

小口径復水井による現場復水試験

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 ○初澤 祐介
小松 辰己

1 はじめに

千葉市花見川区における道路と鉄道との立体交差化工事において、JR 線、京成線直下の道路涵体を施工する際、地下水低下工法を用いることを予定している。しかし、周辺地域は市街地であり、揚水による地下水水位低下の影響が広範囲に及ぶことが懸念される。その影響を少なくするため、一般に、地下水低下工法として地盤改良による止水を行いつつ、地下水を揚水することが考えられるがコスト高になる場合が多い。そこで、周辺に復水井を配置し、揚水した地下水を透水層に還元することを考えている。今回、復水井の配置検討を行うにあたり、周辺地盤の平均的な透水性能（透水量係数、貯留係数）を把握するため、現場揚水・復水試験を行ったので、その結果について報告する。

2 揚水試験

2.1 試験内容

揚水試験では、図 - 1 に示すように揚水井（DW-1）周辺に観測井（K-1～6）をランダムに複数配置し、地下水位の経時変化などを計測する。これにより、周辺地盤の平均的な透水性能（ T ：透水量係数、 S ：貯留係数）を算出し、水位低下値（地下水位ライン）の計算に必要なパラメータを得る。また、地下水位ラインの乱れなどから周辺地盤の地層が一樣であるかどうかを推察する。本試験は、段階揚水試験により地下水の層流から乱流に変わる境界から決まる適正揚水量 $0.24\text{ m}^3/\text{min}$ で連続揚水し、時間の経過に伴う観測井の水位低下状況を計測する。

2.2 パラメータの算出

水位低下量の算定式には、井戸理論により「非定常式」と「定常式」の二種類がある。通常、非定常に Theis（タイス）の式、定常に Thiem（ティーム）の式がそれぞれ用いられる。ここでは時間ごとの水位変化を計測し、非定常式による検証が必要であるため、(1)に示す非定常のタイスの式を用いる。

$$s = H - h = \frac{2.30Q}{4\pi T} \log_{10} \left(\frac{2.25Tt}{Sr^2} \right) \quad (1)$$

ここで、 s ：井戸から r だけ離れた位置の水位低下量（ m ）、 Q ：揚水量（ m^3/min ）、 r ：揚水井からの離れ距離（ m ）、 T ：透水量係数（ m^2/min ）、 t ：継続揚水時間（ min ）、 S ：貯留係数である。

地下水位の低下量は指数関数で求められるため、ある場所の水位低下量が実測されたとしても、これを基に透水性能（透水量係数、貯留係数）を直ちに求められない。そこで任意の透水量係数・貯留係数を与えて、理論上の地下水位ラインを求め、実際のデータと比較し、最も近似した曲線を与える透水量係数・貯留係数

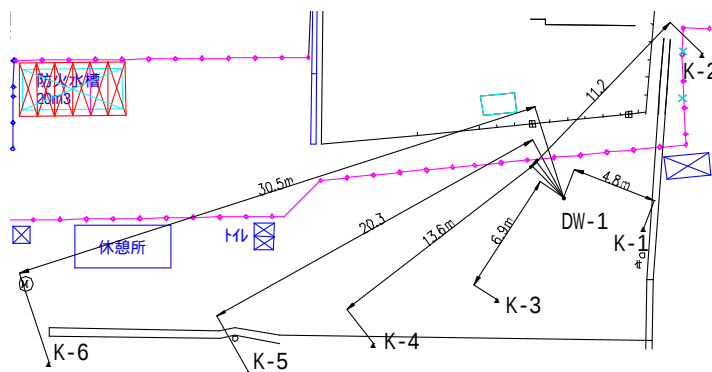


図 - 1 揚水井と観測井の配置図

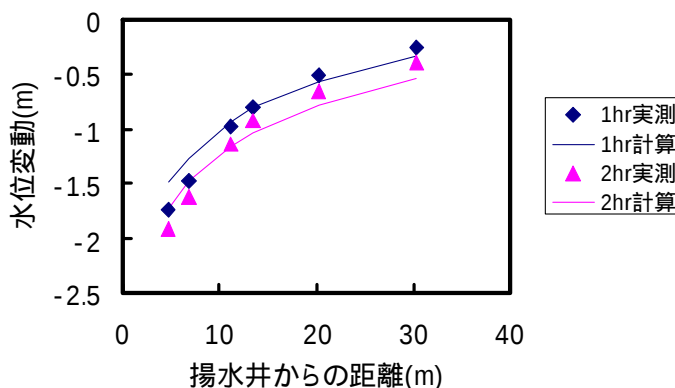


図 - 2 揚水試験結果と計算結果

を地盤の透水性能とする、パラメータフィッティングの手法で算出する。この算出方法を用いて、計測された地下水位ラインの経時変化から周辺地盤の平均的な透水性能（透水量係数、貯留係数）を算出した結果、透水量係数 $T=5.8 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$ 、貯留係数 $S=0.00414$ となった。図 - 2 に実測値と計算値の地下水位の経時変化を示す。試験結果と計算結果はおおよそ一致しており、計算によって地下水位ラインを再現できているものと推察される。また、計測した地下水位のラインは指数関数的になっており、地下水位に大きな乱れがないことから、周辺地盤の地層は、ほぼ一様であることが推察される。

3. 復水試験

一般的に、多孔質媒体中の透水性については、吸水・排水でその性能が違うことが知られている。¹⁾ 当地盤においても、揚水と復水では透水性能が異なることも考えられる。そこで、単井および群井による復水試験を実施した。図 - 3 に示すように単井復水試験については復水井（RW-3、口径 $\phi 100\text{mm}$ ）から復水したときの観測井（K-1～6）の地下水位ラインの経時変化を、群井復水試験については復水井（RW-1～3、口径 $\phi 100\text{mm}$ 、3m 間隔）から復水したときの地下水位ラインの経時変化を計測した。これらの地下水位ラインを揚水試験で求めた透水性能を用いて計算した地下水位ラインと比較し、その再現性を確認した。その結果を図 - 4 及び図 - 5 に示す。単井、群井ともにほぼ地下水位ラインを再現できたと考えられる。単井注水試験から 2.2 と同様の方法で透水量係数と貯留係数を算出すると、透水量係数 $T=5.87 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{min}$ 、貯留係数 $S=0.00648$ となり、揚水試験の結果とほぼ同等の値になった。以上のことから、今回の試験範囲内では、揚水と復水による透水性能はほぼ同じであると推察される。

4. おわりに

今回、復水井の配置検討に必要な平均的な透水性能（透水量係数、貯留係数）を把握するために、現場揚水・復水試験を行った。揚水及び復水試験の地下水位ラインから周辺地盤の地層は、ほぼ一様であることが確認された。また、揚水試験により算出した平均的な透水性能（透水量係数、貯留係数）を使って、おおよそ揚水・復水における地下水位ラインが再現され、適切な井戸の配置を検討する際に必要な地盤の透水性能を得ることができた。今後、長期的な揚水・復水に伴って地盤の変化などが起きて地下水位ラインに大きな変化がでてきても、その時点での計測データを使って適切な透水性能を算出することで、地下水位ラインの経時変化の予測精度を向上させることができると考えられる。

【参考文献】

- 1) 土壌物理研究会：土の物理学 - 土質工学の基礎 - 、森北出版社、1979

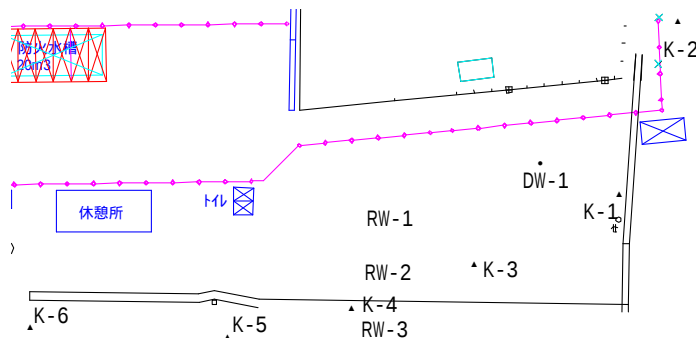


図 - 3 復水井と観測井の配置図

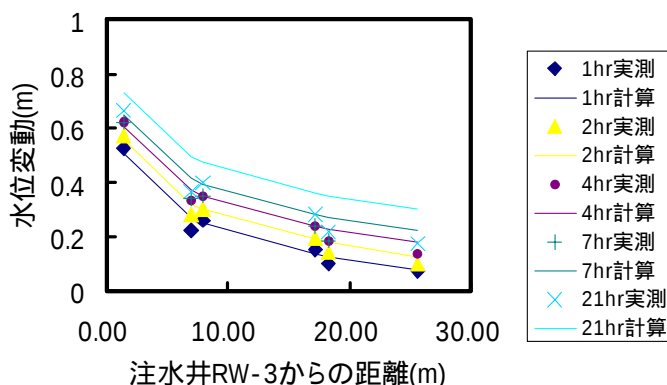


図 - 4 単井復水試験結果と計算結果

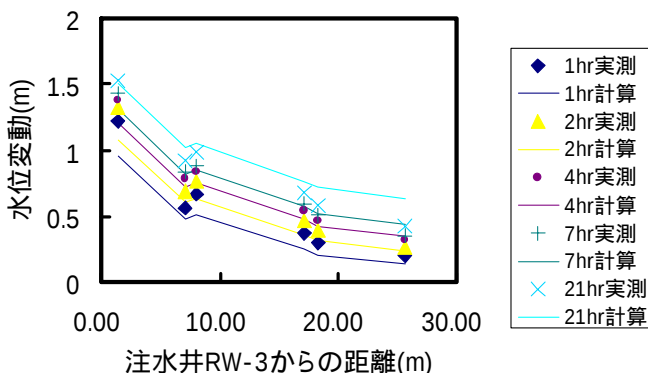


図 - 5 群井(3m 間隔)復水試験結果と計算結果