

III-A 294

トンネル掘削による地下水低下の影響圏に関する研究

岡山大学大学院 学生員 太田 拓郎
 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

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、断面二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算定する方法を提案する。

2. トンネルを掘削した帯水層における断面二次元浸透流解析

(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 $M (=m/H_0)$ とし、 R 直線の傾きから算出される M^2 を、 $(h_0/H_0)^2$ に対して整理すると図-4のようになる。これを2次曲線に近似すると仮定すると、

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

また式(1)より $m=R / [(k/q)^{1/2} - 1]$ であるから、 M を消去して、式(2)に代入すると影響圏 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、トンネル深さ b 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、トンネル層の下に透水係数の小さい帯水層を難透水層として設置し、その透水係数 k_0

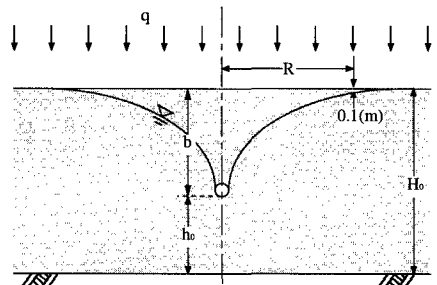


図-1 トンネルを掘削した帯水層

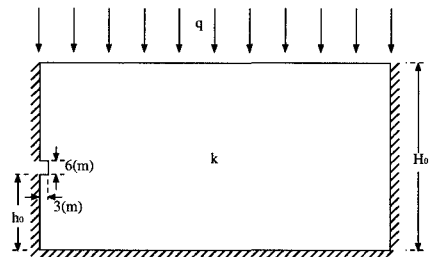


図-2 解析モデル

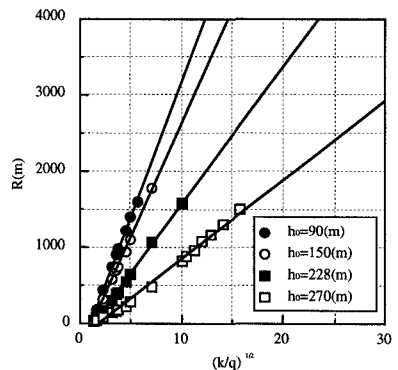


図-3 R と $(k/q)^{1/2}$ の関係 ($H_0=300(m)$)

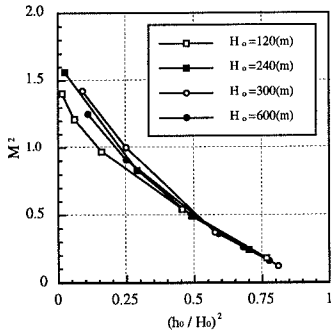


図-4 M^2 と $(h_0/H_0)^2$ の関係

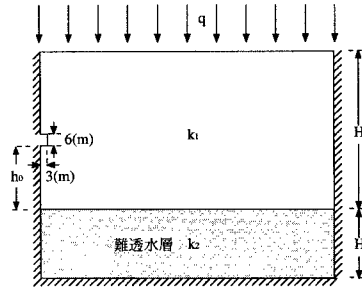


図-5 難透水層を設置した解析モデル

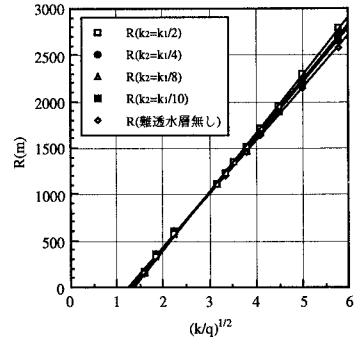


図-6 R と $(k/q)^{1/2}$ の関係
(難透水層設置)

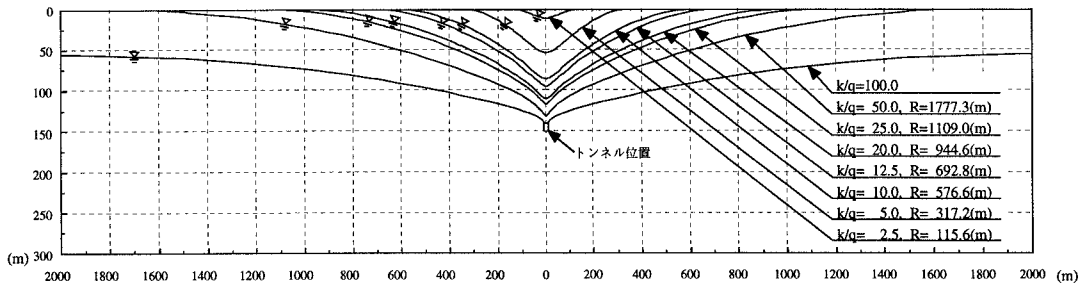


図-7 トンネル掘削による地下水位の低下

を変化させた場合の影響圏 R を断面2次元定常浸透流解析を用いて求めた。 k_2 の値は、 $k_2=k_1/2$ 、 $k_1/4$ 、 $k_1/8$ 、 $k_1/10$ とした。(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のようになる。 $k_2 < k_1/2$ の場合の影響圏 R は難透水層のない場合の R とほぼ一致していることから、難透水層に浸透する地下水の量は微量であり、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と比べて透水係数が2分の1の帯水層までを帯水層厚 H_0 とすることができる。

3. トンネル掘削による地下水位の低下

トンネル掘削による地下水位低下の予測に従来から用いられている手法では、トンネル直上の地下水位は、トンネル位置まで下がるものと考えられている。しかし、2.(1)の解析により算出された地下水面は、図-7のようになる。これによると、帯水層の透水係数や降雨量の値によっては、必ずしも地下水面はトンネル位置まで低下していないことがわかる。

4. おわりに

断面2次元定常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提案した。この算定式は、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。また、トンネル掘削後の地下水面は、十分な涵養のある地盤では必ずしもトンネルの位置まで水位は下がらず、トンネルより上の位置で地下水位を保つことがわかった。逆に考えると、地下水位の豊富な所では的確な排水をしないと地下水位が低下しにくく、高い水圧が切羽に作用することがわかる。

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