

大阪市交通局 岸尾俊茂 高崎 肇
 (株)鴻池組 松井和彦 嶋村貞夫
 濱野隆司 ○三好忠和

1. はじめに

2層系帶水層地盤を対象とした排水計画は、一般に単孔式透水試験等により各層の透水係数を求めて行われている。しかしこれらの試験法により求められた透水係数は試験を実施したポイント近傍の透水性を表すため、地層が大きく変化する地盤では、この値を用いて排水計画を行うと、合理的な設計が行えないことがある。このような条件下での排水計画は広範囲にわたる水理特性をマクロ的に評価できる多孔式揚水試験により透水係数を算定して行われる¹⁾が、上部層が遮水された状況等では、各層ごとの透水係数を求めることが必要となる。しかしながら、多孔式揚水試験により各層の透水係数を求める方法については明確になっていないことから、その点の検討が必要と考えられる。今回大阪市営地下鉄7号線建設工事において多孔式揚水試験を実施し、2層系帶水層地盤の透水係数の算定を試みたのでその結果について報告する。

2. 揚水試験の概要

図-1に地盤概要を示す。対象となる被圧帶水層はOP-22～-39mに分布する層厚2～8mの洪積砂礫層(Ttsg)と層厚13m程度の大坂層群砂層(0s5)からなり、2層の間には地下水水流を遮る不透水層は存在していない。被圧水位は上下両層ともOP-10mである。その上下には沖積粘土層(Ac)および大阪層群粘土層(0c4)が分布している。事前の粒度試験結果から上部層の透水性は下部層より1オーダー程度大きいことが予想された。

土留め壁は上部層を遮水するため下部層に2m以上根入れしている。掘削は盤ぶくれ対策とドライ掘削のため地下水位を低下させて行う。このような状況で最適な排水計画を立案するため揚水試験を行い、各層ごとの浸透特性の算定を試みた。図-2に揚水井と観測井の平面位置図を示す。揚水井No.1は図-3に示すように上部層のストレーナーを締め切ることにより下部層のみからの揚水もできる構造となっており、この揚水井で2種類の試験を実施した。試験1は下部層のみから、試験2は上下両層から揚水を行うものである。揚水流量は試験1・2でそれぞれ $1.5\text{m}^3/\text{min}$ と $2\text{m}^3/\text{min}$ とし、井戸内水位が上部層上端より下がらないように揚水を行った。試験2は別途設置した揚水井No.2でも行った。両層の水位変動の差異を測定するため同一平面位置で上下層下端付近に間隙水圧計を設置した。

3. 透水係数算定法

透水係数算定フロー図を図-4に示す。試験1では上部層から井戸内への直接の流入はないことから上部層を涵養源と考え、実測揚水流量と両層被圧水位分布を用い、図-5に示す下部層のみモデル化した軸対称FEM浸透流解析を実施し、下部層透水係数を算定した。解析モデルは最も遠い観測井のある100mまでとした。下部層透水係数の算定手順は次のとおりである。①透水係数と境界条件の1つである井戸内水位をパラメータ

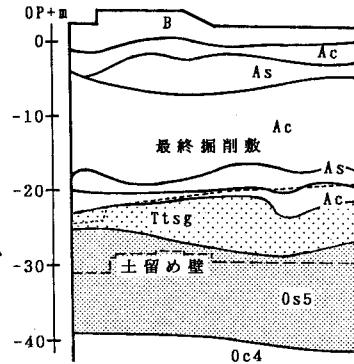


図-1 地盤概要

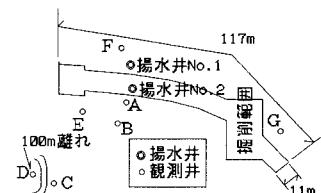


図-2 揚水井・観測井平面位置図

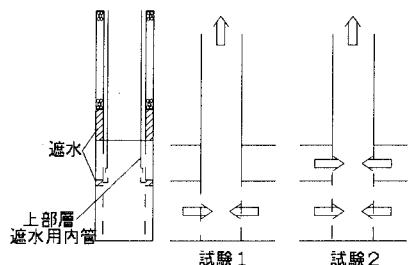


図-3 揚水井構造図

とし、②上部層実測水位分布をモデル上部と端部の境界条件として与え、③下部層水位分布の実測値と計算値の残差の二乗和が最小となるように井戸内水位を決定し、④この時の計算流量と実測流量の比から下部層の透水係数を算定する。一方、上部層の透水係数の算定は、①試験2より両層一体とした透水量係数を求め、②試験1で求めた下部層透水係数を式(1)に代入し算定する。

4. 揚水試験結果および考察

試験に先立ち井戸の上部層締め切りの止水性を揚水井の内管と外管との間に設置した間隙水圧計により確認した。以下に試験結果の一例を示す。下部層透水係数は $1.32 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ が得られた。図-6および図-7はそれぞれ試験2におけるJacob法とThiem法による透水量係数算定図を示したものである。Theis法は比較的初期のデータを用いるが、揚水初期は両層の水圧変動の挙動が大きく異なり、両層一体とした透水量係数の算定が困難なため今回は利用しなかった。試験より得られた浸透特性を表-1に示す。同表には試験2の回復試験より求めた透水係数も併記した。上部層の透水係数は整理法の違いから $7.03 \times 10^{-2} \sim 2.62 \times 10^{-1} \text{ cm/sec}$ とばらつきはあるものの、両層の水圧変動が近似してくる後半のデータを利用したJacob法では2倍程度に収まっており、比較的精度よく試験が行われたと考えられる。今回得られた上部層の透水係数はこの層の単層地盤での揚水試験から得られた $1.1 \times 10^{-1} \text{ cm/sec}$ と同程度の値となっており、今回的方法により2層系帶水層地盤の透水係数を算定することが可能と考えられる。

表-1 揚水試験結果一覧

下部層透水係数 $k_2 (\text{cm/sec})$	1.32×10^{-2}
<hr/>	
上部層透水係数 $k_1 (\text{cm/sec})$	
上部層水位より	
Jacob法	$2.37 \sim 2.74 \times 10^{-1}$
回復法	$0.79 \sim 1.91 \times 10^{-1}$
Thiem法	$1.12 \sim 1.49 \times 10^{-1}$
下部層水位より	
Jacob法	$1.16 \sim 2.37 \times 10^{-1}$
回復法	$0.87 \sim 2.12 \times 10^{-1}$
Thiem法	$7.03 \sim 8.28 \times 10^{-2}$
貯留係数(両層平均)	9.95×10^{-4}
影響範囲距離(m)	上部層 1500 下部層 400

5. まとめ

今回2層系帶水層地盤において、下部層のみおよび両層からの揚水試験を行い、実測値を基にFEM解析を併用することにより各層の透水係数の算定を試みた。その結果、今回提案した手法により各層の透水係数を合理的に把握できることが検証できた。

なお、現在はこの結果を基に排水計画を行い、施工を進めている。今後は確認揚水試験と実施工の結果を基に今回の方法の妥当性を検討する予定である。

【参考文献】1)高坂信章:『誌面講座“最近の地下水調査方法と計測技術” 5.2 多孔式揚水試験』、地下水学会誌 vol35, No. 4, pp. 313-323, 1993

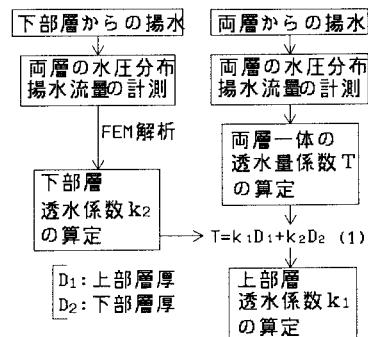


図-4 透水係数算定フロー

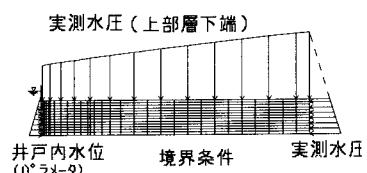


図-5 FEM解析モデル

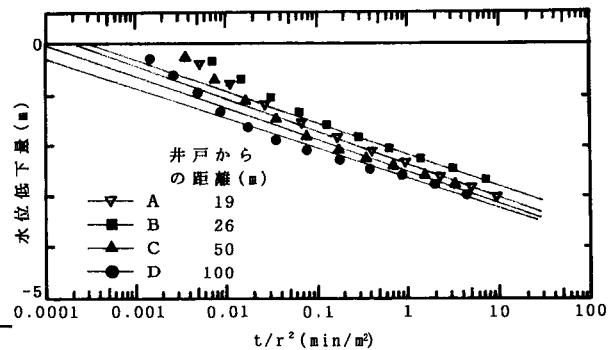


図-6 Jacob法による透水係数算定図

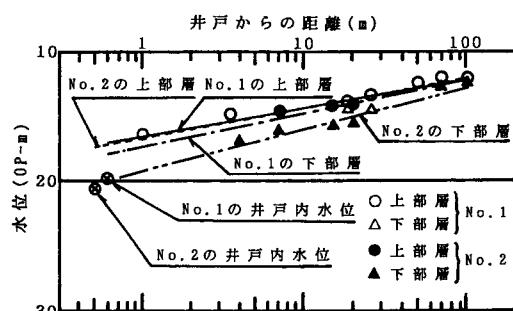


図-7 Thiem法による透水係数算定図