

岩盤における揚水試験の留意点

福岡市交通局 萩原 兼秀
財団法人 大阪土質試験所 今西 肇

1. まえがき

近年、都市トンネルへのNATMの適用により、比較的短期間に経済的にトンネルを構築できるようになった。しかし、地下水位が高い場合には補助工法としてディープウェル工法等の排水工法や、薬液注入工法等の止水工法が必要である。今回、福岡市の地下鉄建設に際して、地下水位が高く亀裂の多い古第三紀層中をNATMで掘削する計画に当たり、事前に岩盤中において揚水試験を実施した結果、土砂地盤の場合と異なった成果を得たので、事例のデータをもとに考察するものである。

2. 岩盤の透水性評価

岩盤の透水性を知ることは、トンネル掘削の難易度、経済性を判断する上で非常に重要な要素である。
(表-1) 一般に岩盤の透水性は、現場透水試験(ボーリング孔を利用した単孔式透水試験やルジオン試験)によることが多く、地盤全体の評価が困難である。

また、透水位置の特定は、主として電気検層を用いてるが、必ずしも十分でない。。図-1は、揚水試験近傍において電気検層と地下水検層を同じボーリング孔を利用して実施し比較した例である。これによると、透水層・不透水層が電気検層に見つけられるとは言い難い。そこで、多孔式揚水試験と地下水検層を組み合わせることにより、従来、電気検層では十分とらえられなかった水みちや透水岩盤を特定でき、透水係数を修整することによって、効果的な排水計画を立てることが出来た。

3. 揚水試験概要

揚水試験は、福岡市博多区中比恵公園内で行った。揚水井戸・観測井戸の配置および地質構造を図-2に示す。、図-3には代表的な柱状図を示し、柱状図右には揚水試験中において実施した地下水検層の結果を併記した。

長期揚水試験は、 $Q = 0.4 \text{ m}^3/\text{分}$ で17日間実施した。図-4は、定量揚水に伴う揚水井戸内の水位低下の状態、および観測井戸内の水位低下の関係を示している。

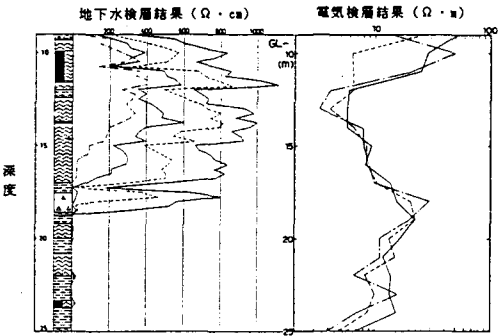
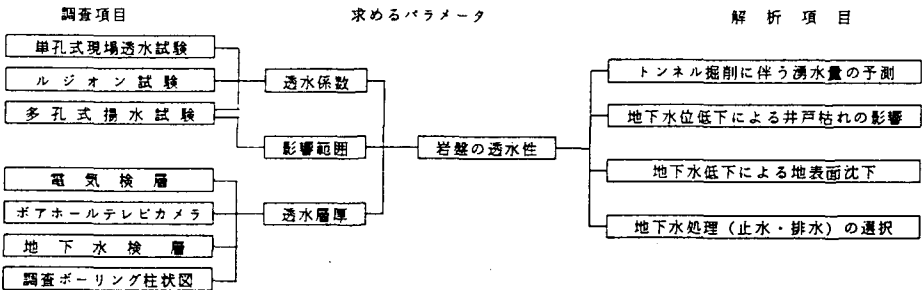


図-1. 電気検層と地下水検層の比較

表-1 トンネル工事における調査と解析の関係



岩盤中の透水層は、図-3に示す地下水検層の結果より3層確認された。また、揚水井戸の水位低下速度からも不透水層の存在が確認された。すなわち、図-4において、揚水後 $t_a \sim t_{a'}$ 、 $t_b \sim t_{b'}$ 、 $t_c \sim t_{c'}$ 、 t_d 以深はそれぞれ地盤中の不透水層における急激な水位低下であり、地下水検層の結果と対応している。

また、同じように揚水井戸から3.5m離れた水位観測井戸(OW-4)の各深度の水位低下と揚水井戸の水位低下からも、透水層の存在が確認された。すなわち、 $t_b \sim t_a$ の時にはa点の水位低下速度が最も大きく、B点、C点では小さい。しかし、 $t_a \sim t_c$ の時には、A点の低下速度は一定となり、B点・C点では大きくなる。

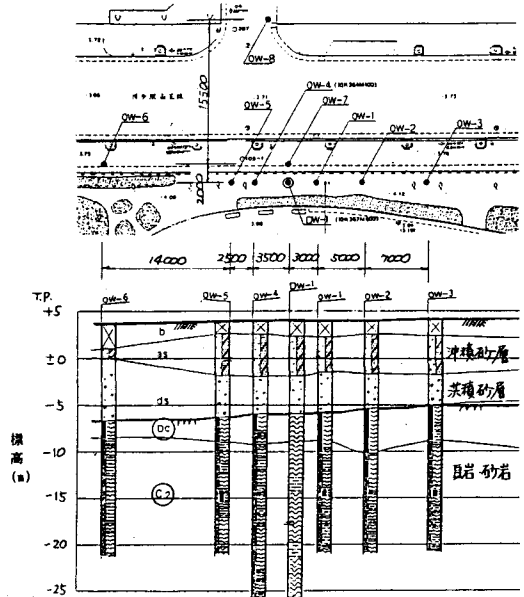


図-2. 揚水井戸・観測井戸配置図および地層断面図

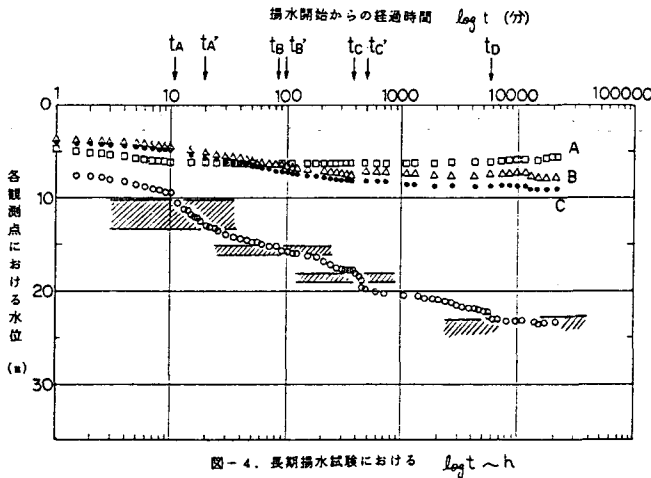


図-4. 長期揚水試験における $\log t \sim h$

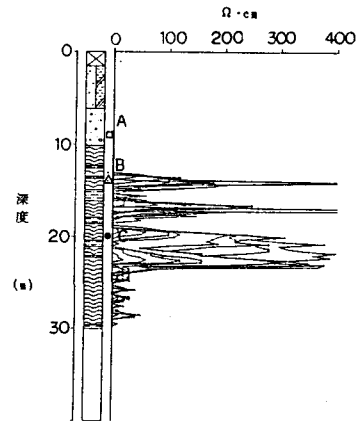


図-3. 地下水検層結果

4. まとめ

岩盤における揚水試験次の点に留意する必要がある。①岩盤においても透水地盤と不透水地盤がある。②透水地盤の特定は、仮揚水試験時に近接の観測孔内にて地下水検層を行い決定する。③揚水試験の解析結果に透水地盤の位置を反映させ、透水係数を修正する。

従って、本工事の排水計画に際しては、ディープウェルの設置深度・設置方法・揚水範囲等について地下水検層を併用した揚水試験を実施することが望ましい。

5. おわりに

現在、福岡市では揚水試験の解析結果をもとに、ディープウェルより排水を行いつつNATMによりトンネルを掘進中である。今後、実測データと計画段階での予測との比較を行うつもりである。