

## III- 112

## 切羽観察記録を用いたトンネルの切羽と天端の安定のための管理手法

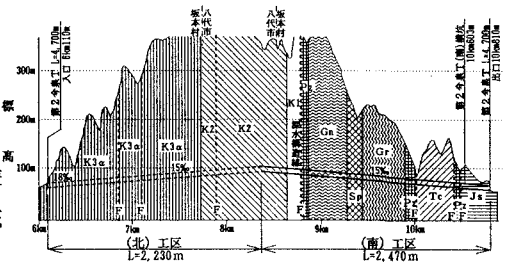
|          |         |      |    |
|----------|---------|------|----|
| 日本鉄道建設公団 | 八代鉄道建設所 | 大森   | 紀義 |
| 飛島建設㈱    | 九州支店    | 大和   | 敏郎 |
| 飛島建設㈱    | 構造技術部   | 正 近久 | 博志 |
| 飛島建設㈱    | 構造技術部   | 正○筒井 | 雅行 |

## 1. はじめに

筆者らは、トンネル施工における掘削後の切羽の安定に関して、施工中の計測結果を基にした、対策工選定支援システムの研究を行ってきた<sup>1)</sup>。本報告では、九州新幹線第2号泉トンネルにおいて、ファジィ推論を用いて、施工中の切羽観察記録を切羽と天端の安定のための補助工法の選定にフィードバックする手法とその適用性について述べる。

## 2. 第2今泉トンネルの概要

第2号泉トンネルは、九州新幹線鹿児島ルートの一宮～新水俣間のうち一宮寄りに位置する延長約4,700mの新幹線複線型のトンネルである。トンネル施工位置は、「黒瀬川構造帯」と呼ばれる地域で、破碎の著しい中古生層堆積岩、花崗岩類、片麻岩、蛇紋岩等の多種多様の岩盤が帯状に分布している。図-1に地質縦断図を、表-1に地質概要を示す。



图一 1 地質縱断図

表-1 地質概要

| 地質年代            | 地層名    | 記号  | 地質構成         |
|-----------------|--------|-----|--------------|
| 中生代             | 白垩紀    | K3e | 頁岩、砂岩、礫岩     |
|                 | 白垩山層   | K2  | 砂岩、頁岩        |
|                 | 川口層    | K1  | 砂岩、礫岩、頁岩     |
|                 | 飯本層    | Js  | 頁岩、砂岩        |
|                 | 三疊紀    | Tc  | 頁岩、砂岩        |
| 古生代             | 二疊紀    | Pz  | 砂岩、板岩、礫岩、石灰岩 |
| 中生代<br>~<br>古生代 | 時代表群   |     | 蛇紋岩、變輝綠岩     |
|                 | 八代片麻岩層 | Gr  | 花崗岩、花崗閃長岩    |
|                 | 八代片麻岩層 | Gn  | 花崗片麻岩、變角閃岩   |

表一 2 計測管理表

[illegible]

#### 4. トンネル掘削時の計測結果

掘削時には、次のような切羽と天端の自立性不足に起因する現象に遭遇した。

※ほとんどの切羽での肌落ち(Ⅰa・Ⅱ)や小崩落(Ⅰa・Ⅲ)

これに対して、支保部材施工後の内空変位等の変位挙動は、バルクコンクリートの硬化に伴って、Ⅰ～Ⅱの安定した状態にあった。

## 5. 切羽観察記録からの補助工法の選定<sup>1)</sup>

7)γ7イ推論法を用いて、切羽観察記録から補助工法を採用するための指標を求める。ここでは、掘削の終了した調査坑切羽げ区間(10k458m～10k603m)における計測データを例にして図-2、図-3に示した補助工法の選定を考える。

①数量化理論第Ⅱ類を用いて、要因分析を行う(表-3、

図-4に分析結果)。このとき、説明変数と外的基準は次のようにする。

(1)説明変数：切羽観察記録の「圧縮強度」、「風化・変質」、「割れ目頻度」、「割れ目状態」、「割れ目形態」、「湧水」

(2) 外的基準：「地山の變狀の有無」(切羽と天端の變狀に

表-3 回帰係数と相関係数

| 因子       | 1     | 2      | 3      | 4      | 単相関係数  | 偏相関係数   |
|----------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| A 圧縮強度   | —     | -0.047 | 0.006  | 0.077  | -0.329 | 0.225   |
| D 風化・変質  | —     | 0.243  | 0.193  | -0.449 | 0.920  | 0.684 * |
| E 割れ目の頻度 | —     | 0.143  | 0.224  | -0.428 | 0.908  | 0.680 * |
| F 割れ目の状態 | —     | -0.103 | 0.146  | -0.147 | -0.118 | 0.632 * |
| G 割れ目の形態 | —     | —      | 0.207  | -0.290 | 0.917  | 0.575 * |
| H 湧水     | 0.056 | 0.217  | -0.354 | —      | 0.877  | 0.654 * |

注) \*は、偏相関係数がF分布による検定で5%有意である因子を表す。

注)\*は、偏相関係数がF分布による検定で5%有意である7行を表す。

については、相互に影響し合う要素が大きいと考えるので、「切羽の状態」と「素掘面の状態」の注意レベルの合計が6の断面を変状有りとした。)

- ②①の分析結果から、サツル値に対する地山の状態の注意レベルの発生割合(図-5)を、前件部(地山の状態)の帰属度関数とする。
- ③補助工法の実施度合いを図-6のように定義する(後件部の帰属度関数)。そして、同種地山での工事のデータから分析した推論の基本ルール(表-4)をそのまま用いることとする。
- ④本坑施工時の切羽観察記録から、地山の状態の注意レベルに対する適合度を図-5から求め、表-4の基本ルールに基づいた推論結果(各補助工法の実施度合いの指標)を得る(表-5)。

分析対象区間で遭遇した地山の状態の注意レベルはⅡまたはⅢであり、それらが明確に区分されることから、切羽観察記録に対する地山の状態の注意レベル(ⅡあるいはⅢ)の帰属度は1.0または0.0となる。

しかしながら、本手法は地質の変化がさらに著しくなってくるような場合や現場技術者の主観による判断基準の曖昧さを考慮する必要がある場合に対してはさらに効果的な手法となるものと考えられる。

## 6. おわりに

ここでは、第2今泉トンネルを例にして、トンネルの切羽と天端の安定のための補助工法の選定に対するファジィ推論の適用性を検討した。今後さらに改良を加え、データの蓄積を行うことによって本ファジィ推論法は実用的な手法となるものと考えられる。

【参考文献】1) 近久、荒井、筒井、清水:「トンネルの対策工選定支援システムのためのデータベースとファジィ理論」、土木学会トンネル工学研究発表会論文報告集、第1巻、pp. 71-76、1991。2) 「合理的トンネル設計施工のための諸測定」の調査研究報告書」、日本トンネル技術協会、1988。3

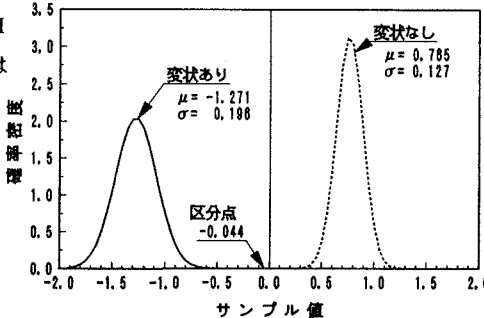


図-4 切羽観察記録と地山変状の分析結果

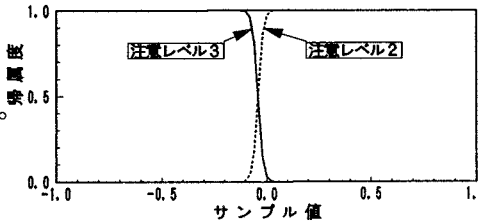


図-5 地山の状態の帰属度関数

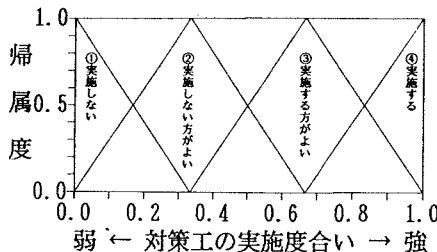


図-6 後件部の帰属度関数

表-4 推論の基本ルール

| 注意レベル        | I | II | III | IV |
|--------------|---|----|-----|----|
| A) 鏡吹付けコクリット | ① | ②  | ④   | ④  |
| B) 鏡ボルト      | ① | ②  | ③   | ④  |
| C) リングカット    | ① | ①  | ②   | ③  |
| D) 地盤改良工法    | ① | ①  | ②   | ③  |

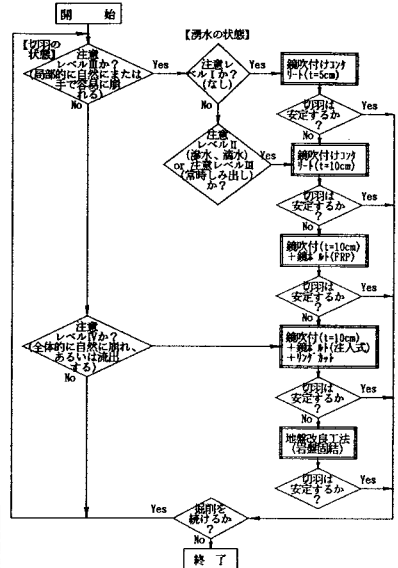


図-2 切羽の安定のための補助工法フローチャート

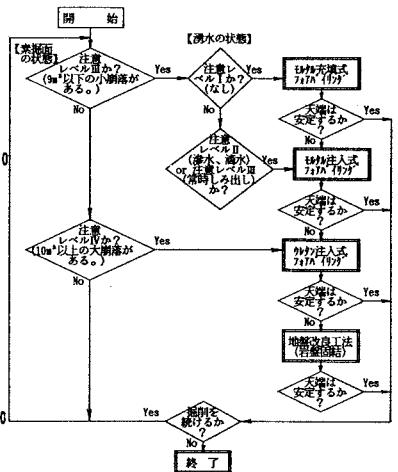


図-3 天端の安定のための補助工法フローチャート

表-5 推論結果(重心法)

| 断面(10k+)   | 624m | 555m | 464m |
|------------|------|------|------|
| 切羽         |      |      |      |
| 圧縮強度       | 3    | 2    | 4    |
| 風化・変質      | 4    | 2    | 4    |
| 割れ目の頻度     | 4    | 2    | 4    |
| 割れ目の状態     | 3    | 2    | 4    |
| 湧水         | 3    | 2    | 3    |
| サンプル値      | -1.4 | 0.66 | -1.6 |
| 適合度        |      |      |      |
| 注意レベルⅡ     | 0.0  | 1.0  | 0.0  |
| 注意レベルⅢ     | 1.0  | 0.0  | 1.0  |
| 推論結果       |      |      |      |
| A) 鏡吹付けCON | 0.89 | 0.33 | 0.89 |
| B) 鏡ボルト    | 0.67 | 0.33 | 0.67 |
| C) リングカット  | 0.33 | 0.11 | 0.33 |
| D) 地盤改良    | 0.33 | 0.11 | 0.33 |
| 採用した補助工法   | A    | —    | A+B  |