

# 地山の比抵抗調査結果を用いたトンネル湧水予測システムに関する研究

## Empirical prediction system of groundwater inflow during excavation

神村 大介 (Daisuke KAMIMURA)

**Abstract:** Tunnels excavated in a mountain regions frequently encounter huge amount of groundwater inflows which are confined in geological discontinuities. Those groundwater inflows consequently cause significant extension of construction time, increase of cost and environmental problems. It is not easy, however, to predict the amount and locations of groundwater inflow by a conventional method due to a complexity of groundwater flow. In order to solve this difficulty it is necessary to construct a prediction system which is easy to be applicable and has capability to obtain the accurate solution. The ground model in this system is established by using a resistivity of bedrock and improved by using the information which is obtained in excavation.

### 1. はじめに

トンネル湧水の問題はトンネルが地下水面下に施工される限り避けられない問題であり、トンネル工事の成否を左右する重要な要素ともいえる。トンネルへの湧水は地山の性状を著しく劣悪にし、切羽の作業能率や坑内運搬能力を著しく低下させるなど、設計・施工に大きな関わりを持っている。したがって事前に湧水予測を行い、多量の湧水が生じる可能性がある箇所には対策を講じる必要がある。

そこで本研究では、簡易にかつ一次的近似として十分な精度で湧水予測を行うシステムを提案することを目的として検討を行った。

### 2. 湧水量予測システム

#### 2.1 湧水量予測モデルの作成

まず、比抵抗調査結果をもとにトンネル縦断面における比抵抗分布図を作成する。次に、比抵抗値を透水係数に変換することによってトンネル縦断面における透水係数分布図を作成する。そしてトンネル横断面方向に延長することによって3次元湧水量予測モデルを作成する(図1参照)。

このとき、比抵抗値を透水係数に変換する方法については次のような方法を用いた。まず、比抵抗値を透水係数に変換する関係式として  $k=a \cdot \exp(br)$  という形の関係式をおく<sup>1)</sup>。ここで、 $k$  は透水係数、 $r$  は比抵抗値を表しており、 $a, b$  はそれぞれ任意の定数である。2つの定数  $a, b$  の値によって様々な予測モデ

ルが作成されることになるが、湧水量予測をより正確に行うためには2つの定数を合理的な値に設定する必要がある。そこで、トンネル掘削のある段階での実測の湧水量と2つの定数に適当な値を代入することにより算定した湧水量とを比較して誤差の評価を行い、誤差が大きい場合には定数の値を設定しなおして再度計算を行う。このようにして最も適合する  $r-k$  の関係式を決定する。

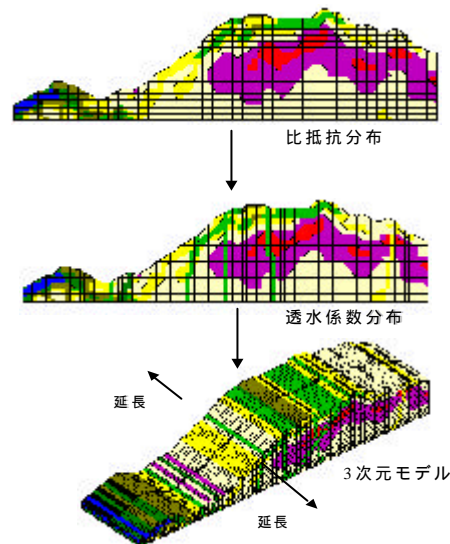


図1 湧水予測モデル作成の手順

#### 2.2 透水係数値の更新

まず、検討対象領域を100mごとに分割して  $r-k$  の関係式の評価を行うための区間を設定する。そして切羽が一区間進行するごとに作成した  $r-k$  関係式を用いて推定した湧水量と実測湧水量とを、比較す

ることによって作成した関係式の妥当性を評価し、関係式更新の要否を判定する。そして必要であれば関係式の更新を行い次段階の掘削時に発生する湧水を予測する。以下この手順を繰り返すことにより各段階で最善の湧水予測関係式を用いて次段階以降の湧水予測を行う。このように、この方法は掘削の進捗に伴って得られる情報を逐次フィードバックすることにより予測精度の向上を図る方法となっている。

### 3. 湧水量予測システムの適用結果

#### 3.1 検討対象トンネル

このシステムを、現在掘削が進められている箕面トンネル・稲荷山トンネルに適用し、システムの妥当性について検討を行った。

#### 3.2 検討結果

図2、図3は各区間で得られた透水係数を用いて全域の湧水予測を行った結果で、図2が箕面トンネル、図3が稲荷山トンネルにおける結果である。これらより掘削の進行とともに関係式の更新が行われ、予測精度が改善されていることが判明した。

なお、 $r-k$  関係式の更新により透水係数分布が更新されることになるが、箕面トンネルにおける初期モデルと最終モデルを図4に示す。初期段階では検知できなかった地山の局所的な水理特性を、掘削に伴って実測湧水量をもとに地山の透水係数を見直し、より正確な湧水量予測ができた。

### 4. おわりに

本研究では、トンネル掘削時に得られる情報をフィードバックすることにより、比抵抗 透水係数関係式を逐次更新していくシステムを開発し、異なる2ヶ所のトンネルに対して適用した。その結果、関係式を逐次更新することにより予測精度の向上がみられた。また、一次的な予測としては十分な精度で予測可能であることが判明した。なお、本システムは、原位置での詳細な透水試験も大規模な3次元浸透流解析も必要としない方法であることから、実用的な方法であると考えられる。

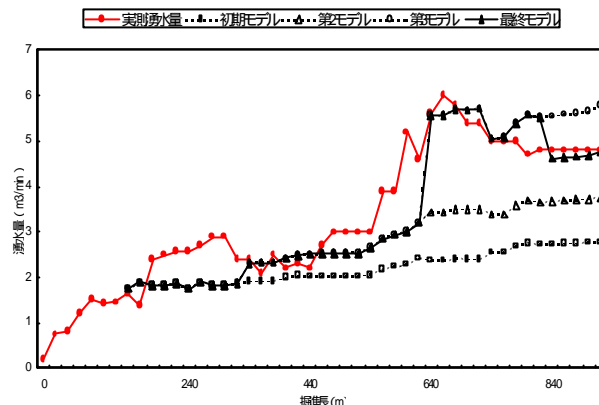


図2 予測湧水量と実測湧水量の比較(箕面トンネル)

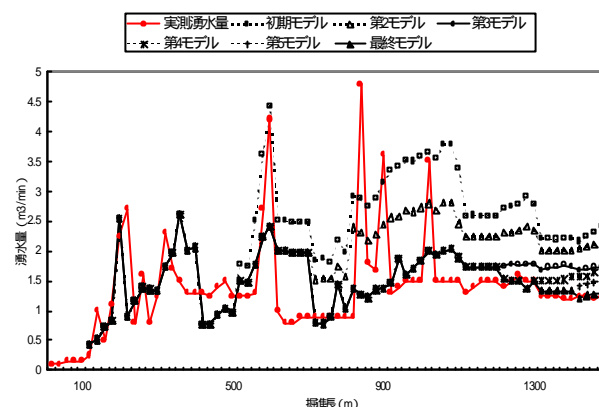


図3 予測湧水量と実測湧水量の比較(稲荷山トンネル)

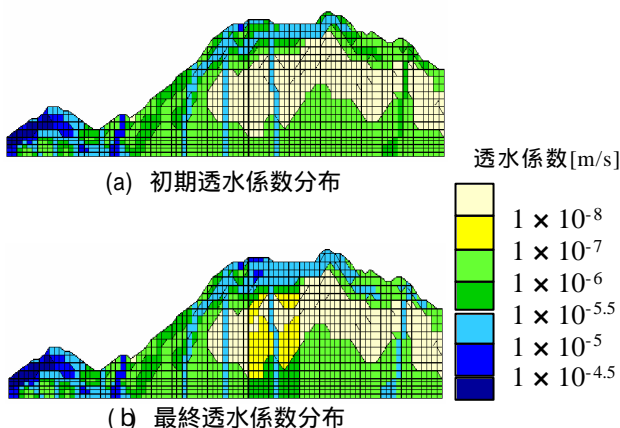


図4 透水係数分布の変化(箕面トンネル)

#### 参考文献

- 1) ARCHIE.G.E.(1942) : The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics (AIME No.146)

#### 指導教官

青木謙治教授、新苗正和助教授、水戸義忠助手