

III-388 復水工法における地下水挙動に関する考察

千葉県真間川改修事務所
鹿島建設(株) 技術研究所
鹿島建設(株) 東京支店

大橋 哲夫
正員 鬼木 剛一
天野 光也

清沢 健一
正員○笹倉 剛
正員 平 和男

1. はじめに

地下水位の高い都市部での開削工事やトンネル掘削工事では、補助工法として地下水位低下工法を採用することが多い。その場合、周辺部において井戸枯れや地盤沈下などの問題が生じることがある。このような問題に対処する方法の一つとして、地盤沈下などの影響地域の地盤に復水し、地下水低下を極力抑える復水工法が最近注目されている。しかし、復水を行う場合、復水の効率は揚水時に比べ低下することが知られているが、その定量的な評価法は現状では確立されていない。

そこで、実際のトンネル工事において事前の揚水・復水試験結果から得られた水理定数を用いて復水時の地下水挙動の予測を行い、実測値との比較によりその適用性及び評価法を検討したのでその概要を報告する。

2. 地下水挙動の予測

地下水挙動の予測は、図-1に示すような土盛り約20mの住宅密集地下の帯水細砂層中に、分水路トンネルを構築する工事を対象に行った。

ここで、トンネル上半部付近に存在する不圧帯水層 (D_{s1} 層) 及び下半部付近に存在する被圧帯水層 (D_{s2} 層) の地下水位を低下させた場合、周辺宅地部での井戸枯れや、圧密沈下の発生が懸念された。そこで、 D_{s1} 層についてはトンネル近傍にコラムジェットグラウト工法と薬液注入工法の併用による遮水壁を構築するとともに、民家の井戸や池から復水を行い、 D_{s2} 層については工事区域周辺に復水井を設置して復水を行うことにより、それぞれの層の地下水位の回復を図ることにした。

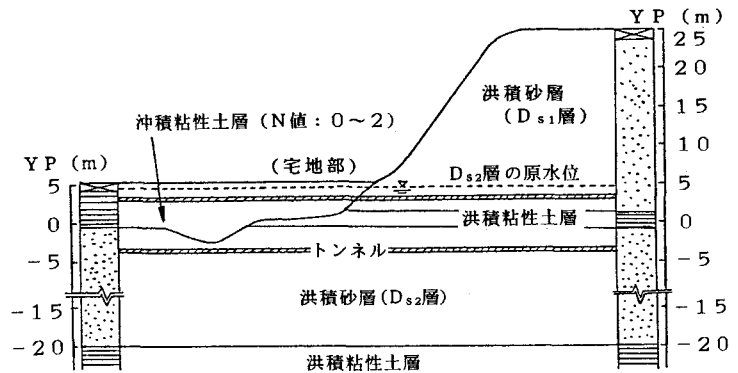


図-1 土層断面図

ここで、 D_{s1} 層についてはトンネル近傍にコラムジェットグラウト工法と薬液注入工法の併用による遮水壁を構築するとともに、民家の井戸や池から復水を行い、 D_{s2} 層については工事区域周辺に復水井を設置して復水を行うことにより、それぞれの層の地下水位の回復を図ることにした。

ここでは、そのうち事前に実施した D_{s2} 層の地下水挙動の予測解析結果について述べる。

2. 1 揚水・復水試験

地下水挙動の予測解析を行うに際し、揚水・復水対象層である D_{s2} 層の透水係数を把握するため、事前に揚水・復水試験を実施した。試験結果の解析は、いずれも定常井戸理論を用いて行った。

その結果、揚水試験時の測定データから D_{s2} 層の透水係数 (k) は $k = 1.5 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ なる値が得られた。これに対して、復水試験時の測定データから得られた見掛け上の透水係数 (k') は $k' = 5.0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ と、 k と比較して小さめの値となった。これは、地盤に復水する場合には、その水に混在する物質による井戸及び土粒子の目詰り等により、復水の効率が低下することに起因するものと考えられる。ここで、定常状態に達した時点での復水時の見掛け上の透水係数と揚水時の透水係数の比を復水効率 ($\alpha := k' / k$) と定義して、今回の試験結果をもとに α を求めると $\alpha = 0.33$ なる値が得られた。

2. 2 地下水挙動予測

揚水・復水の対象層は D_{s2} 層のみで、しかも工事区域周辺において複雑な不陸面を有しており、井戸の配置も平面的に散在することから、解析に当たっては鉛直方向の帯水層層厚の変化を考慮でき、かつ平面的な井戸の配置を表現できる準三次元浸透流解析手法を用いた。また、復水時の見掛け上の透水係数は、事前に実施した復水試験結果より $k' = \alpha k = 5.0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ と設定した。

図-2に示すように揚水井をトンネル周辺に7本、復水井を圧密沈下の発生が懸念される宅地部を中心に13本設置した場合の、図中A-A'断面における定常状態での地下水位の解析結果を図-3に示す。

これより、同図中に併記した揚水のみを行った場合の地下水位解析結果と比較すると、復水井周辺において復水により約1.0mの水位上昇が期待できる。なお、このときの総揚水量は $Q_P = 2000 \text{ l/min}$ (1本当り $q_P = 170 \sim 400 \text{ l/min/本}$)、総復水量は $Q_R = 390 \text{ l/min}$ (1本当り $q_R = 6 \sim 60 \text{ l/min/本}$)であった。

3 予測結果の検証

事前の予測結果に基づき、揚水井7本、復水井13本を配置して本施工を行った。ほぼ定常状態に達した時点でのA-A'断面における地

下水位の実測値を図-3に併記した。総揚水量の実測値は $Q_P = 1400 \text{ l/min}$ (1本当り $q_P = 100 \sim 320 \text{ l/min/本}$)、また総復水量は $Q_R = 280 \text{ l/min}$ (1本当り $q_R = 6 \sim 35 \text{ l/min/本}$)であり、いずれも予測値の約70%の値となっている。このため、地下水位形状については、実測値は予測値に比べ、やや低い値となっているものの、全体的にはほぼ同様な傾向を示していることがわかる。

4. 復水効率

実際に復水効率(α)を求める場合、今回行ったように事前に復水試験などにより求める方法が、現状では一般的である。一方、地盤に応じた復水効率を事前に決定する方法があれば、復水試験を実施することなく復水を行うことができ、工期の短縮や経費節減が可能となる。

そこで、当社の過去の復水工法施工実績及び既発表文献など¹⁾をもとに、地下水位が定常状態に達した時点以後のデータについて、地盤の透水係数と復水効率の関係を整

理した。結果は図-4に示すとおりで、これによると地盤の透水係数が $10^{-3} \sim 10^{-1} \text{ cm/sec}$ の場合には、復水効率は $\alpha = 0.1 \sim 0.4$ の範囲に分布しており、透水係数が小さいほど復水効率も小さくなっていることがわかる。ただし、復水期間、復水する水の水質及び井戸の構造(逆洗浄の可否等)などにより井戸に目詰りが生じた場合には、復水効率は変化すると考えられることから、その定量的な評価については今後さらに検討が必要である。

5. おわりに

今回の検討結果から、事前に復水効率(α)を設定することにより、復水工法採用時の地下水挙動をある程度の精度で予測できることがわかった。復水効率(α)の定量的な評価法については、今後さらに井戸の目詰りなどによる経時変化なども考慮して検討する必要がある。

参考文献

- 1) 例えば、永井圭三郎、鈴木実;新潟市中部下水処理場(ポンプ場)建設における地下水注入還元工法, 土木施工, Vol. 17, No. 5, pp. 11 ~ 16, 1976. 4

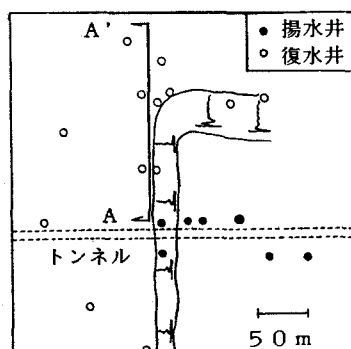


図-2 井戸の配置

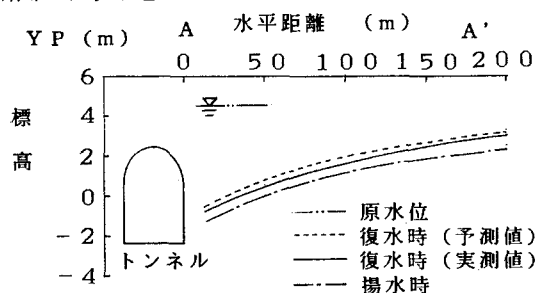


図-3 A-A'断面地下水位形状

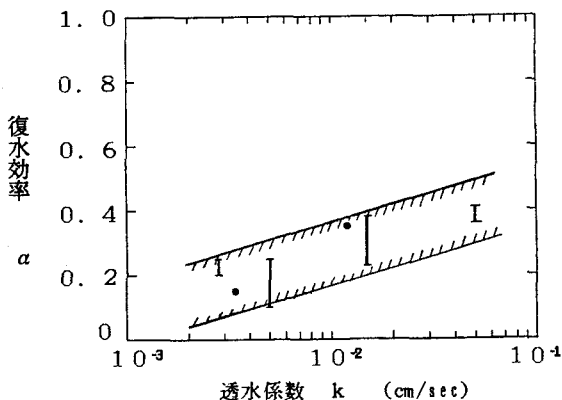


図-4 透水係数と復水効率の関係