

## Ⅲ - A254 トンネル掘削による地下水の環境阻害とその防止策に関する研究

岡山大学環境理工学部 正会員 西垣 誠  
奥村組 正会員○矢野耕一郎

## 1. はじめに

地下水に依存して社会生活が営まれている地区にトンネルを掘削すると、地下水の低下を招き、地上の池の枯渇や小河川への涵養源の遮断等の社会的な問題を引き起こす。これらの問題を未然に防止または問題発生後に補償するためにはトンネル工事による地下水挙動への影響を把握する必要がある。本研究では、水理学的考察に基づいた調査範囲（影響圏）及び恒常湧水量の予測手法を提案する。

## 2. トンネル掘削による影響の予測手法

影響圏、恒常湧水量の予測手法として用いられてきた高橋の方法<sup>1)</sup>等は実用的で理解しやすい方法であることから多くの湧水トンネルで用いられてきた。しかし、従来の予測手法は統計的、半経験的な予測手法といえる。ここでは、多数の解析条件下において断面2次元浸透流解析を用いた感度解析を行う。その解析結果より水理学的考察に基づいたトンネル施工により影響が及ぼされる範囲及び恒常湧水量の予測手法を提案する。

図-1に示す解析モデルにおいて等方均質を仮定する。帯水層厚  $H_0$  が 120(m), 240(m), 300(m), 600(m) の4パターンの解析モデルに対しパラメータ（トンネル深さ  $b$ , 降水量  $q$ , 透水係数  $k$ ）を変化させ、定常解析により恒常湧水量を算定した。ここで、bear<sup>2)</sup>の湧水量の予測式より、

$$Q = \frac{k(H_0^2 - h_0^2)}{2R} \quad (1)$$

影響圏 ( $R$ ) は bear, 西垣等の研究<sup>3)</sup>などより  $(k/q)$  を変数とする関数であると考えられるので、式(1)を式(2)のように仮定する。ここで、 $A$ : 定数である。

$$\frac{Q}{k(H_0^2 - h_0^2)} = A \left( \frac{k}{q} \right) \quad (2)$$

断面2次元浸透流解析より得られた湧水量のデータを上式の形で整理すると図-2の関係が得られる。

図-2より、 $k/q$  と  $Q/k/(H_0^2 - h_0^2)$  の関係を近似する。

$$H_0 = 240\text{m} \rightarrow Q = 2.76 \times 10^{-3} k(H_0^2 - h_0^2)(k/q)^{(-0.35)} \quad (3)$$

式(3)より、任意の帯水層厚  $X$ (m) に対する恒常湧水量は以下の式となる。

$$H_0 = X\text{m} \rightarrow Q = A' \times k(H_0^2 - h_0^2)(k/q)^{(-0.35)} \quad (4)$$

ここで、帯水層厚 ( $H_0$ ) と定数 ( $A'$ ) との関係について着目すると、図-3の関係となる。帯水層厚 ( $H_0$ ) と定数 ( $A'$ ) との関係を近似すると式(5)が得られる。

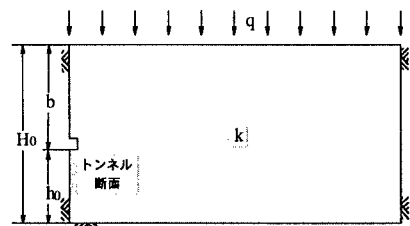
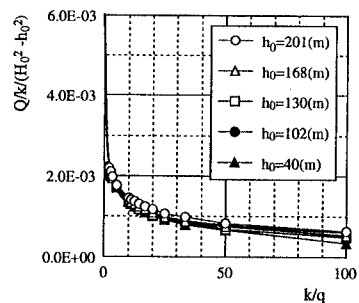
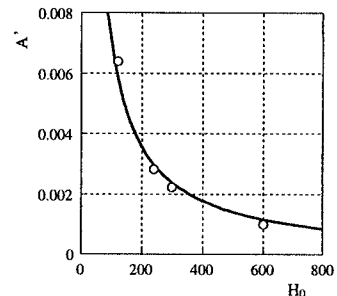


図-1 解析モデル

図-2  $k/q$  と  $Q/k/(H_0^2 - h_0^2)$  の関係図-3 帯水層厚( $H_0$ )と  $A'$  の関係

keyword : 山岳トンネル, 影響圏, 恒常湧水量

連絡先 : 〒700 岡山市津島中 2-1-1 ・ TEL:086-251-8167 ・ FAX:086-253-2993

$$A^*=0.72 H_0^{-1} \quad (5)$$

よって、式(4)、式(5)より恒常湧水量(Q)は、以下の式となる。

$$Q=0.72 H_0^{-1} k(H_0^2-h_0^2)\left(\frac{k}{q}\right)^{(-0.35)} \quad (6)$$

式(6)を本研究での恒常湧水量予測の提案式とする。また、西垣等の研究より影響圏予測の提案式を以下に示す。

$$R=1.22 H_0\left[\left(\frac{k}{q}\right)^{1/2}-1\right]\left[1-\left(\frac{h_0}{H_0}\right)^2\right] \quad (7)$$

### 3. 提案手法による予測値の妥当性の検証

実際に掘削された山岳トンネル及び周辺地域データ（A県とB県間に掘削されたIトンネル）を用いて影響圏及び恒常湧水量を提案手法によって予測する。そして、従来の予測手法、山岳トンネルにおける湧水量の長期観測値との比較により提案手法の妥当性を検証する。提案手法と従来の方法の予測値の比較を図-4に示す。図-5に3次元解析による影響圏と高橋の方法による影響圏及び提案手法による影響圏の比較を示す。また、表-1に総恒常湧水量の比較を示す。

高橋の方法による影響圏及び恒常湧水量の予測値は、降水量、透水係数等の水理定数の欠如が大きく影響していると考えられる。トンネル施工においては降水量は湧水量増加及び影響圏減少の重要な地下水の涵養源であり、影響予測には不可欠のパラメータである。提案手法では降水量を年平均降水量と年最小（最大）降水量の2パターンで影響圏及び恒常湧水量を予測した。また、提案手法は、Iトンネルを横断する主な破碎帯部（A県側より約900m、A県側より約1700m）での著しい影響圏、湧水量の増加を再現している。総湧水量においては年平均降水量による恒常湧水量予測値は実測恒常湧水の値を下回っているが、最も危険側である年最大降水量による恒常湧水量予測値は実測恒常湧水量の値を上回っている。よって、提案手法による湧水量予測値を用いることで大幅に予測値を超える湧水の発生による危険は回避できる。

### 4. おわりに

高橋の方法、統計学的方法等と同様に提案手法による予測値を用いる場合がトンネル掘削以前の水路ルート選定段階、トンネル設計・施工計画段階の決定の参考となる予測値であると考えらるならば、この段階上での予測手法の精度としては従来の予測手法よりも高い精度を持つと考えられる。

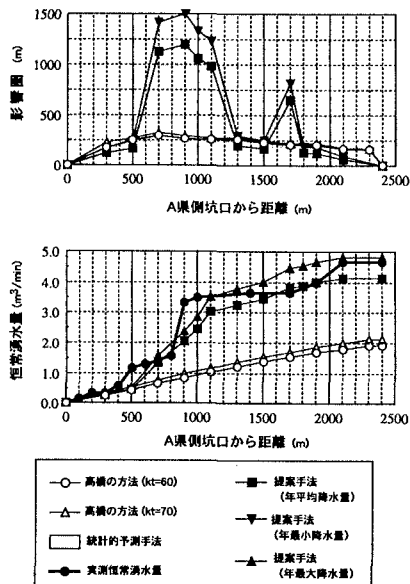


図-4 提案手法と従来の方法の予測値の比較

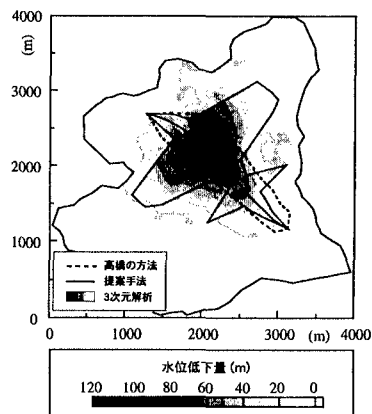


図-5 影響圏の比較（年平均降水量）

表-1 総恒常湧水量の比較

| 高橋の方法による<br>全恒常湧水量<br>(m³/min) |       | 提案手法による<br>全恒常湧水量<br>(m³/min) |        | 3次元解析<br>(m³/min) | 観測値<br>(m³/min) |
|--------------------------------|-------|-------------------------------|--------|-------------------|-----------------|
| kt=60                          | kt=70 | 年平均降水量                        | 年最大降水量 | 年平均降水量            |                 |
| 1.803                          | 1.967 | 4.152                         | 4.834  | 4.390             | 4.670           |

### 参考文献

- 1) 高橋彦治：湧水と地圧，山海堂，pp.33-47,1963
- 2) Bear, J：Dynamics of Fluids in Porous Media, Dover Publications Inc, pp.408-423, 1972.
- 3) 西垣誠ら：トンネル掘削による地下水低下の影響圏に関する研究，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集，pp.588-589