リアルタイムでの画像伝送、画像からの線情報の自動抽出など、情報の共有、処理の効率化を検討していく。

【謝辞】

本システムの開発にはあたってはつくばソフトウェアエンジニアリング(株)に多大なご協力を得た。末筆ながら記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1)御手洗ほか：「画像解析を用いた山岳トンネル総合施工管理システムの開発」（1994），電力土木 No.250，p121-123
- 2)川越ほか：「山岳トンネル総合管理システムの開発」（1997），熊谷組技術研究報告第56号，p105-111