

GISを用いたトンネル建設の地下水挙動に及ぼす影響予測手法の開発

九州大学工学部 学生会員 ○竹山 瑠奈 九州大学大学院 正会員 江崎 哲郎
九州大学大学院 正会員 周 国云 九州大学大学院 非会員 津島 博志

1. はじめに

近年、トンネル工事において環境問題が一段と重要視されており、従来のような設計や施工に関わる湧水の定量的予測だけでなく、トンネル掘削によって周辺地域での地下水にどのような影響が現れるか、的確な予測が要求される時代になっている。そのため、トンネル工事中および供用後の水循環系を総合的に捉え、トンネル建設による環境への影響を精度よく予測し、環境保全と被害防止策を図ることが肝要となる。

トンネル湧水・渇水問題に対する水文学の調査は、阿部¹⁾により初めて行われた。地下水・地表水を一体とした水循環の概念が適用され、トンネル湧水量と地表水の水収支から地下水貯留量や渇水範囲を論じた研究が行われた。このような考え方はその後、高橋²⁾の水文学的方法へと発展し、さらに大島³⁾によって総合体系化されて、多くのトンネルで用いられて発展してきたが、これらの手法の問題点と改良点は以下の通りである。

- ①解析領域の設定には、地表の流域境界を考慮しておらず水収支の境界条件が厳密でない。そのため、トンネル周辺の流域境界を考慮し、地表からの浸透量を厳密に算出する。
- ②深さ方向に掘られた井戸に適用すべき湧水の式を、水平方向に掘られるトンネルに適用しているため、概略湧水量の推定しかできない。また掘削過程や湧水位置を考慮できない。そこで、トンネルの天盤・側壁・底盤からの湧水量を数値解析により算出し、さらにはトンネル掘削過程をも考慮可能にする。

本研究では、上記の観点からトンネル工事に伴うトンネル湧水量、地下水位などの時空変化を定量的に捉え、トンネル工事の影響を判断しうる新しい影響予測手法を開発する。

2. 地下水挙動の影響予測手法の開発

開発するシステムは Fig.1 に示すように、GIS 解析を中心に水収支解析・地下水流動解析を統合することで、

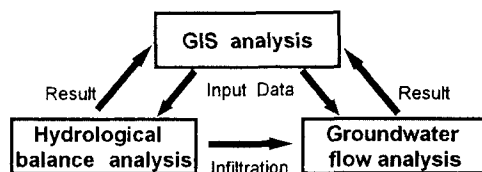


Fig.1 Unification of the system.

より精度の高い予測システムを構築する。GIS で準備する諸データを使って水収支解析および地下水流動解析を行う。前者では降雨による流出、蒸発散と涵養、後者では湧水と地下水位低下の各数量を時間、空間で算出する。そして得られた結果を GIS を用いて効果的に表示し、トンネル建設の地下水挙動に及ぼす影響予測を時空的に求めて可視化する。

2. 1 GIS 解析

GIS 解析の中では、解析に必要な諸データの準備のためのプリプロセッシング機能、解析結果の処理のためのポストプロセッシング機能の 2 つに大別される。

前者においては、解析に必要なトンネルや断層の位置データ、3 次元モデルの座標データなどの管理と解析における効率化を図り、水収支解析や地下水流動解析を行うための解析領域を設定する。地形は数値標高モデルを用いて空間的な精細さと構造を保った空間モデルを作成、河川や気象観測所などのベンチマークなどもその位置を正確に示す。そして、流域の算出には GIS の水理解析機能を用いて、河川や標高データから流域を算出する。

後者においては、解析結果として地下水位低下量と地下水位低下影響範囲を可視化し表示する。さらには土地情報地図や住宅地図などの社会環境に関する情報を影響範囲と照らし合わせ検討することができる。

2. 2 水収支解析

水収支解析では流出量、蒸発散量の算出と涵養量の算出が行われる。蒸発散量は、ペンマン法を用いる。これはアルベドや大気圏外日射量などの諸定数を設定し、アメダス観測データおよび気象庁年報から気象データ(気温・湿度・日照時間・風速)を取り出し、蒸発

散量を求める手法である。アルベドは土地利用状況を GIS 上に表示させ、土地利用ごとのアルベドをその面積で重み付けし、解析領域内での土地利用を考慮した代表アルベドを算出する。

涵養量の算出には4段タンクモデル(Fig.2)を使用する。タンクモデルは、菅原⁴⁾が開発した降雨量から流出、流入量を求める流出解析法である。流出機構をいくつかの貯留型タンクの組み合わせによってモデル化し、水収支や水循環を容易に説明でき、また流出計算の適合性も比較的良好、多くの実績がある。おおよそ、1段目のタンクからの流出を表面流出、2段目3段目を中間流出、そして4段目を基底流出と考える。また3段目のタンクからの浸透量を涵養量と設定する。そして、蒸発散量、降雨量、河川流量を入力し、実測値である河川流量とタンクモデルによって計算された流量を各タンクの流出係数・浸透係数を調整して一致させ、涵養量を算出する。

2.3 地下水流動解析

地下水流動解析を行うために、トンネルとその周辺地形を Fig.3 のようにモデル化する。境界条件としてモデル上面を地表、側面を河川(水頭固定)、尾根線(不透水境界)を用いて設定する。GIS とモデルとの間でインターフェースを構築し、地形の座標値や標高値、初期地下水位面を GIS から抽出可能にする。そして、トンネルの天盤・側壁・底盤からの湧水量を算出し、掘削過程を考慮しながら地下水挙動を求める。Fig.4 は Fig.3 の斜線部分の領域を拡大したものである。

3. まとめ

提案した手法は、GIS 解析を中心に水収支解析と地下水流動解析を統合したシステムの構築によって、トンネル全体の湧水量、トンネルの任意の点・区間における湧水量や切羽面での湧水量、そして掘削工程を考慮した湧水量など様々な条件についての湧水量を算出できるので、工事における具体的な湧水対策に寄与する。さらに、求まる地下水位低下量から GIS を用いてその影響範囲を求め、土地利用や地形地質条件による地下水位低下量の比較予測や、地下水位の低下による井戸水や灌漑用水などに及ぼす影響を予測し、地域住民へのトンネル工事における影響評価の資料作成を支援する影響予測システムとなる。

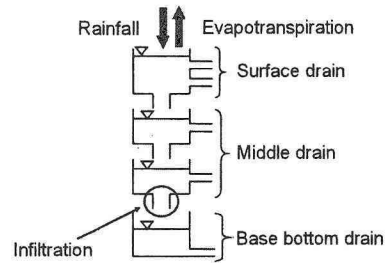


Fig.2 Tank model.

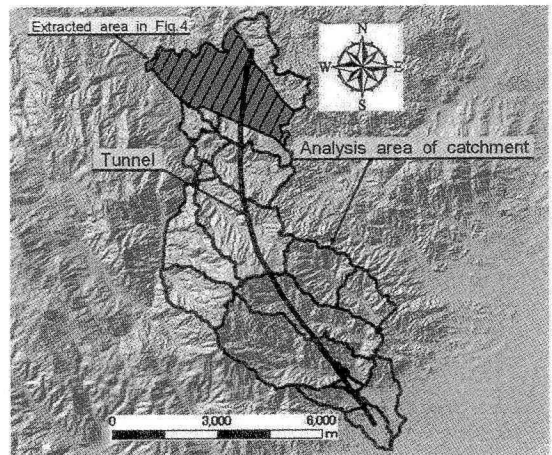


Fig.3 Tunnel circumference geographical features.

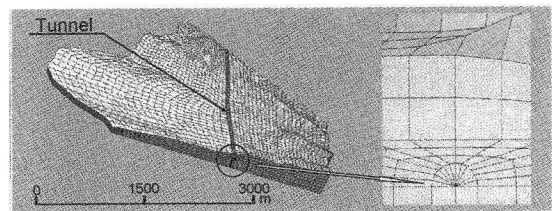


Fig.4 A part of 3D model for groundwater analysis.

4. 謝辞

本研究を遂行するにあたって、資料を提供していただいた鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部九州新幹線建設局 鳥栖鉄道建設所および応用地質株式会社に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1)阿部謙夫：水文学，岩波書店，1933。
- 2)高橋彦治：トンネル湧水に関する応用地質学的考察，鉄建報告，No.279，pp.16-29，1962。
- 3)大島洋志：トンネル掘削に伴う湧水とそれに伴う水収支変化に関する水文地質学的研究，鉄建報告，No.1228，pp.5-21，1983。
- 4)菅原正巳：流出解析法，共立出版，1972。