

(49) トンネル切羽観察に基づく未掘削部地質予測手法の研究 (その1)

㈱鴻池組 技術研究所 正会員 ○ 山本俊夫
正会員 柚木孝治
正会員 和田 節
正会員 中澤重一

1. はじめに

NATMが導入されて以来、山岳トンネルでは今や標準工法としてこれによる急速施工が定着確立しつつある。そのような中で、施工上の掘削サイクルが維持できない理由の一つとして「地質と湧水」の問題があげられる。これはNATM急速施工に限らず、トンネル工事がある限り永遠の課題として残るものであると言われている。¹⁾ 筆者らは、過去において新生代古第三紀の頁岩・砂岩・礫岩からなる堆積岩地帯に施工された某トンネルの日常業務による切羽のスケッチを整理検討することにより、切羽前方の地質(断層破碎帯)の予測を行った。²⁾ 本研究においては、火成岩や変成岩といった他の地質状態での同手法の適用を検討するとともに、現場技術者が簡単に切羽前方の地質状態を把握できる手法の開発を進めている。本報告では、研究の初期段階として、掘削中のトンネルの切羽観察記録の収集整理に勤め、それらに基づく切羽前方の地質状態を予測した実施例について述べる。

2. 切羽観察に基づく地質状態の予測

2-1. 研究の目的

切羽前方の地質は、ボーリング探査や物理探査等による設計前の調査である程度把握することができる。しかし、これらの調査法の短所や盲点のため、しばしば掘削して始めて地質状態が判明し設計条件と異なる場合が少なくない。³⁾ 切羽を露頭の一種と見なすならばこの切羽の観察は事前調査結果を補完・修正する重要な情報源として期待できる。しかし、実際は以下の理由で切羽での十分な調査は不可能なことが多い。

- ① 施工サイクルに追われ、調査を行うために切羽を放置しておくような時間的な余裕はない。
- ② 切羽への調査員の接近は、落石等により危険である。
- ③ トンネル断面が大きい場合には、リフト等を用いない限り、人間の手の届く範囲に限られた切羽面の調査となり、偏った傾向を持つ測定データになる。

したがって、手軽に個人差のない切羽の地質情報を得るには現在のところ写真撮影が最適であると考えられる。本研究では、基本的には図-1に示した予測手法に基づくこととして、切羽写真から大きな不連続面を抽出し、切羽前方の地質状態の推定ができないかどうかの検討を行った。

2-2. パソコンを用いた切羽情報の整理と利用

後に述べる切羽の記録写真から不連続面を抽出し、不連続面を3次元の座標で取り扱うため、トンネル路線上に座標原点及び座標軸を設定した。

不連続面は3点(X_1, Y_1, Z_1), (X_2, Y_2, Z_2),

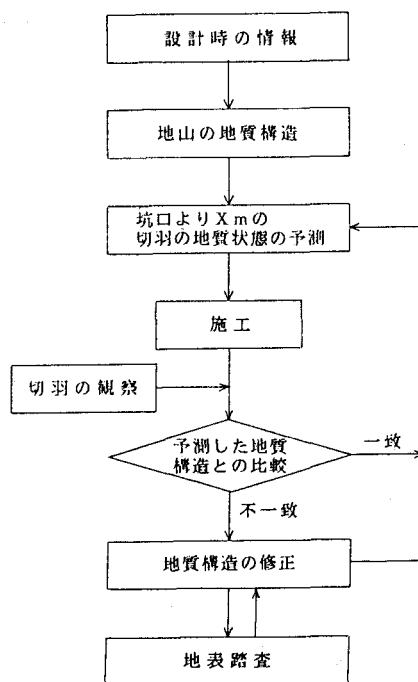


図-1. 地質予測手法の概念

(X_3, Y_3, Z_3)で表される座標を、連立3元1次方程式($aX_1 + bY_1 + cZ_1 = 1, aX_2 + bY_2 + cZ_2 = 1, aX_3 + bY_3 + cZ_3 = 1$)を用いて表す平面とし、各係数(a, b, c)を算出した後、任意の掘進距離による予想断面を表示するようにした。

1). 座標原点及び座標軸の設定

座標原点は図-2に示すように坑口のS・L中央点とし、真北に直角な水平軸をX軸、鉛直軸をY軸、真北方向をZ軸とした。

2). 不連続線の座標読み取り

図-3(A)のA切羽に示すように、切羽外円及び底面と不連続面が交差する2点の座標P($\Delta X_1, \Delta Y_1$), Q($\Delta X_2, \Delta Y_2$)を求め、座標原点からの掘進距離を補正したものを、その切羽での不連続面の交線の新しい座標P(X_{A1}, Y_{A1}, Z_{A1}), Q(X_{A2}, Y_{A2}, Z_{A2})とした。

3). 不連続面の係数の算定

図-3(A)に示すように、A切羽とB切羽の連続した切羽に同一の不連続面の交線と推定されるものが現れた場合、点P, Q, R, Sによって作られる面を不連続面として係数を算定し、C切羽での座標を求め不連続面の予測を行った。また、図-3(B)に示すように、A切羽にない不連続面がB切羽に現れた場合は、これまでの不連続面の傾向や地山の性状から走向・傾斜を設定し、点L, M, Nによって作られる面を不連続面として係数を算定した。

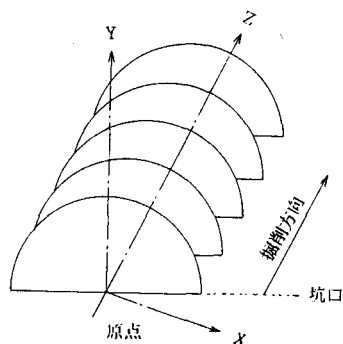
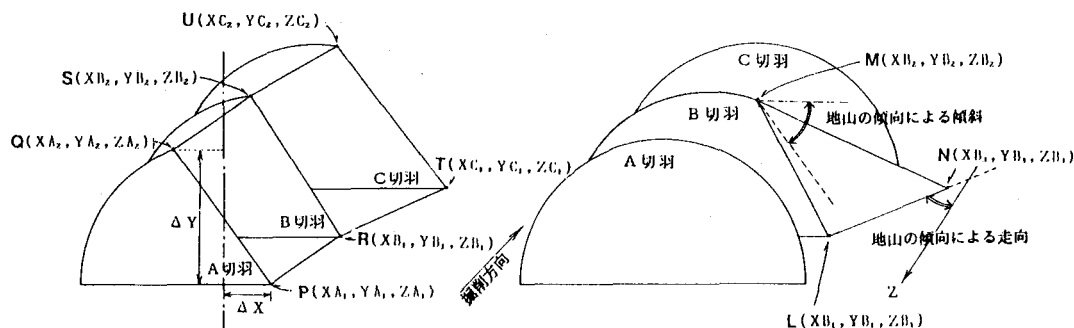


図-2. 座標軸の設定



A. 連続して現れる不連続面

B. 前後に現れない不連続面

図-3. 不連続面の状態

4). 予想断面の表示

未掘削部における任意の地点の予想断面を得る場合には、その地点の坑口からの距離を入力することにより、断面が2次的にディスプレイに表示されるようにした。なお、掘削後に実際の切羽データを入力すれば画面を切り換えることによって予想断面と掘削断面を比較することが可能である。

3. 切羽情報収集のための撮影手法

3-1. 写真撮影技法の改善

当初はストロボ使用を中心に撮影を行ったが、切羽情報としては十分な画像が得られなかった。三脚を用いて自動露出という条件で撮影を行うと、鮮明な写真を得ることができた。色調は切羽と多少異なることもあるが、不連続面の抽出に関してはこの撮影技法で十分であると判断し、この撮影方法で情報を収集した。

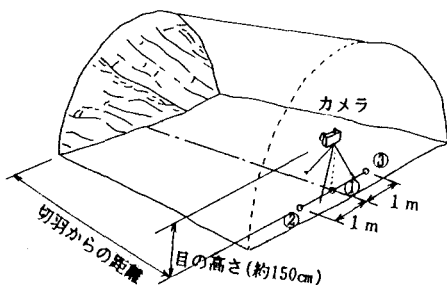


図-4. ステレオ写真撮影の状態

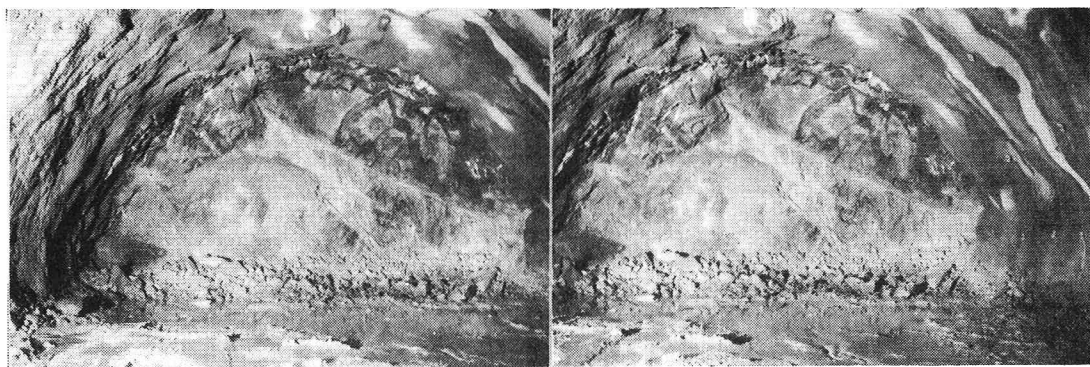
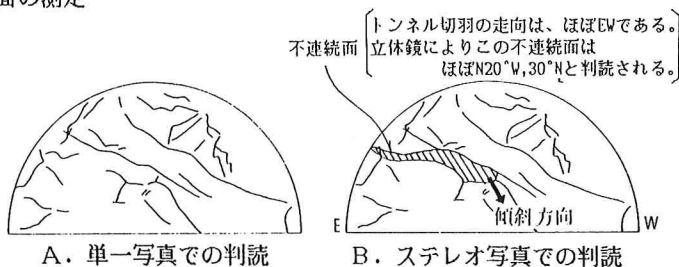


写真-1. ステレオ写真

3-2. ステレオ写真からの不連続面の測定

切羽での単一写真では、不連続面の3次元的な情報（走向・傾斜等）は得られない。また前述したように、切羽で走向・傾斜を測定することは不可能なことが多いが、ステレオ写真（写真-1 参照）を撮ることによって、机上で3次元的な情報を得ることにした。このステレオ写真は、写真測量のように正確・厳密なものではなく、一般のカメラで、しかも三脚を用い容易に撮影できる方法である。すなわち、図-4に示すように、切羽全体が撮影できる距離から、トンネル中心の位置、及び中心から左右に等間隔に数mずつ隔てた位置での合計3枚を撮影記録することにした。これによれば、図-5に示すように単一写真よりもステレオ写真の方が詳細な情報の収集が可能となる。

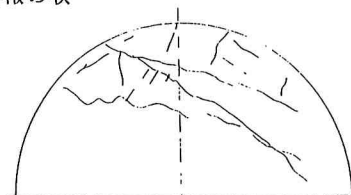
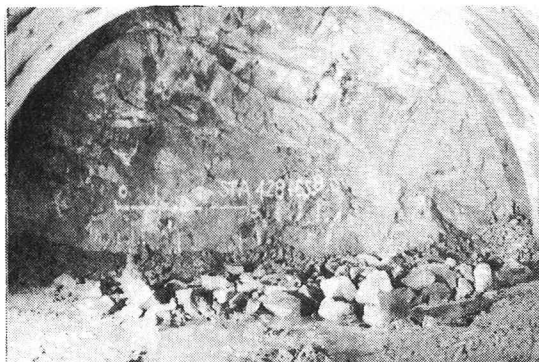
なお、図-6に示したように画像処理システムを利用した不連続面の抽出の可能性についても検討中である。



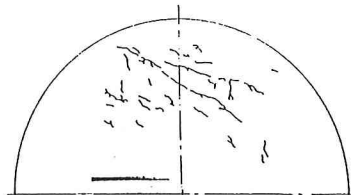
A. 単一写真での判読

B. ステレオ写真での判読

図-5. 写真からの不連続面の抽出



A. 目視により判読した不連続線



B. 画像処理により抽出された不連続線

図-6. 切羽写真の画像処理

4. 地質予測の実施例

図-7に予想断面と掘削断面の表示例を示す。この例は、予想断面では3本の大きな不連続面No.4, No.5, No.6を推定したが、実際に掘削して観察した結果No.4, No.5の不連続面は推定どおり出現している。しかし、No.6の不連続面は現れず、新しくNo.7の不連続面が出現したことを示している。このように、前後の

切羽に連続して現れない不連続面の存在については、

- ① 観察された両切羽面間での地質状態の変化
- ② 切羽写真情報には表現されない切羽面と同じ走向・傾斜をもつ不連続面の存在

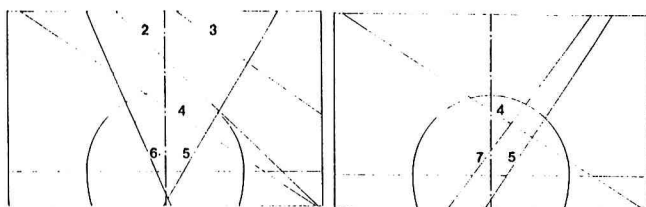
等が考えられる。前者については、事前調査結果や地表踏査によるデータをフィードバックして再解釈する。後者については、今後のデータ収集法の改善により精度は向上するであろう。写真-2は、花崗閃緑岩地帯を貫く施工中のトンネルにおいて本手法を適用した例である。右側が掘削断面の写真から抽出した不連続面をデータとして入力し、表示させたものである。左側は入力された切羽情報を前述の手法で解析し、切羽での不連続面の出現状態を予測したものである。同じ不連続面と判定されるものは同番号で示してある。本例では、予測した不連続面が出現しない場合もあったが、これは切羽面と同じ方向をもつ断層が存在しているためと解釈される。大きな不連続面であるNo23については、良い予測結果が得られている。

5. おわりに

本報告では、切羽写真から不連続面の抽出を行い、地山の地質構造と比較しながら未掘削部の切羽の地質状態の予測手法を述べ、実施例によって検証を行った。その結果、切羽写真に基づいた不連続面による地質構造の予測がある程度可能であることが判明した。今後は岩種・湧水状態等の情報と、現地調査結果等の情報を加味することにより、より確信度の高い予測が可能であると考えられる。

<参考文献>

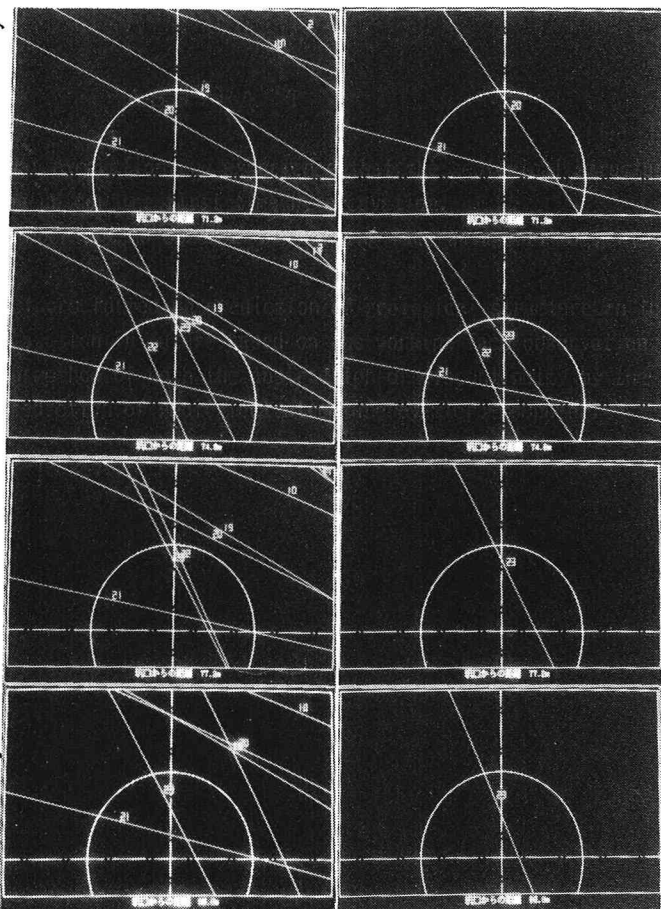
- 1). 日本トンネル技術協会: 山岳トンネル技術に関する意識調査報告書, 1985.3
- 2). 中澤・山本・上田: トンネル切羽観察を利用した未掘削部地盤の推定について, 第18回土質工学研究発表会, pp113~144, 1986.6
- 3). 土木学会: トンネルにおける調査・計測の評価と利用, 1987.9
- 4). 日本写真測量学会編: 写真による三次元測定, 共立出版(株), 1983.6



A. 予想断面

B. 掘削断面

図-7. 予想断面及び掘削断面の出力例



A. 予想断面

B. 掘削断面

写真-2. 地質予測の出力例

(49) Prediction of Geological Structure by Means
of Tunnel Working Face Observation

by

Toshio Yamamoto, Takaharu Yunoki, Setsu Wada and Juichi Nakazawa

(Technical Research Laboratory. KONOIKE Construction Co.,Ltd.)

ABSTRACT

In the process of tunnel excavation, we experience that the geological structure around the tunnel is cleared up for the first time by excavation.

Therefore, it is very important to observe the working face as a sort of geological outcrop.

For this reason, the authors formed an prediction of geological structure in the site of the tunnel which excavation in future based on the working face observation.

This paper mentions the method of both the abstraction of discontinuity by the stereophotography and the prediction of geological structure by micro-computer.