

切羽観察における地質構造の合理的な走向傾斜評価法

川崎地質(株) 正会員 川久保昌平
川崎地質(株) 正会員 森口 安宏

1. 目的

山岳トンネル施工において実施される切羽観察は、情報化施工が進む中において人為的な手間や時間がかかる作業となっている。切羽観察の精度も調査技術者の経験的な技量に依存するところが極めて大きい。また、トンネルの地質調査分野でも技術の継承、技術者不足、コストの削減といった社会的問題を抱えており、合理的で効率の良い観察手法の確立が必要となっている。本論文では山岳トンネルの切羽観察において、亀裂や断層等の地質構造を迅速かつ精度よく行うことのできる有効な一手法を提案するものである。

2. 切羽観察の現状と問題点

切羽観察が熟練を要する作業である要因として、次の事項が挙げられる。

- ・ アーチの曲面に出現する亀裂、断層等(以下、地質)の見かけ分布から3次元の分布を短時間でイメージしなくてはならない
- ・ 安全上切羽に接近できないため、クリノメータやハンマーを直接用いて観察できない
- ・ コンクリート吹付け、ロックボルト打設等の後続作業のため、観察時間が極めて短時間に制約される

この他、低角度亀裂などはクリノメータを用いずに走向傾斜を求めることは熟練者といえども困難である。このような問題を克服するには、地山に極力触れることを少なくしても地質を把握する方法を見出すことである。そこで、本論文ではスケッチで得られた地質の軌跡から、走向傾斜を数学的・統計的手法を用いて求める方法を述べる。

3. 走向傾斜の解析

一般に地質は蛇行して複雑な曲面を形成しているが、一掘進長(通常、数m)あたりでは十分に平面として近似することができる。その場合の平面は図-1のように切片が a, b, c であるとし、次式で表すことができる。

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1. \tag{1}$$

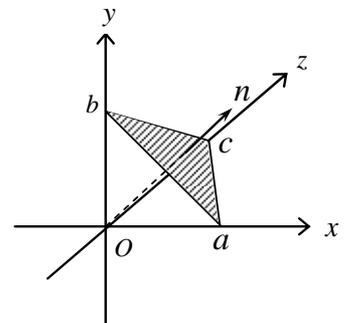


図-1 平面と座標軸

ここに、各定数は3組の座標を与えれば決定されるが、解析精度向上のため多変量解析の手法を導入してN組とすることにすれば、式(1)に対して次の正規方程式を得られる。定数はこの連立方程式を解くことで求められる¹⁾。

$$\frac{1}{a} \sum_{i=1}^N z_i x_i + \frac{1}{b} \sum_{i=1}^N y_i z_i + \frac{1}{c} \sum_{i=1}^N z_i^2 = \sum_{i=1}^N z_i, \quad \frac{1}{a} \sum_{i=1}^N x_i y_i + \frac{1}{b} \sum_{i=1}^N y_i^2 + \frac{1}{c} \sum_{i=1}^N y_i z_i = \sum_{i=1}^N y_i, \quad \frac{1}{a} \sum_{i=1}^N x_i^2 + \frac{1}{b} \sum_{i=1}^N x_i y_i + \frac{1}{c} \sum_{i=1}^N z_i x_i = \sum_{i=1}^N x_i. \tag{2}$$

本論文ではトンネルが幌形であるとし、座標系を図-2のようにとることにする。また、切羽スケッチで亀裂が図-4のように与えられたとき、亀裂の座標及び再現されるべき軌跡は表-1のようになる。

4. 解析例

トンネル諸元が表-2のように与えられたとする。亀裂、は図中ので座標を読み取り、式(2)によって計算すると平面および走向傾斜は表-4のように、再現亀裂が図-5のように得られた。

キーワード 山岳トンネル, 情報化施工, 切羽観察, 地質構造, 走向傾斜

連絡先 〒108-8337 東京都港区三田 2-11-15 川崎地質(株) 事業本部 保全・エネルギー部 TEL03-5445-2082

表 - 1 座標の与え方と平面の軌跡

部位	座標	軌跡方程式
切羽面	$x_i,$ $y_i,$ $z_i = z_0.$	$y = b \left(1 - \frac{z_0 - x}{c} - \frac{x}{a} \right).$
左右肩	$x_i = r \cos \theta_i,$ $y_i = r \sin \theta_i + l,$ $z_i = z_0 - t_i.$	$z = c \left\{ 1 - \frac{l}{b} - r \left(\frac{\cos \theta}{a} + \frac{\sin \theta}{b} \right) \right\}.$
左右側壁	$x_i = \pm r,$ $y_i,$ $z_i = z_0 - t_i.$	$z = c \left(1 \mp \frac{r}{a} - \frac{y}{b} \right).$

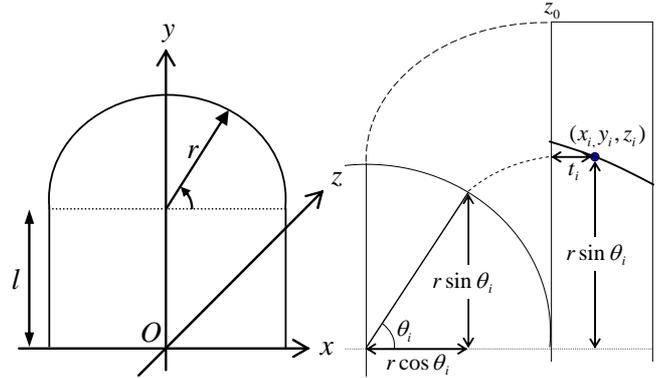


図 - 2 トンネルの座標系 図 - 3 座標のとり方

表 - 2 解析条件

諸元	値
トンネル軸方位	232°
距離呈 (T.D.)	100.20m
r	3.30m
l	2.70m
進行長	3.00m

N から時計回りを正とする

表 - 4 解析亀裂(平面)

亀裂	a	b	c	走向傾斜
	11.77	-10.42	63.68	N42E42SE
	-35.93	-46.48	90.01	N74E54NW
	243.37	818.65	99.61	N16W84SW

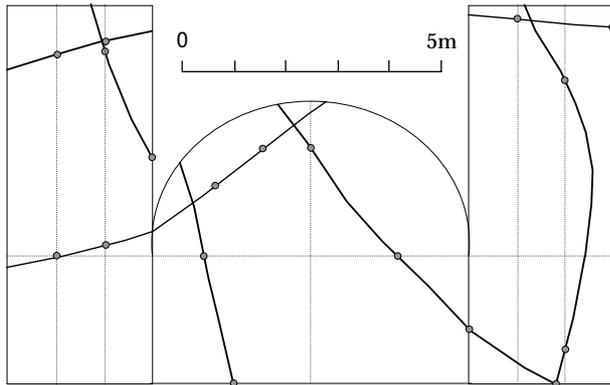


図 - 4 亀裂のトレース

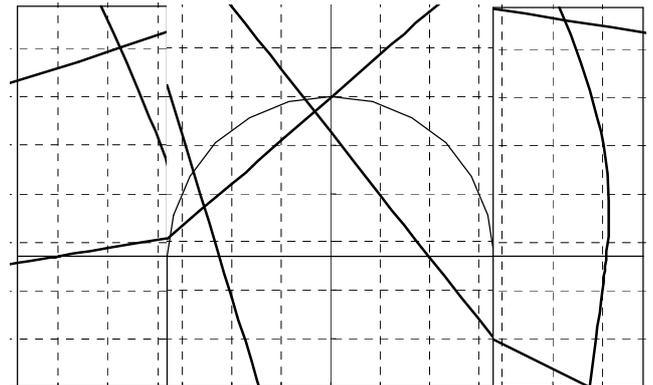


図 - 5 再現された亀裂

図 - 4 と図 - 5 を比較すると、軌跡は切羽面や側壁面上で直線に、肩部では滑らかなサインカーブに変換されているが、全体に当初の亀裂がほぼ再現されている。もし、再現されない場合は 1) 入力座標に誤りがある, 2) 与えた座標に偏りがある, 3) トレースが幾何学上矛盾している, のいずれかである場合が多い。

このように平面が決定されることによって、キーブロック解析や切羽前方の地質を予測することができる。以上の解析フローを図 - 6 にまとめた。

5. 結言

切羽観察では常に理想的なトレースがなされるとは限らない。そのため本解析では確率・統計的手法を用いて座標を多点入力し、幾何学的に最も確からしい平面が得られるように配慮した。この手法が切羽観察や地山評価のための有効なツールとなれば幸いである。

参考文献

- 1) 初等統計学, P.G.ホーエル, pp.258-261, 1963, 培風館。

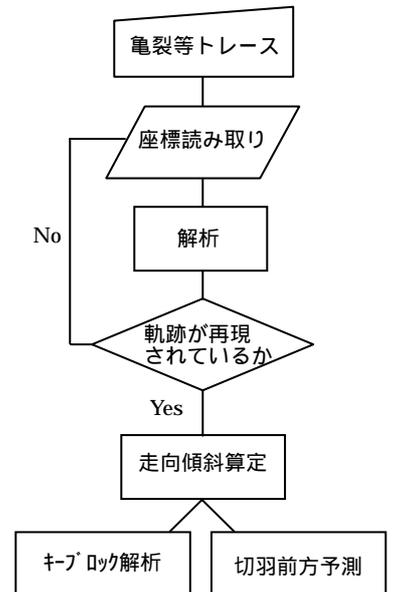


図 - 6 解析のフロー