

岐阜大学工学部 正会員 宇野 尚雄
岐阜大学大学院 学生会員 ○東 隆司

1. 概説

トンネル湧水に関しては、高橋の方法¹⁾が著名で、実務でもよく用いられていて、水文学的方法、貯留タンクの突出水として扱う方法、トンネルを井戸とみなす方法・・・など工夫した、複数の方法で算出した結果の総合的判断により推論されているようである。本報告は、それらを踏まえて、枯渇の推定法との関係について、特定の現地で観測された水位低下量分布、地表水の減衰、湧水量の資料を用いて考察する。

2. トンネル湧水に伴う地下水面変化特性と近似モデルによる試算

トンネルは高速道路用で約10mの径のもので、土被り約50mで、図-1のようにA, Bの2本が同時に並行して掘削され(Bの方が30mほど先進)、対象地点は谷部で破砕帯が前方に予想された箇所である。地表流量は湧水時(2月)で300~500 l/min、豊水期(6月)で2~3 t/minが観測されていた。対象付近300m延長からのトンネル湧水量は2本で200 l/minが恒常的に認められ(水位低下後の平衡状態)、掘削時には集水ボーリングで、100~600 l/min/(50m延長)が測定されていた。図-1の水位面低下線はトンネル線に垂直な断面に、若干離れている観測井水位を投影して描いたものである。この図-1では、影響圏とみられる位置の水位低下は少なく、トンネル側の水位が急激に低下していること、すなわちトンネル湧水による地下水面の低下は図-2の(a)型であって、(b)型のような影響圏が時間的に拡大するものでないことが判る。これをモデル化するため、図-3(a)の暗渠排水(流量 Q_1)と(b)の準一次元的流れ(流量 Q_2)を組合わせて(c)のように Q_1 と $2Q_2$ (Q_2 は左右からある)の差により水面低下が生ずると考えてみた。

$$(Q_1 - 2Q_2)dt = \beta(R+a)dy \quad (1), \quad Q_1 = \frac{2\pi R a}{\ln(2a/r)} \quad (2), \quad Q_2 = \frac{R(H^2 - a^2)}{2(R-a)} \quad (3)$$

$H=40\text{m}$, $r=10\text{m}$, $R=50\text{m}$ (図-1 参照)において、 $a=40, 30, 20, 10\text{m}$ に対する流量は $Q_1/k=90.6, 75.9, 60.4, 45.3(\text{m})$, $2Q_2/k=0, 35, 40, 37.5(\text{m})$ となり $(Q_1 - 2Q_2)/k=90.6, 40.9, 20.4, 7.8(\text{m})$ なる値が得られる。図-1の水位低下の最大の点に注目すると式(1)の dy/dt が $9.77 \times 10^{-4}\text{cm/s}$ 、これが $(Q_1 - 2Q_2)$ の平均的な値 40.9m に相当するので、 $k=3.15 \times 10^{-5}\text{cm/s}$ が推定される($\beta=1.65 \times 10^{-2}$ は別途、地山サンプルから)。

一方、平衡時の観測された流量 $200\text{ l/min}/(300\text{m})$ は $a=10\text{m}$ のときの $2Q_2=37.5\text{m}$ に相当すると考えられるので、これからは $k=2.96 \times 10^{-5}\text{cm/s}$ が推定される。また、初期の湧水量 330 l/min を $Q_1=90.6\text{m}$ に相当させると、 $k=2.02 \times 10^{-5}\text{cm/s}$ が算出される。

掘削前の揚水試験では $k=9.17 \times 10^{-5}\text{cm/s}$ が推定されていたのに対して、約1/4であった。揚水試験の k を用いると、平衡時の湧水量は $37.5k=620\text{ l/min}/(300\text{m})$ となる(実際には上述の 200 l/min しかなかった)。

3. 地山の地下水の枯渇との関係

上述の Q_2 は影響圏外または表流水から鉛直流による補給があって可能である。現実には水文調査により観測される降水量、比流量が補給量の示標となるであろう。湧水期の $300 \sim 500\text{ l/min}$ 、豊水期の $2 \sim 3\text{ t/min}$ に対して、 200 l/min ($k=2.96 \times 10^{-5}\text{cm/s}$ に対応)や 620 l/min ($k=9.17 \times 10^{-5}\text{cm/s}$ に対応)が少なければ枯渇せずに済むが、多いことになると枯渇が進行するという論理が図-3の近似モデルと水取支の考察から判明する。実際には59年8月以降の異常湧水により地表水は微量となり、地下水位は低下してしまっていたが、60年3月には220mm(2月は110mm)の雨水により59年6月の時点の平衡状態に近い所まで回復した。

4. まとめ

影響圏 R は、結局のところ、流域の水文的循環の一つであり、地表流などの補給の有無に支配されるところ大である。また k の推定精度が高ければ、湧水量の推定も上述の式(2), (3)などにより十分説明できる。今後、他地点での検討例を追加して本推定法の精度をたしかめたいと考えている。

5. 参考文献

- 1) 高橋彦治; トンネル湧水に関する応用地質学的考察, 鉄道技術研究報告 No. 279, 1962
- 2) 土木学会編; 水理公式集(昭和46年改定版), p.376, 1971

