

揚水試験

Pumping Test

土木・建設工事の排水工法計画

に必要な地下水の水理定数を求める試験

概要

土木・建設などの地下掘削工事における地下水排水計画（水替え計画）は、工費（下水料金）や周辺地盤影響（地盤変状）を考える上で非常に重要です。

地下水の特性を求める試験には、現場試験として「単孔を利用した透水試験」および「揚水試験」の大きく2つに分類されますが、より広い範囲の地盤の水理定数（透水量係数および貯留係数）を求めるには揚水試験が広く用いられます。水理定数は、排水工法的设计（定常・非定常）に直接用いられ、掘削工事における非定常（揚水初期）や定常状態の地下水位低下量と必要な揚水量の関係などが求められます。

揚水試験は揚水井より地下水を汲み上げ、その周囲に設置した複数の地下水観測井で、揚水量と地下水位低下の関係を経時的に測定する試験です。

その水位変動曲線に基づき水理定数を求めます。試験は間隙水圧計と流量計を使用してパソコンで集中管理しながら行います（写真-1）。

揚水状況
（揚水井 取水状況）



写真-1 現場揚水状況

水位サンプリング
（パソコンによる）



流量計



試験方法

揚水試験の試験手順は、「揚水試験方法（JGS 1315）」として地盤工学会により基準化されています。試験は図-1のような井戸配置における試験状況時の平衡水位を求めた上で、大きく3通りの試験を順番に実施します。

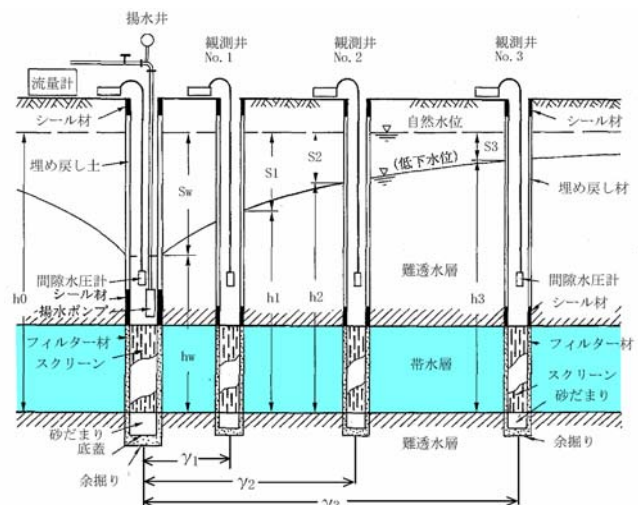


図-1 注1 揚水試験設備の設置例（被圧帯水層）

① 段階揚水試験（図-2、図-3 参照）

揚水流量を段階に増加させ、揚水流量と観測井の水位との関係を求めます。急激に水位が低下する流量（限界揚水流量）をグラフ上で求め、揚水試験時の揚水流量決定の資料とします。

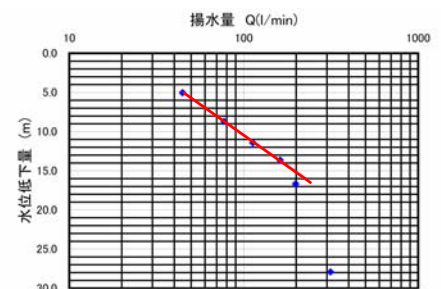


図-2 段階揚水試験結果の例

② 定流量揚水試験（図-4 参照）

限界揚水量 Q_c を超えない範囲で、試験揚水流量を決定（通常 Q_c の 70~80% 程度）し、揚水し続けた状況で観測井の水位観測を行います。揚水井および各観測井の水位がほぼ一定となるまで、数時間継続測定を行います。

注1：（社）地盤工学会「地盤調査の方法と解説」より

株式会社 東京ソイルリサーチ

本社 〒152-0021 東京都目黒区東が丘 2-11-16 TEL 03-3410-7221/FAX 03-3418-0127 URL <http://www.tokyosoil.co.jp/>お問合せ先 技術的事項 事業管理部 TEL 03-3410-1711/FAX 03-3418-1494
その他の事項 当社各支店および各営業所

③ 回復試験

定量揚水試験の後、揚水を停止し、停止後の経過時間と、各観測井の水位を測定します。平衡水位までの回復した時点で試験を終了します。

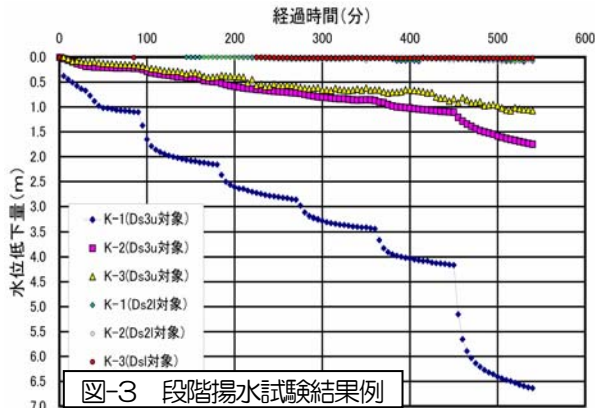


図-3 段階揚水試験結果例

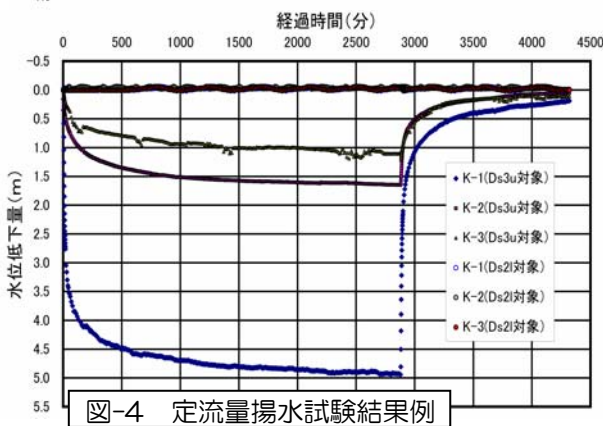


図-4 定流量揚水試験結果例

試験結果

試験時の揚水量と水位低下量の関係などから帯水層の水理定数を以下の方法により求めます。

代表的な結果の整理方法に曲線一致法、直線勾配法があります。前者が Theis(タイス)の方法、後者が Jacob(ヤコブ)あるいは Thiem(ティーム)の方法です。これらは地下水の状態で定常状態、非定常状態で使い分けられています。

(1) 曲線一致法

本手法は非定常状態の揚水量と水位測定結果から理論水位低下量曲線とマッチングさせることで水理定数(透水量係数 T, 貯留係数 S など)を求めるものです。

① 揚水開始後の観測井の水位低下量 s を次式から算定します。

$$s = h_0 - h \quad \dots \dots \dots \text{(式-1)}$$

ここに s : 観測井戸の地下水位低下量(m)

h_0 : 平衡水位(m)

h : 経過時間 t における観測井の水位(m)

② 試験結果を両対数紙上に $s - (r^2/t)$ 関係で整理する。

r : 揚水井から観測井までの距離(m)

③ 試験結果を標準曲線に重ねて上下左右に平行移動し、最も良く一致したときのグラフ上の合致点(任意点)の座標 $[(1/\lambda)_m, W(\lambda)_m]$, $[(t/r^2)_m, S_m]$ を読み取ります。

$$T = \frac{Qp}{4\pi S_m} W(\lambda)_m$$

ここに

T: 透水量係数 (m²/min)

S: 貯留係数

D: 帯水層の厚さ (m)

Qp: 揚水量 (m³/min)

k: 透水係数(cm/sec)

$$S = 4T \frac{(t/r^2)_m}{(1/\lambda)_m}$$

ここに

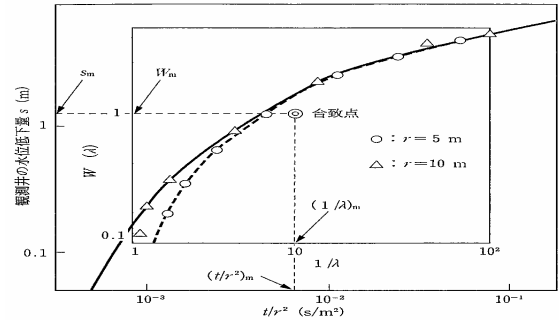


図-5 注1 曲線一致法での合致点の座標の求め方

(2) 直線勾配法

① $s - \log(t/r^2)$ の近似による直線勾配法 (図-6)

非定常状態の測定結果のプロットから直線に近似される横軸1サイクルに対応する s の差 a および $s=0$ 軸の交点座標 $(r^2/t, 0)$ を読み取ります。

$$T = \frac{2.3Qp}{4\pi u} \quad \dots \text{式-4}$$

$$S = 2.25T(t/r^2) \quad \dots \text{式-5}$$

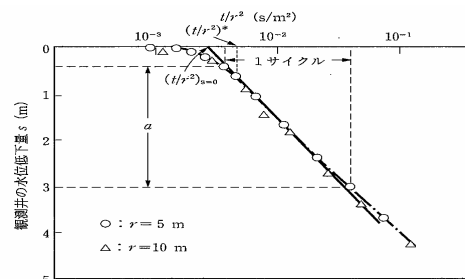


図-6 注1

② $s - \log r$ による直線勾配法 (図-7)

揚水井から観測井までの距離 r (m)と各観測井の水位低下量を定常状態の水位観測データを用いてプロットし、対数1サイクルに対応する水位差 a を読みとります。

$$T = \frac{2.3Qp}{2\pi u} \quad \dots \text{式-6}$$

また、近似直線を延長して横軸 $S=0$ との交点を影響半径 R (m)とします。

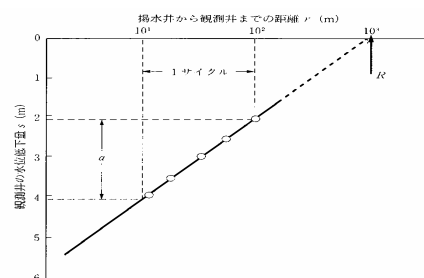


図-7 注1