

III-355 画像処理によるトンネル壁面の地質調査

奥村組技術研究所 正会員 寺田 道直
 同 上 同 上 水原 憲三
 奥村組関西支社 同 上 大塚 勝司
 レアックス 木野田君広

1. まえがき

山岳トンネルは細長い線状の構造物であり、しかも一般に地下の深い所に建設されるため、事前の地質調査には技術的のみならず経済的にも限界があり、着工前に設計・施工を確定できるような精度・密度の調査を行うことは不可能である。さらに、山岳トンネルでは品質管理の及ばない天然の岩盤自体が主たる構造材料となるため、当初の工事計画には種々の不確実な要因が含まれている。このため、山岳トンネルにおいては施工段階の地質調査が極めて重要な意味を持つが、近年の急速化施工の発展はその一方で切羽観察などによる地山評価の時間を圧迫しつつあり、切羽前方の地質を速やかに評価して当初計画の問題点を事前に解消するためには、施工のサイクルに影響を与えない効率的な地質調査手法の開発が不可欠である。

このような考えに基づいて、筆者らは切羽前方の地質予知技術の研究に取り組んできたが、その一つとして画像処理を利用してトンネル壁面の地質情報を効率的に抽出し解析する方法を考案し、実際のトンネル工事に適用を試みたので、その概要を報告する。

2. 画像処理によるトンネル壁面の地質調査手法

トンネル壁面の画像計測のブロックダイアグラムを図-1に示す。照明用ハロゲンランプ、球面鏡およびCCDカメラから成る画像計測装置をトンネルの中心軸上に設置し、これをトンネル軸方向に移動しながら球面鏡に映し出される壁面の地質画像をCCDカメラで撮影する。この画像信号を移動距離測定用のロータリーエンコーダのパルス信号とともに画像処理装置に入力し、リアルタイムで展開画像に変換してデジタル磁気テープに記録する。それと同時に、バックアップ用としてCCDカメラの画像信号と移動距離測定用のパルス信号を直接ビデオテープに記録する。

画像の展開処理方法を図-2に示す。CCDカメラの画像をA/D変換して原画像用のフレームメモリに格納する。この原画像メモリ上でトンネル中心から任意の半径Rの円周上に位置する画像データを始点Pから時計回りに読み出し、これを展開画像用フレームメモリの行方向に展開し格納する。画像計測装置の移動に同期して出力されるロータリーエンコーダのパルス信号をトリガーとして上記の展開処理ルーチンを繰り返して列方向にスクロールアップすることによって、連続した展開画像をリアルタイムで得ることができる。

上記の方法でデジタル磁気テープに記録した壁面の展開画像をパーソナルコンピュータ上に読み出してグラフィックディスプレイに表示し、断層・節理などの地質不連続面の走向

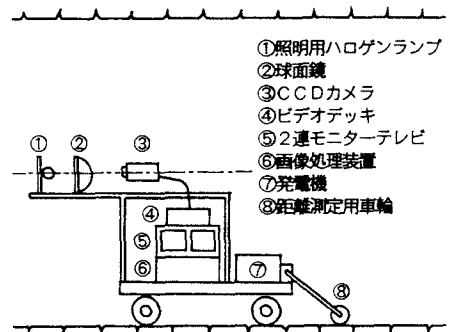


図-1 画像計測のブロック図

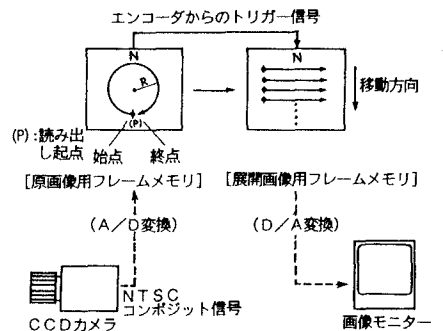


図-2 画像の展開処理方法

傾斜や各種の亀裂パラメータ（亀裂の間隔・密度・延長など）の解析を行い、これらの結果をフロッピーディスクに記録する。これらを基にしてステレオ解析、トンネル掘削予定面と地質不連続面との交差解析あるいは岩盤等級などの解析を行う。

3. 導坑地質調査への適用事例

上記の地質調査手法を本州四国連絡道路・舞子トンネル準備工事に適用した。当準備工事は垂水JCTと明石海峡大橋とを結ぶ舞子トンネルの本工事に先行して、本坑断面内に直径5m・長さ約600mの円形導坑2本をTBMにより掘削するものである。導坑断面と地質縦断を図-3に示す。導坑の地質は大部分が中生代白亜紀後期の、比較的堅硬な六甲花崗岩より成り、一部にひん岩脈を挟んでいる。

導坑壁面の地質調査は工事中用レールを利用して行った。台車上に図-1の画像計測装置を搭載し、球面鏡とCCDカメラの中心軸が導坑中心軸に一致するように調整した後、レール上を移動しながら球面鏡に映った環状の壁面画像をCCDカメラで撮影し、図-2の方法によりリアルタイムで展開画像に変換してモニターに表示するとともにデジタル磁気テープに記録した。

展開画像の一例を写真-1に示す。写真には断層・節理の走向傾斜の解析結果も合わせて示している。TBMによる機械掘削で壁面が平滑なこともあって鮮明な画像が得られており、従来のスケッチと比較して正確でかつ情報量も豊富であることがわかる。この場合の画像の幾何学的分解能は3cm/画素の程度であるが、実際にはさらに細かな線構造まで識別可能であり、実用的には十分な精度と考えられる。この方法での調査所要時間は延長約600mの導坑全体で30分弱、調査速度は平均20m/分であり、従来の目視観察と比較して非常に効率のよい方法であると言える。なお、従来の目視による方法では同じ20m区間の調査に平均150分を要している。

この調査手法で得られた断層・節理のうち連続性のよいもの150本の走向傾斜をシュミット網の下半球にステレオ投影した結果を図-4に示す。同図より、走向はおおむねNS方向で傾斜はほぼ垂直に近い不連続面が最も卓越しているが、これらと直交するものも幾つか認められる。図-4には、当地のすぐ北側に位置する高塚山断層の走向傾斜を重ねてプロットしたが、これと上記の不連続面の卓越方向とは極めてよく一致している。

4. おわりに

画像処理によってトンネル壁面の地質情報を効率的に抽出し解析する手法を考案し、実際のトンネル現場に適用してその実用性を確認した。今後は、画像処理内容を高度化して取扱う地質情報の質量両面での充実を図りたい。最後に、実験に際してご理解とご協力を頂いた本州四国連絡橋公団・第一建設局・舞子工事事務所ならびに奥村組・鴻池組・鉄建建設共同企業体の関係各位に感謝の意を表します。

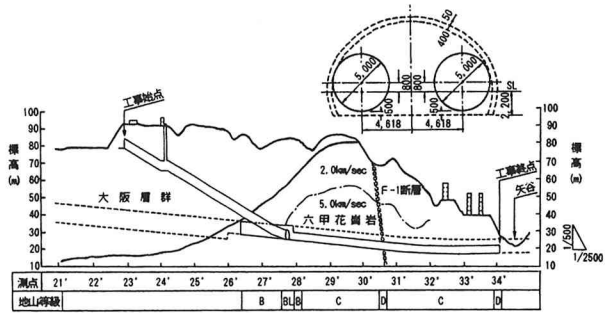


図-3 導坑断面と地質縦断

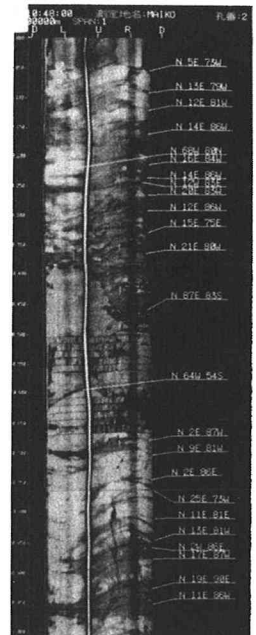


写真-1 展開画像

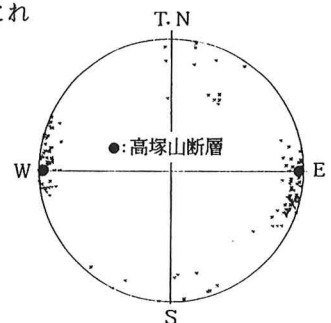


図-4 節理面のステレオ投影