

Ⅲ-108

新潟みなとトンネル建設工事における復水工法の設計
—注水試験結果を考慮した設計の実施—

運輸省 新潟港工事事務所 石山 范 高野 誠紀
(株) 熊谷組 岡崎 豊彦 ○髭谷 亮太

1. 概要

新潟みなとトンネル建設工事のうち右岸陸上トンネル部仮設土留工事では、周辺地下水の低下抑制を目的として、復水工法が採用された。

採用された復水工法の設計では、注水井戸の構造による効率低下や目詰まり（注水水中の細粒分、酸化物等が原因）による注水能力の時間的変化等が問題となる。これらの問題を解決するために今回は、事前に注水試験¹⁾を実施することにより、最適かつ効率的な設計を試みた。図1に、復水工法の設計フローを示す。

本報は設計フローの内、井戸効率⁽¹⁾および有効期間⁽²⁾の算出方法について報告するものである。ここで解析には、3次元地下水解析モデルを適用した。また、先に行われた揚水試験の結果より、解析モデルの再現性を検定するために水理定数の同定を実施した。

2. 井戸効率の算出

(1) 算出方法

図2に井戸内水位と注入流量の関係を示す。設計では、井戸効率の影響を、解析に用いる注入流量を低減させることにより考慮する（本解析II）。この場合の井戸効率は下式により算出する。

$$E_w = \frac{Q'}{Q} \times 100 \text{ -----(1)}$$

ここで、 E_w : 井戸効率(%)

Q : 解析で得られる注入流量(m^3/min)

Q' : 試験で得られる注入流量(m^3/min)

(2) 算出結果

注水試験では、設置深度の異なる2本の注水井戸を使用した。これらの深度は、深井戸でディープウェルと同深度の26m、浅井戸で16mである。各々の注水井戸について井戸効率を算出した結果を以下に示す。

深井戸($\ell=26\text{m}$) : 89.9(%)

浅井戸($\ell=16\text{m}$) : 87.5(%)

これより、両井戸ともに約1割程度の低減となることが分かる。

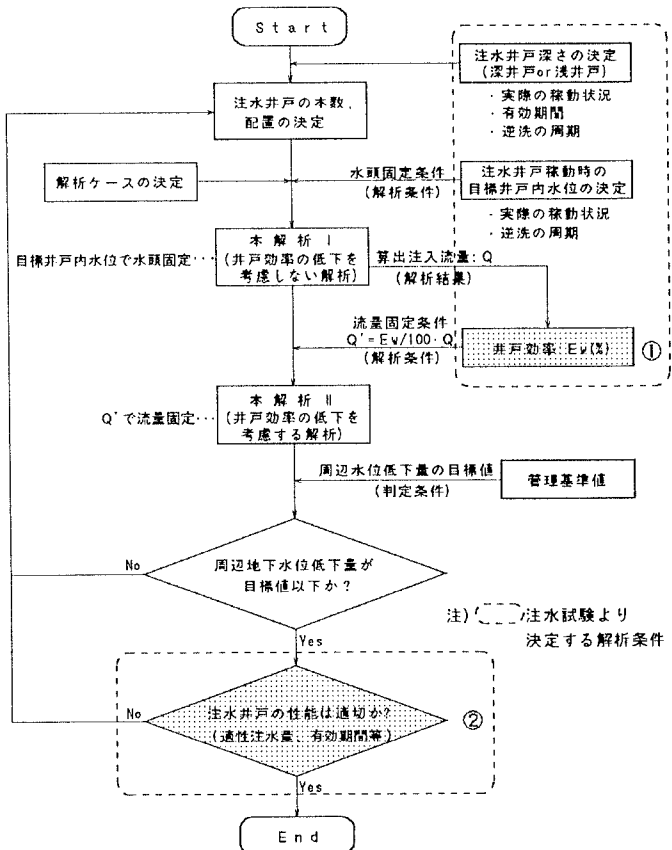


図1 復水工法の設計フロー

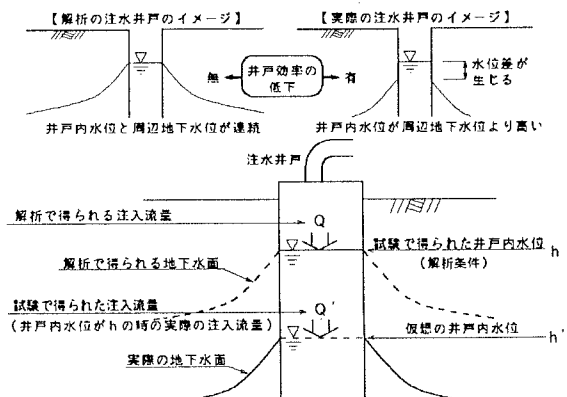


図2 井戸内水位と注入流量の関係

3. 有効期間の算出

(1) 算出方法

注水井戸の目詰まりの進行速度に関しては、注入流量(Q)を注水井戸内水位上昇量(Δh)で除した比注入量($\alpha = Q/\Delta h$)で評価する。

図3に、推定される比注入量の推移状況を示す。図中の α_0 は水道水を注水した場合の比注入量で、目詰まりのない状況と考えられるため比注入量の初期値とする。また、比注入量の低下速度(a)、比注入量の減少量(Δ_n)は地下水を注水した試験結果より算出する。さらに、 α_1 はオーバーフロー水位に達した時の比注入量であり、井戸理論式により算出する²⁾。ここで、 n 番目の比注入量の減少量 Δ_n は、累加注入量に比例すると仮定し、下式により算出する。

$$\Delta_n = \frac{\Sigma Q_{n-1}}{\Sigma Q_1} \cdot \Delta_2 \quad \text{----- (2)}$$

また、 n 番目の累加注入量 ΣQ_n は、低下速度 a が累加注入量によらず一定と仮定し、下式により算出する。

$$\Sigma Q_n = \frac{\log(\alpha_0 - \Delta_n) - \log \alpha_1}{a} + \Sigma Q_{n-1} \quad \text{-- (3)}$$

したがって、 n 番目の逆洗周期 t_n は、下式で示される。

$$t_n = \frac{\Sigma Q_n - \Sigma Q_{n-1}}{Q_n} \quad \text{----- (4)}$$

(2) 算出結果

図4、図5に深井戸の計測結果と逆洗周期の算出結果を示す。また、注水井戸の有効期間を算出した結果を以下に示す。なお、1回の逆洗周期が3日を下回った状態までを有効期間とする。

深井戸($\ell=26\text{m}$): 9 4 1 日($\Sigma Q=138000\text{m}^3$)

浅井戸($\ell=16\text{m}$): 4 8 7 日($\Sigma Q=72000\text{m}^3$)

これより、深井戸は浅井戸の約2倍の有効期間となることが分かる。

4. まとめ

以上、注水試験の結果より井戸効率と有効期間を算出した。この結果、井戸効率は、深井戸、浅井戸共に約1割程度の低減となり実設計に反映できた。

また有効期間の推定では、比注入量の減少量 Δ_n および低下速度 a は、注入水の水質等の影響により、時間(累加注入量)とともに変化することが予想される。しかしながら、これらの時間的変化を的確に把握することは短期間の試験結果のみでは困難であり、 Δ_n は累加注入量と比例関係、 a は累加注入量によらず一定と仮定した。したがって、実工事において計測を継続し、各係数の時間的変化を把握することにより、さらに精度の高い推定を実施していく予定である。

【参考文献】

- 1) 石山、高野、吉永、生駒：新潟みなとトンネル建設工事における復水工法的设计—より適切な設計を目的とした注水試験の実施—、土木学会第50回年次学術講演会、1995年9月（投稿中）
- 2) 立川、土橋、大田、吉本：地盤沈下対策を目的とした大規模復水工法、土木学会論文集第421号/VI-13(報告)、pp223~pp231、1990年9月
- 3) 建設省土木研究所他：地下空間における地下水環境の保全技術マニュアル（案）—復水工法的设计・施工法—、共同研究報告書、第81号、1993年3月

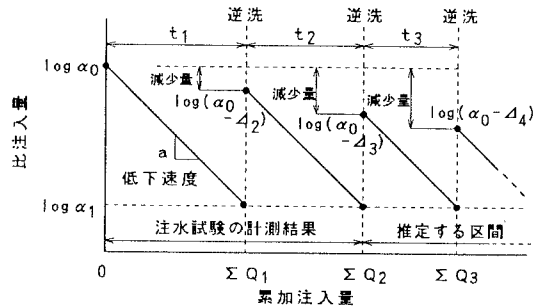


図3 推定する比注入量の推移状況

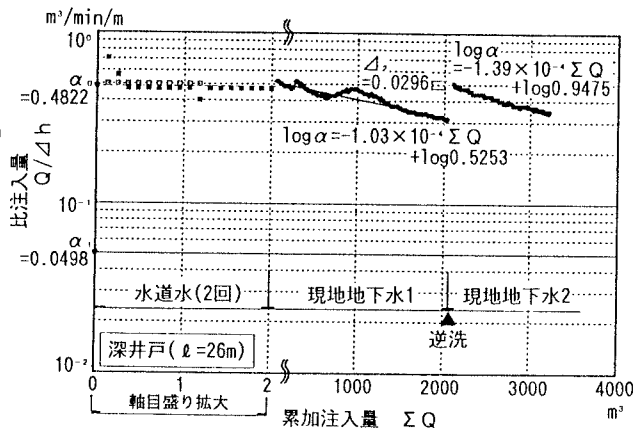


図4 試験結果（深井戸）

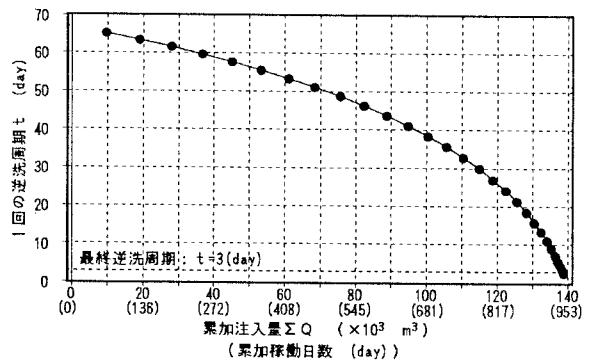


図5 逆洗周期の算出結果（深井戸）