

日本技研コンサルタント(株) 正会員 安井 義英
 (株)間組技術研究所 正会員 北村 孝海
 同上 正会員 向上 拡美

1. まえがき

山岳トンネルの掘削に際し、湧水に伴って切羽崩壊を生じることがある。最も確実な対策は、水抜き孔、深井戸などを用いて地下水位を低下させることであるが、地質が複雑で対象範囲が広いと、排水工の設計に際して水理定数の信頼性(殊に効果の非定常的な現われ方)が問題となる。解法についても同様で、FEMなどの数値モデルでは実測値を説明し得るモデル作りに多大な労力を要するのが一般で、モデルができたとしても条件の追加・変更、計算時間などの点で必ずしも有利でない。そこで筆者らは、数値モデルが必要とする細々とした条件を決めてゆく代わりに、岩盤を単純な滞水層モデル(井戸問題)に置き換え、モデルと現実の差を観測値から推定した水理定数に代表させて考えることを試みた。すなわち、1)複数の観測点で求めた水理定数の平均値は滞水層全体の平均的な性質を表わす、2)水理定数の場所的、時間的变化は滞水層構造の変化を反映すると仮定し、砂岩、凝灰岩、レキ岩から成るトンネルの深井戸排水工の設計にこの考え方を適用した。本文では、実測値との比較、水理定数について報告する。

2. 地質構造と地下水1)

地質は新第三紀鮮新世の未固結砂岩、凝灰岩、泥岩、レキ岩の単斜構造で、これに背斜軸、向斜軸が交互に現われ微しゅう曲構造を示している。FLの初期地下水位は $4 \sim 7 \text{ kg/cm}^2$ である。掘削の初期に、斜坑で流砂と崩壊が発生した。原因は、泥岩によるせき上げ地下水によるものであることが判明した。

3. 非定常水位低下の予測

不圧滞水層における完全貫入井の定量揚水時の水位低下量を Theis の式で表わし、水抜き孔の効果を重ね合わせてこれを群井に拡張すると、Jacob の滞水層補正を施して次式が得られる。

$$[W_{ij}] \{Q_j\} = \{s_i - \varepsilon\} \quad (1)$$

$$W_{ij} = W(u_{ij}) / 4\pi T, u_{ij} = S \cdot r_{ij}^2 / 4Tt \quad (2)$$

$$s_i = sw_i - sw_i \cdot 2 / 2m \quad (3)$$

ここに、 $W(u)$: 井戸関数、 T : 透水量係数、 S : 貯留係数、 r_{ij} : 揚水井距離、 t : 揚水継続時間、 Q_j : 定量揚水量、 s_i : 水位低下量、 ε : 水抜き孔の定量排水の効果、 sw_i : 不圧滞水層の水位低下量、 m : 滞水層の初期飽和厚さである。 $W(u)$ の近似計算は、藤崎らの方法2)によった。観測井3本と間隙水圧計1箇所の3ヶ月間の値から平均的な値として $T=10 \text{ m}^2/\text{day}$ 、 $m=70 \text{ m}$ 、 $S=0.4$ を得、これから配置と稼働時期を計画した。深井戸の配置図を図-2に示す。予測結果のうち、約3ヶ月後の水面形を図-3に示す。

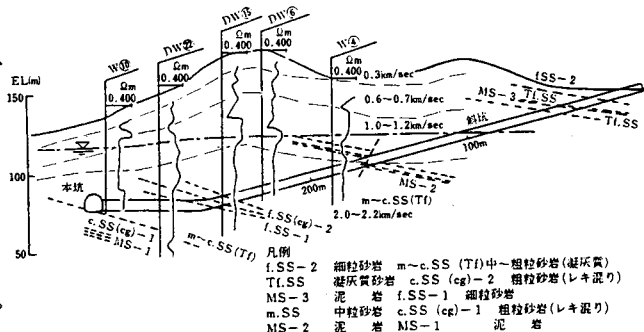


図-1 斜坑沿い地質縦断面図

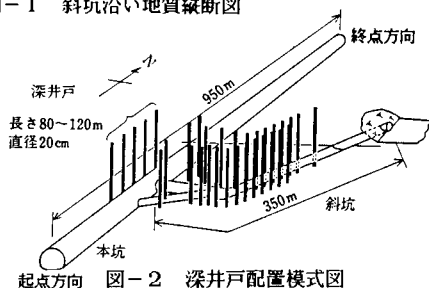


図-2 深井戸配置模式図

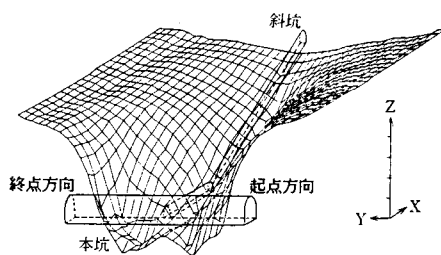


図-3 水位低下量の三次元分布

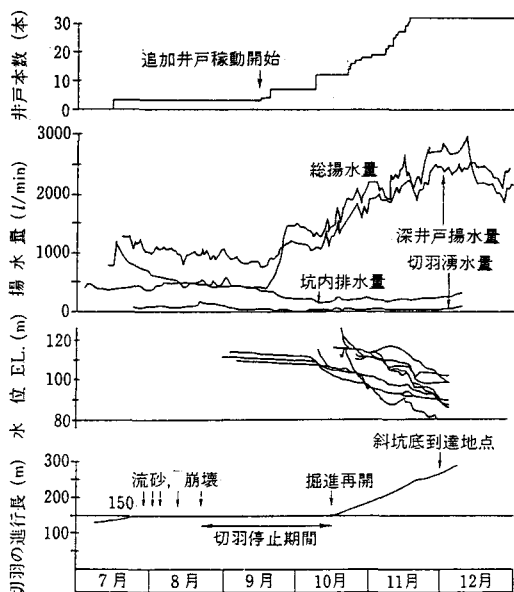


図-4 深井戸の稼働本数・揚水量・観測井水位

4. 深井戸の効果と実測値との比較

図-4に、深井戸の稼働状況とその効果を示した。坑内排水量、切羽湧水量は崩壊時の半分以上に減少し、切羽の浸潤高さもFL+1~2m以下となった。実測値との比較結果(図-5~6)は、全体的によい一致を示している。

5. 水理定数の変化

水理定数(図-7)のうちSは物理試験の結果に等しい値を示した。水理定数の変化は透水係数と滞水層厚さに現われ、揚水量に比して水位低下が得られ易い条件と低下の鈍くなる条件とが、繰返し現われたことを示している。泥岩などの難透水層が影響を与えたものと考えられる。この影響は各観測値と計算値の差の分布状態からもわかるはずであるが、その検討はまだ行っていない。しかし、実測値との一致の程度からみると、切羽の水位を低下させるという目的に照らしてみても全体的にはほぼ1つの滞水層と考えても差し支えないようである。また、泥岩などの難透水層が、影響範囲内にまだ十分に支配的に現われていないとみることもできる。

6. まとめ

多層地質構造を有する未固結砂岩中の山岳トンネルにおいて、複数の観測点より水理定数を逆推定し、水位低下の予測を行った。結果は実測値とよく一致した。逆推定した水理定数には、主に透水係数と滞水層厚さに変化が現われた。本例は遮水層がまだあまり支配的でない場合の比較例であったが、水理定数の逆推定を頻繁に行い、その分布と変化に応じて計算を繰り返すことによって、本手法が多層地質構造を有する山岳トンネルにも利用できるものと思われる。なお、データの提供については日本鉄道建設公団・蟹田鉄道建設所の方々に御援助いただいた。

[参考文献] 1) 中山・成田・藤沢: トンネルと地下、vol.15, no.7, pp. 7-14, 1984.

2) 藤崎・磯崎: 地下水と井戸とポンプ、pp.9-21, 1983.

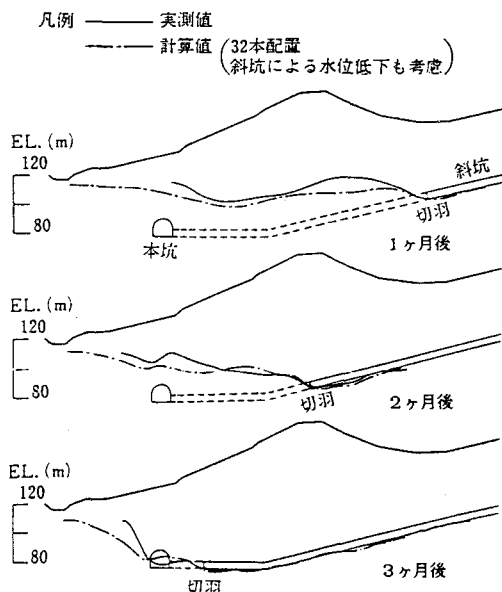


図-5 斜坑沿いの水位比較

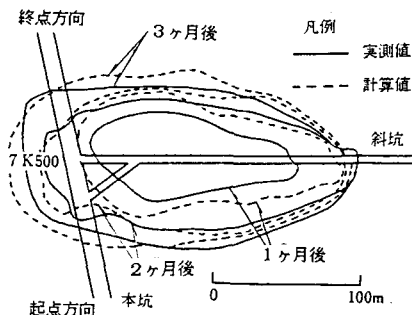


図-6 水位低下量(10m)の分布比較

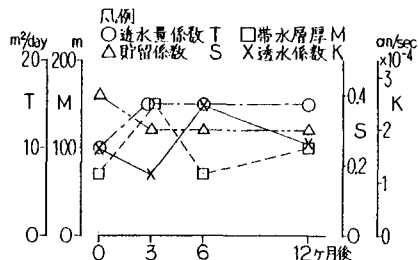


図-7 水理定数の変化