

トンネル掘削による地下水低下の影響圏に関する研究

岡山大学環境理工学部 正会員 西垣 誠
 岡山大学大学院 学生員 矢野 耕一郎
 岡山大学大学院 学生員 〇太田 拓郎

1. はじめに

山岳トンネル掘削における地下水挙動の予測に関して、現在一般的に用いられている応用地質学的方法¹⁾では、降雨量が考慮されていない。しかし地下水系全体から見ると、降雨は重要な地下水の涵養源であり、トンネル湧水による影響予測のパラメータとして取り入れるべきである。したがって本研究では、断面2次元浸透流解析を用いて求めた山岳トンネル掘削による湧水影響圏から、その法則性を調べ、帯水層厚やトンネル深さ等による湧水影響圏半径を求める。そして、山岳トンネル掘削における影響予測のための、現位置調査範囲の新しい設定方法を提案する。

2. トンネルを掘削した帯水層における断面2次元浸透流解析

(1) 湧水影響圏の算定

図-1に示す帯水層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(トンネル高さ h_0 、降雨量 q 、透水係数 k)を変化させ、定常解析により影響圏 R を求めた。解析モデルを図-2に示す。解析により求められた影響圏 R を $(k/q)^{1/2}$ によって整理すると、図-3に示すように点(1, 0)を通る直線となることがわかった。この直線を R 直線とする。 R 直線の傾きを m とすると、 R は以下の式によって表される。

$$R = m \left(\frac{k}{q} \right)^{1/2} - m \quad (1)$$

m を帯水層厚 H_0 で割った値を M とし、 R 直線の傾きから算出される M^2 を、 $(h_0/H_0)^2$ によって整理すると図-4のようになる。これを2次曲線に近似すると、

$$M^2 = 1.5 \left[\left(\frac{h_0}{H_0} \right)^2 - 1 \right] \quad (2)$$

となる。 $M = m/H_0$ 、また式(1)より $m = R / [(k/q)^{1/2} - 1]$ であるから、それぞれを代入すると影響圏 R は次式によって表すことができる。

$$R = 1.22 \left[\left(\frac{k}{q} \right)^{1/2} - 1 \right] \cdot H_0 \left[1 - \left(\frac{h_0}{H_0} \right)^2 \right] \quad (3)$$

(2) 帯水層厚の算定

(1)では影響圏 R の算定式(3)を示したが、実際のトンネル工事において、この算定式のパラメータの内、 h_0 は既知であり、 k 及び q は現地調査によって得ることができる。しかし、帯水層厚 H_0 は確定しておらず、 H_0 の取り方によって影響圏 R が変動してしまうことになる。したがって、ここでは H_0 を設定するために、図-5のように、トンネル層の下に1オーダー透水係数

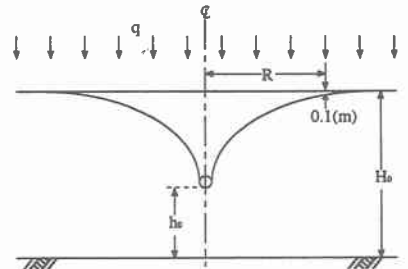


図-1 トンネルを掘削した帯水層

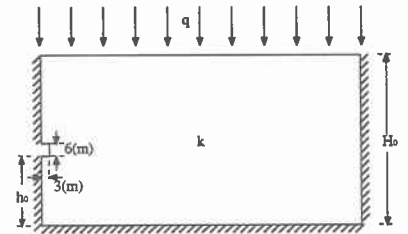
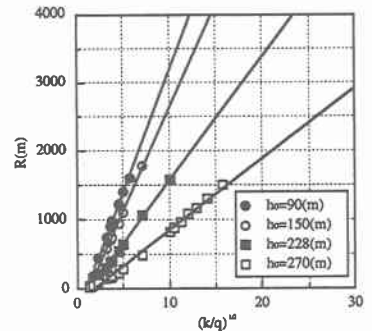


図-2 解析モデル

図-3 R と $(k/q)^{1/2}$ の関係($H_0=300(m)$)

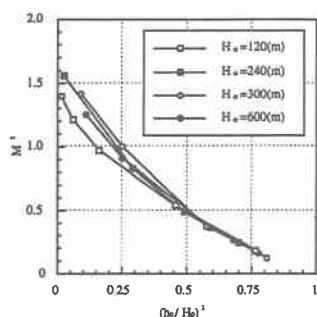
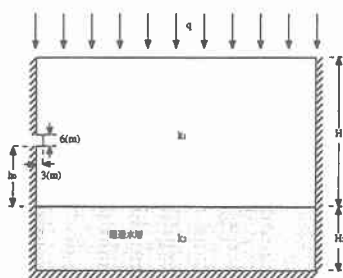
図-4 M^2 と $(h_0/H_0)^2$ の関係

図-5 難透水層を設置した解析モデル

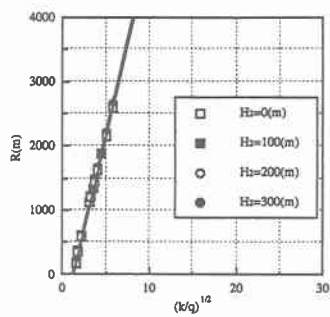
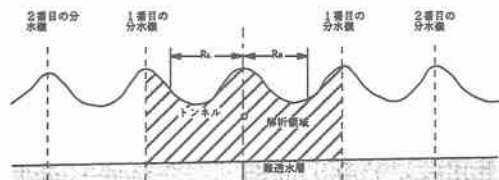
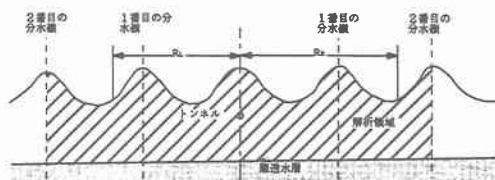
図-6 R と $(k/q)^{1/2}$ の関係(難透水層設置)(a) R がトンネルと1番目の分水嶺とにある場合(b) R が1番目と2番目の分水嶺の間にある場合

図-7 調査範囲及び解析領域の設定

の小さい帯水層を難透水層として設置し、その厚さを変化させた場合の影響圏 R を断面2次元浸透流解析を用いた定常解析により求めた。(1)と同じように、得られた R を $(k/q)^{1/2}$ によって整理すると図-6のようになり、難透水層の無い場合 ($H_0=0$) と有る場合 ($H_0>0$) の R 直線にほとんど違いが見られず、難透水層には地下水は浸透していないことがわかる。したがって、トンネル層の下に存在する透水係数の1オーダー小さい帯水層は、実質的には不透水層として扱うことが可能である。上記の観点から、トンネル掘削で対象としている帯水層より透水係数が1オーダー小さい層までを帯水層厚 H_0 とすることができる。

3. 湧水影響圏予測のための調査範囲及び解析範囲の設定方法

2.(1)では影響圏 R を求める式を提案したが、これは、地表面及び地下水位が水平であると仮定したものであった。しかし、トンネルを掘削する山岳地においてその仮定を満たすような地形は皆無である。したがって、実際の問題での、提案式を利用した調査範囲及び解析範囲の設定方法を説明する。

- ① 帯水層の底面及び地表面、また地下水面が水平であると仮定する。このとき底面は2.(2)において示したように、トンネル掘削で対象となっている帯水層と難透水層との境界とする。
- ② ①において設定した帯水層厚 H_0 と、現位置で調査した透水係数 k と降雨量 q 及び、帯水層底面からトンネルまでの高さ h_0 を式(3)に代入し、トンネルの両側について影響圏 R_R 、 R_L を求める。
- ③ 図-7(a)、(b)に示すように、トンネルに直交する断面にトンネル直上から R_R 、 R_L をプロットし、トンネルから、 R より1つ遠い分水嶺までを解析範囲とする。すなわち、浸透流解析をする際に、 R の値で解析範囲を設定すると、その境界での境界条件を設定することが困難である。したがって、分水嶺までとしてその境界を不透水境界とする。

4. おわりに

断面2次元浸透流解析の結果から、トンネル掘削における湧水影響圏の算定式を求めることができた。そして、湧水影響圏予測のための調査範囲及び解析範囲の設定方法を提案した。影響圏の算定式は、これまでの方法では取り入れられていなかった降雨量を考慮しており、また容易に影響圏の概略値を算定できることから有効であるといえる。

<参考文献> 1) 高橋彦治：湧水と地圧，山海堂，pp.33-47,1963