

山岳トンネル掘削による地下水状態変化の予測に関する研究

岡山大学環境理工学部 正会員 西垣 誠
中国電力株式会社 正会員 入江 彰
岡山大学大学院 学生会員 〇南部卓也

1. はじめに

我が国では、山がちな地形的特徴や都市部への人口集中といった社会的条件により、地下空間に多数の土木構造物が建設されている。しかし、我が国の地盤構造は複雑に変化しており、また、地下水位が比較的高いという特徴から、地下土木構造物施工に際しては周辺地下水への影響評価を行う必要がある。この影響評価の際には、複雑な地盤状況を反映させた3次元解析地盤モデルについて精度の良い地下水シミュレーションを行う必要があるが、特に山岳トンネル掘削問題については、調査範囲が広範囲・長期間に及ぶためデータが不足し、3次元浸透流解析を行うことが難しい場合がある¹⁾。本研究は、このような背景に鑑み、実際のトンネル掘削問題を取り上げ、3次元解析地盤モデル作成に必要な情報を検討する。

2. 解析対象地盤

今回取り上げる〇発電所の水路トンネル掘削予定位置及び本研究で設定した解析対象領域(斜線部)を図-1に示す。解析対象領域はA河川、K河川及びT河川(水位固定)とY山からの尾根線を境界に取った。当地域の地質はB河川下流域以北では花崗岩、B河川下流域以南では粘板岩及び砂岩が互層状態で分布している。一方、谷あい部等では崖錐堆積物並びに扇状地性堆積物が局所的に基盤を覆っているが、その層厚は基盤岩に比べると極めて薄い。以上の地質情報並びに今回対象としている施設が基盤内のトンネルであることより、谷あい部等に存在する崖錐堆積物及び扇状地性堆積物は特別に考慮せず、地表より基盤岩が分布しているものとして解析地盤モデルを設定する。



図-1 トンネル掘削予定位置
解析領域位置図

3. 解析地盤モデルの帯水層厚の算定

当地域に分布する基盤岩は、既存の調査より低透水性であることがわかっており、基盤岩より下に更なる難透水層を見つけることは困難であると予想される。よって、3次元解析モデルの設定にあたって、モデルの帯水層厚をどれだけとればよいか検討する必要がある。そこで、本研究では図-2に示すモデルについて断面2次元浸透流解析を行い、以下の項目(2)、(3)、(4)について検討した。

(1) 解析方法及び解析モデル

図-2に示すように解析モデルは左右対称であるので判断面で解析を行った(図-2中の斜線部)。解析方法は1年間の非定常解析の後、最終定常解析を行った。最終的な自由水面形状により帯水層厚を検討するため、定常解に注目した。解析モデルの境界条件は、①左側面上に水位固定点(トンネル、河川を仮想)を一節点設ける、②上面は降雨浸透を考慮する、③側面及び底面は不透水境界とする。各モデルの①総節点数：414～843、②総要素数：380～770である。そして、水位固定点より上の帯水層厚 $b=200(\text{m})$ 、帯水層の幅 $B=500(\text{m})$ を固定した上で、①透水係数 $k: 5.10\text{E}-06(\text{m}/\text{min}) \sim 7.14\text{E}-05(\text{m}/\text{min})$ 、②降雨量 $q: 2.04\text{E}-06(\text{m}/\text{min})$ (当地域での年平均降水量)、③水位固定点Aより下の帯水層厚 $h: 10(\text{m}) \sim 400(\text{m})$ 、④間隙率 $n: 3.00\text{E}-03 \sim 5.00\text{E}-01$ 、と変化させて自由水面の形状の

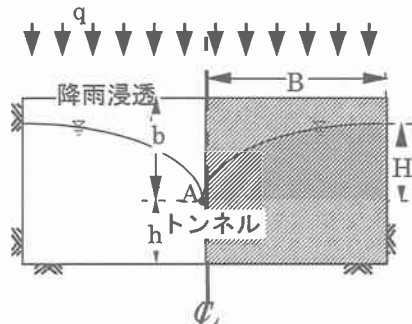


図-2 解析モデル

違いより、解析地盤モデルの帯水層厚を算定した。

(2) 間隙率 n の違いによる自由水面の形状変化

$k/q \cdot h$ を固定し、 n を(1)④のように変化させたとき、定常状態では n がどの値でも自由水面の形状は変わらなかった。また、2 種類以上の間隙率をモデルに与えたが、同じ結果に終わった。これにより、定常状態においては間隙率は自由水面形状に関与しない事がわかった。

(3) 透水係数 k と降雨量 q の比 k/q の違いによる自由水面の形状変化

h を固定し、 k/q を変化させたときの自由水面形状($h=100\text{m}$)を図-3に示す。水位固定点から自由水面が延びる k/q の範囲を表-1に示す。この結果より、どの帯水層厚においても水位固定点から自由水面が延びる範囲は $k/q=17.5 \sim 25.0$ であることがわかった。

(4) 帯水層厚 h の違いによる自由水面の形状変化

$k/q(k/q=17.5, 20.0, 25.0)$ を固定し、 h を(1)③のように変化させた時の k/q の違いによる自由水面の最終高さ H を図-4に示す。この図より $h=150\text{m}$ から自由水面の最終高さがほぼ一定になると判断される。また、帯水層厚 $h=150(\text{m})$ の時の k/q と h/H の関係を図-5に示す。これにより、水位固定点より下の帯水層厚 h は自由水面の最終高さ H の約 2.8~4.0 倍とればよいことがわかった。

(5) 実際の問題への適用

実際の問題では地下水面標高のデータが不足している場合がある。このような場合、断面 2 次元モデルを作成し、モデル内の一番標高の低い水位固定点と一番標高の高い初期水位との差を図-2中の h として解析を行う。そこで得られた地下水位標高の最大データとモデル内の一番標高の低い水位固定点との差を解析地盤モデルの帯水層厚にすればよい。

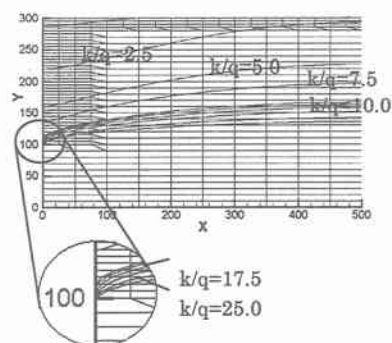


図-3 k/q の違いによる自由水面形状

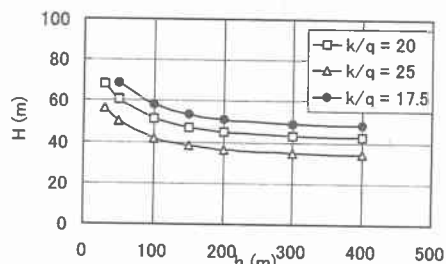


図-4 h の違いによる自由水面の最終高さ

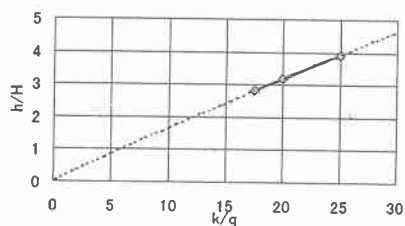


図-5 $h=150(\text{m})$ の時の k/q と h/H の関係

4. 3次元浸透流解析結果の検討

降雨浸透を考慮した 3 次元浸透流解析の収束状況は解析地盤モデルの形状ならびに降雨量と透水係数の微妙な変化が影響するように思われる。解析地盤モデルにおいて、河川上に水位固定条件を設定する場合、山岳部上流部等の形状が複雑に変化する部分については解析モデルの境界に取ることは避けたほうが望ましい。

5. おわりに

本研究で残された今後の課題を以下に示す。

- ① 地表に地下水が存在する場合、その湧水量が図-2 中の h を変化することによって変わるのか。
- ② 沢の流出調査から湧水比流量より涵養量の推定が行えるのか。また、その結果を利用して、解析対象地盤の透水係数並びに間隙率のおおまかな分布が推定できないか。

【参考文献】

- 1) 西垣誠, 白石知成, 猪瀬二郎, 河村志朗: 地下鉄建設による多層地盤での複数地下水位変動の 3 次元浸透解析による予測, 地下水学会誌, Vol.32, No.4, pp.231, 1990.