

***** 揚水試験方法 *****

(1) 深井戸及び測定概略例

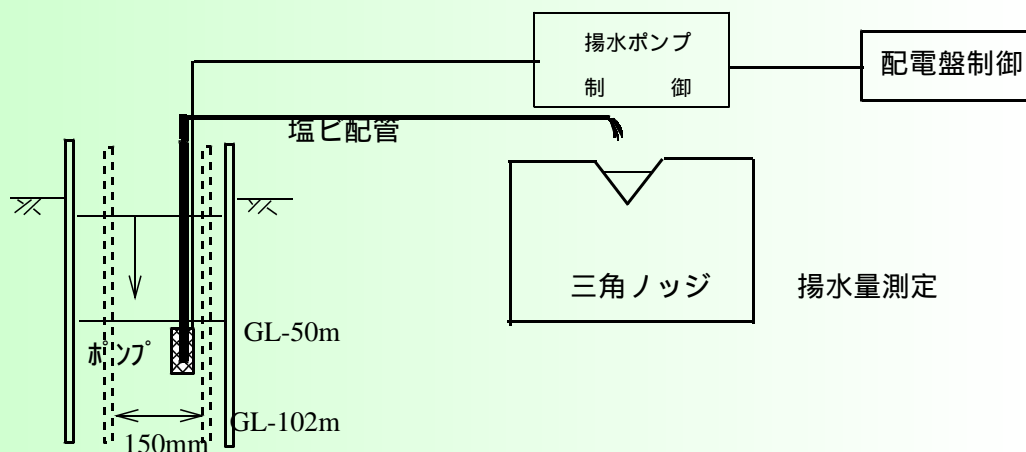


図1. 揚水試験機器設置図

使用機器及びその測定設置を図1に示す。

既設井戸は電触のため、井内に 150mm の塩ビパイプが挿入されてある。

このため、揚水ポンプは 65 mm サイズを用い、GL - 50 m に設置した。

初期水位はGL - . m (平成 15 年 月 日) にあった。

【揚水ポンプの諸元】

製品名：エバラポンプ 65BHS14615A

最大揚水量：600 ㎥/分 揚水高：80m

(2) 揚水試験方法

< 予備揚水試験 >

ポンプ能力及び井戸の性能を予め把握するため、揚水量 579 ㎥/分 (834 トン/日) で約3時間連続揚水を行い、水位低下量 - 時間関係を調べた。また、揚水停止時より、回復水位を翌朝まで測定した。

これより、段階揚水試験時の揚水量を決定した。

< 段階揚水試験 >

段階揚水試験は井戸における取水可能量を把握するために行うものである。

地下水はある一定の流れ(透水性)で帯水層の中を流れているが、井戸を開削し揚水を行うと、井戸における地下水の揚水量に比例して水位は降下する。しかし、湧水量以上の地下水の汲み上げが行われると井戸の中での水位降下は急激に増大する。そして、帯水層の透水性を越えた過剰な揚水は井戸周辺の帯水層の劣化(細粒分による目詰まり)を生じさせる。この境界付近の揚水量が「限界揚水量」と呼ばれるものである。

すなわち、この揚水量以上の揚水は井戸を老化衰退させて、枯渇させることになる。

一般的には揚水量の70～80%程度を「適正揚水量」と呼び、経済的に有効な揚水量と

して井戸の維持管理に用いている。

試験方法は、予備揚水試験で得られた井戸の最大揚水量を数段階に区分した揚水量で揚水を行い、各揚水量に対する水位低下量を測定し、揚水量と水位低下量を用いてグラフを作成する。各段階の揚水時間は1～2時間程度を目安とする。

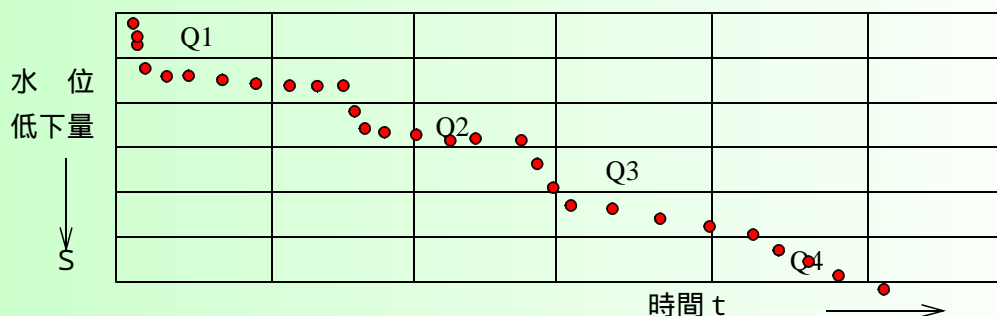


図2. 段階揚水試験 (t - s 曲線)

次に両対数グラフに各揚水量(Q)とその水位低下量(s)をプロットすると前述の限界揚水量付近でグラフはその勾配が変化し急勾配になる。この点を限界揚水量とし、その値から「適正揚水量」を推定する。

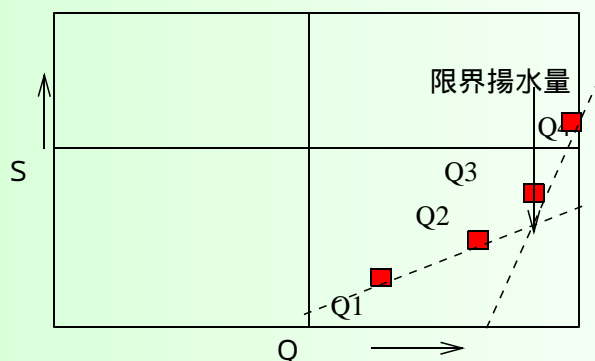


図3. 揚水量Q - 水位低下S曲線

< 連続揚水試験 >

帯水層の透水係数、透水量係数や貯留係数など水理定数を求めるために行う試験であるが、方法は次のように行う。

まず、段階揚水試験で得られた限界揚水量の範囲内で定量連続揚水を行い、その際に水位の経時変化を測定し、自然水位(初期水位)との差(水位低下量)を算出する。

そして、揚水の経過時間と水位低下量を用いてグラフを作成し、その曲線の傾きなどから帯水層の透水係数など水理定数を算出する。

水理定数の算出方法(解析法)は種々あるが、今回は非平衡式のJacob(ヤコブ)の直線解析法を採用して解析を行う。

非平衡式のJacobの直線解析法

片対数グラフの対数尺(x軸)に揚水の経過時間(t)を、算術尺(y軸)に水位降下量(s)をプロットし、其の曲線の傾きから透水量係数T及び透水係数kを算出する。

(計算式)

$$T = \frac{0.183 \cdot Q}{s} \qquad K = \frac{T}{H}$$

ここに、 T:透水量係数 (m³/d/m)
 Q:揚水量 (m³/d = 1440 ㍁/min)
 s:単位水位降下量 (m)...log(t₁/t₂) = 1の経過時間での水位降下量
 k:透水係数 (cm/sec)
 H:帯水層厚 (m)...ストレナー長で代用する。
 である。

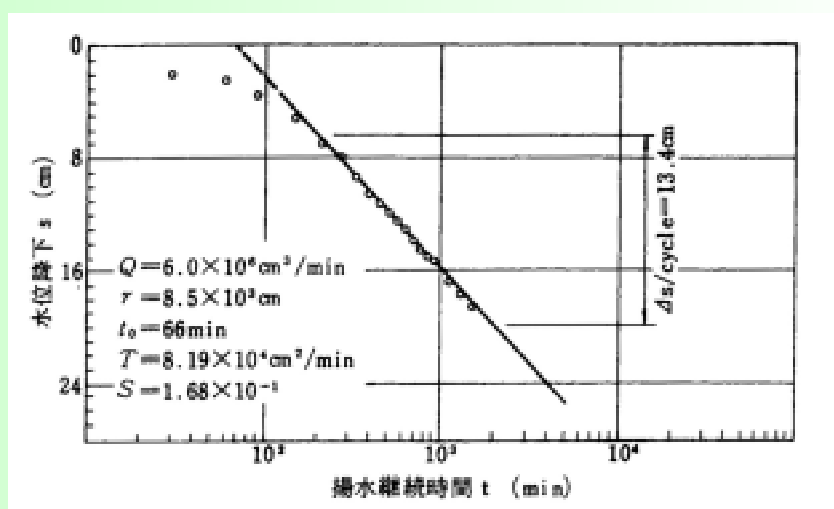


図4. ヤコブの直線解析法による解析例 (地下水ハンドブック P.307)

<回復試験>

連続揚水試験が終了すると直ちに水位の回復状況を測定し、経過時間tと回復水位s'を用いてグラフを作成し、連続揚水試験同様に、帯水層の水理定数を算出する。

用いる式は連続揚水試験のヤコブの式と同じ形式であるが、水位降下量の代わりに残留水位降下量s'を用いて計算を行う。

(計算式)

$$T = \frac{0.183 \cdot Q}{s'} \qquad K = \frac{T}{H}$$

ここに、 T:透水量係数 (m³/d/m)
 Q:揚水量 (m³/d = 1440 ㍁/min)
 s':残留水位降下量 (m)...log(t/t')の1サイクルでの残留水位降下量
 k:透水係数 (cm/sec)
 H:帯水層厚 (m)...ストレナー長で代用する。
 である。

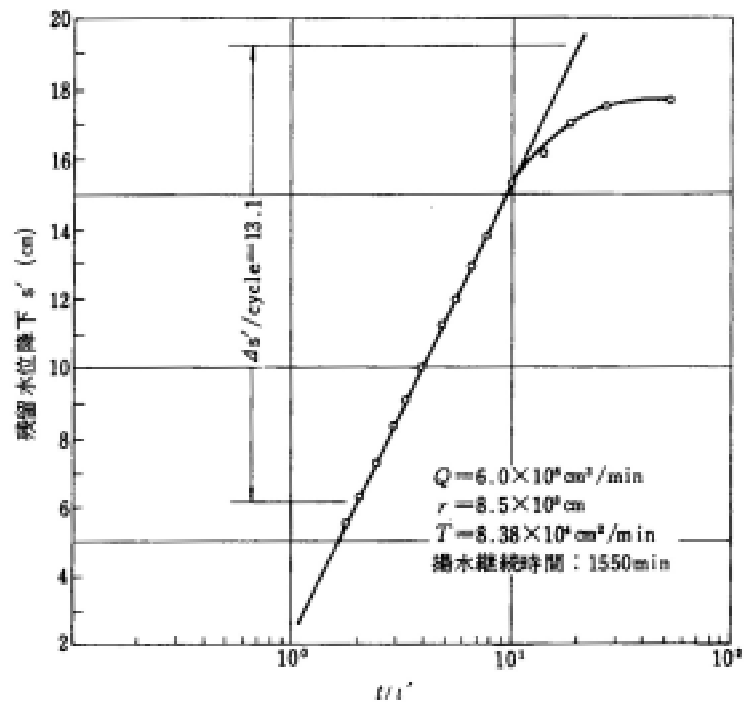


図5. 回復法による解析例 (地下水ハンドブック P.308)

***** 揚水試験結果 *****

1. 予備揚水試験

月 日に揚水量 5.79 ㎥/分 (834 ト/日) で約 3 時間連続揚水を行い、水位低下量 - 時間関係を調べた結果を図 1 - 1 に、揚水停止時より、回復水位を測定した結果を図 1 - 2 に示す。

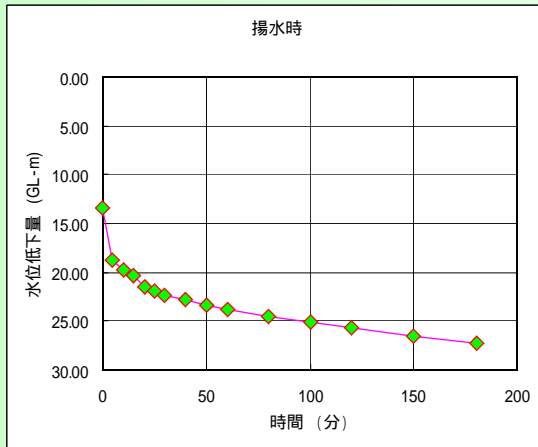


図 1-1 . 予備連続揚水試験

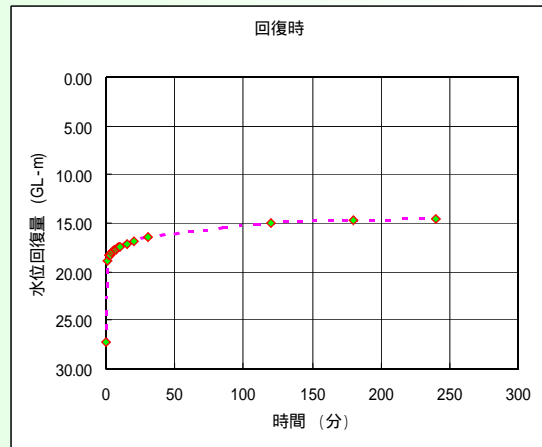


図 1-2 . 回復試験

3 時間揚水した結果、水位低下量 s は 13.8 m (= 27.2 - 13.4) であり、当揚水量では 3 時間後もまだまだ水位低下する傾向が上図 1-1 より分かり、限界揚水量を超えているようである。

回復水位は比較的もどりが早く、翌朝には GL - 13.60 m にあった (揚水前は GL - 13.40 m)。

2.段階揚水試験

予備揚水試験結果（連続579ℓ/分）から、ポンプ性能600ℓ/分を最大揚水量として5段階に区分して段階揚水試験を行った。

結果を表2-1、図2-1、2-2に示す。

表2-1. 段階揚水試験結果一覧

| 項目 | 揚水量Q | | 揚水水位 | 水位降下量S | 比湧出量 |
|-------|-----------|-----------------------|-------|--------|-----------|
| | (l/min) | (m ³ /day) | | | |
| 単位 | | | GL-m | (m) | (l/min/m) |
| 第1段階 | 152 | 219 | 15.30 | 1.70 | 89.4 |
| 第2段階 | 300 | 432 | 17.30 | 3.70 | 81.0 |
| 第3段階 | 452 | 651 | 21.01 | 7.41 | 61.0 |
| 第4段階 | 558 | 804 | 25.81 | 12.21 | 45.7 |
| 第5段階 | 600 | 864 | 27.90 | 14.30 | 41.9 |
| 限界揚水量 | 400 | 576 | | | |
| 適正揚水量 | 350 | 504 | | | |
| 静水位 | GL-13.60m | | | | |

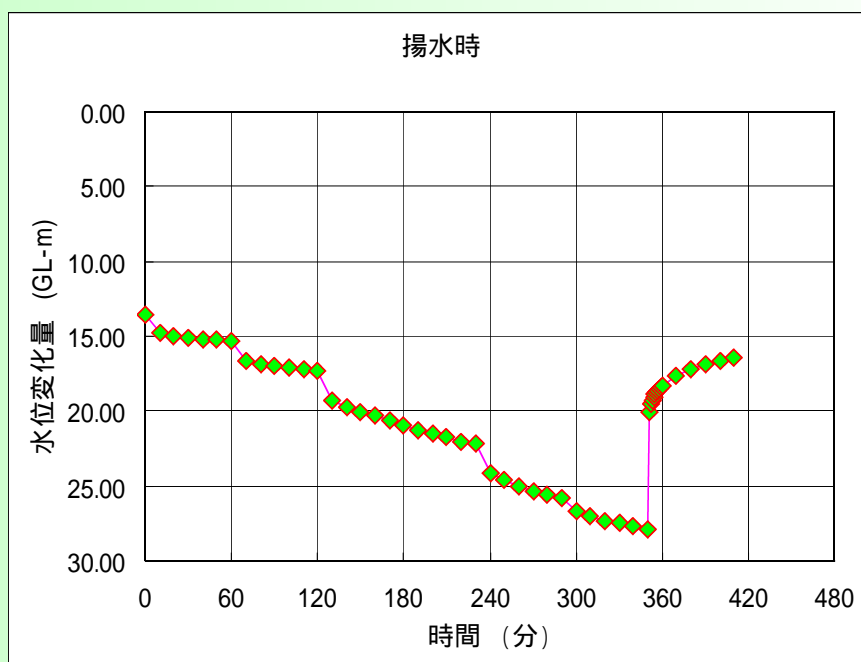


図2-1. 段階揚水試験結果

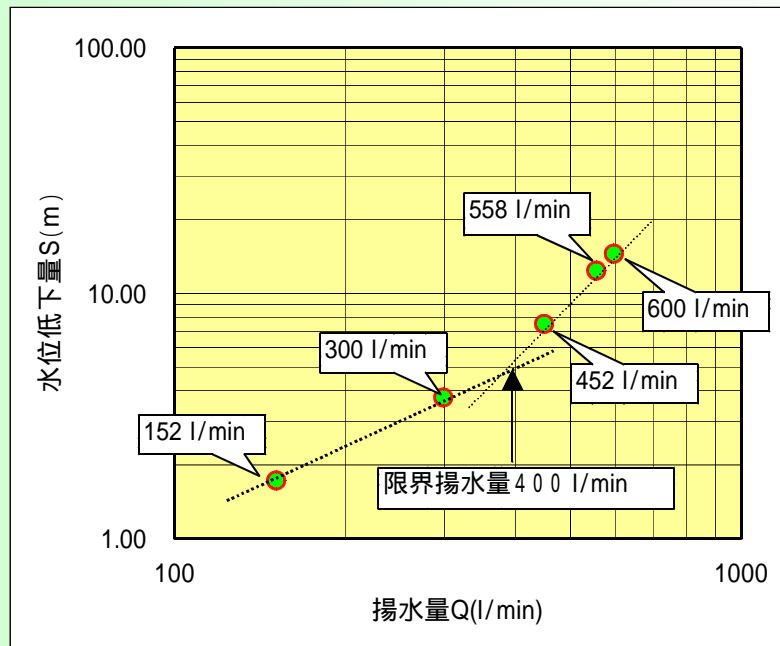


図 2-2 . 限界揚水量の検討図

3.連続揚水試験（本井戸周辺の観測井での解析でないので距離 r の取り方に注意）

段階揚水試験結果から、適正揚水量を 350 ㍓/分（504 ㍓/日）を定め、連続揚水試験を 24 時間行い、回復水位を 2 日間行った。

水位変化量 - 時間関係を図 3 - 1 に示す。

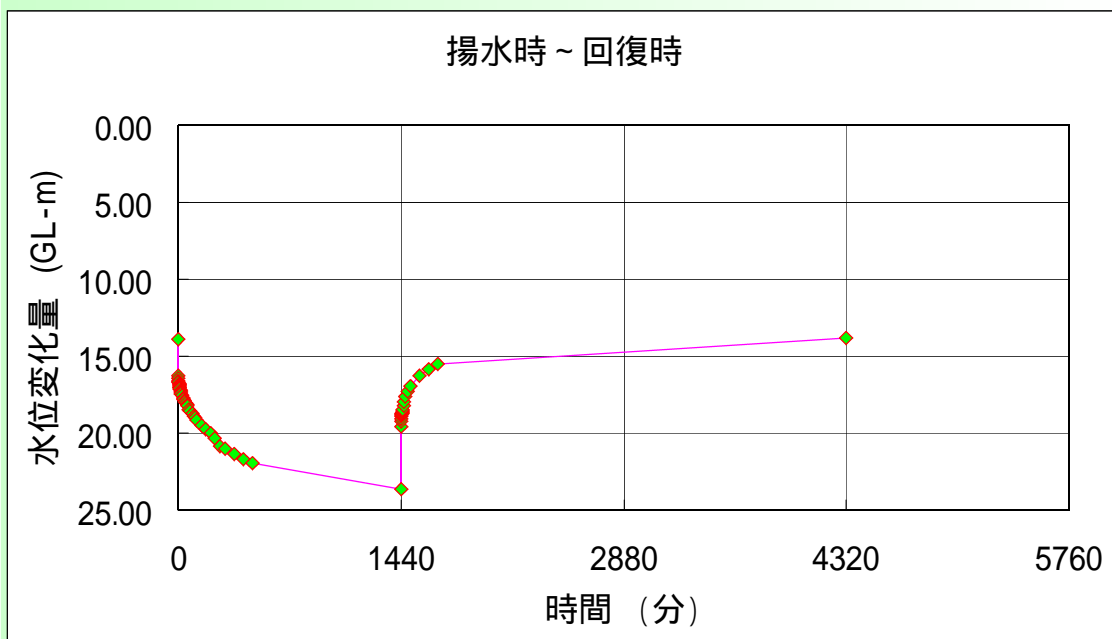


図 3-1.連続揚水試験結果

揚水時から得られた時間 t - 水位低下量 s から、当井戸の帯水層の平均的な水理定数は以下のように求まった。

透水量係数： $T = 21.96 \text{ (m}^2/\text{day)} = 152.5 \text{ (}\frac{\text{m}^2}{\text{分}}/\text{m)}$
 透水係数： $k = 6.02 \times 10^{-4} \text{ (cm/sec)}$

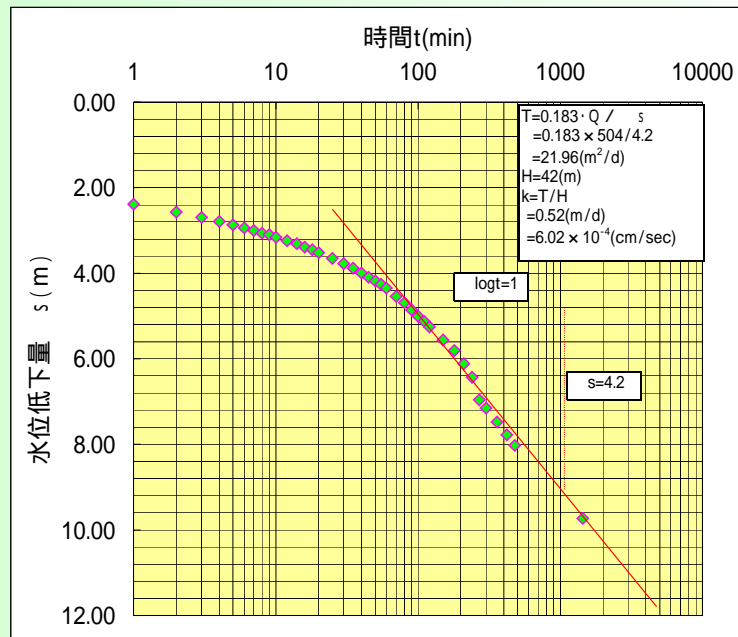


図 3-2.ヤコブの直線解析法による揚水時間 t と水位低下量 s の関係

一方、回復時から得られた時間 t - 残留水位降下量 s' から、当井戸の帯水層の平均的な水理定数は以下のように求まった。

透水量係数： $T = 36.9 \text{ (m}^2/\text{day)} = 256.25 \text{ (}\frac{\text{m}^2}{\text{分}}/\text{m)}$
 透水係数： $k = 1.02 \times 10^{-3} \text{ (cm/sec)}$

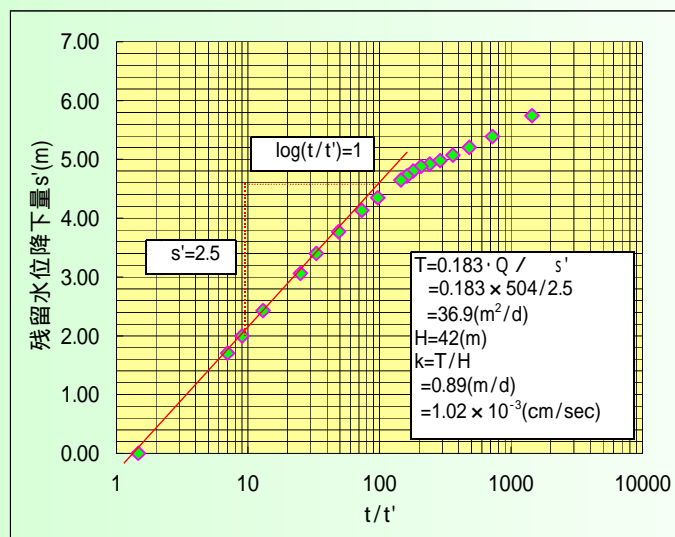
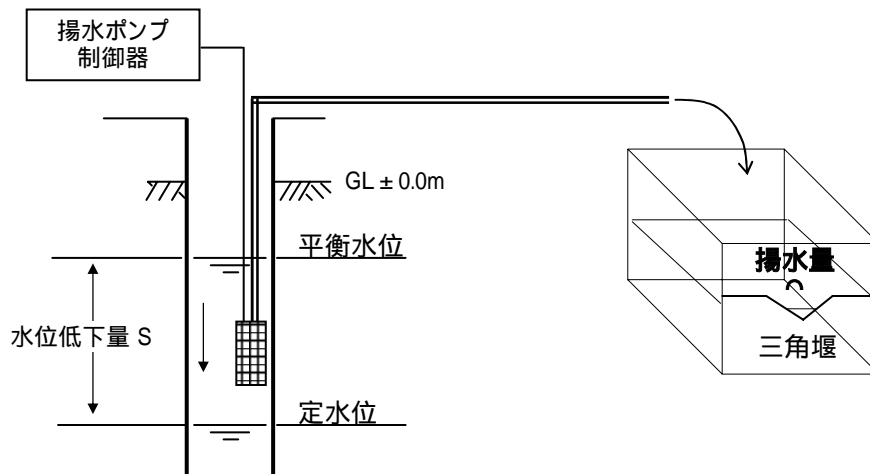


図 3-3.回復法による揚水時間 t と残留水位降下量 s' の関係

揚水時と回復時の $\log t$ の 1 サイクル間における s または s' は揚水時の方が井戸損失の影響を受けることから、水位低下量が大きく出ており、このため揚水時の方が透水係数がやや小さくなるようである。

揚水試験測定要領概説図

その1 < 段階揚水試験の概要 >



参考図. 一般的な揚水試験機器設置概要

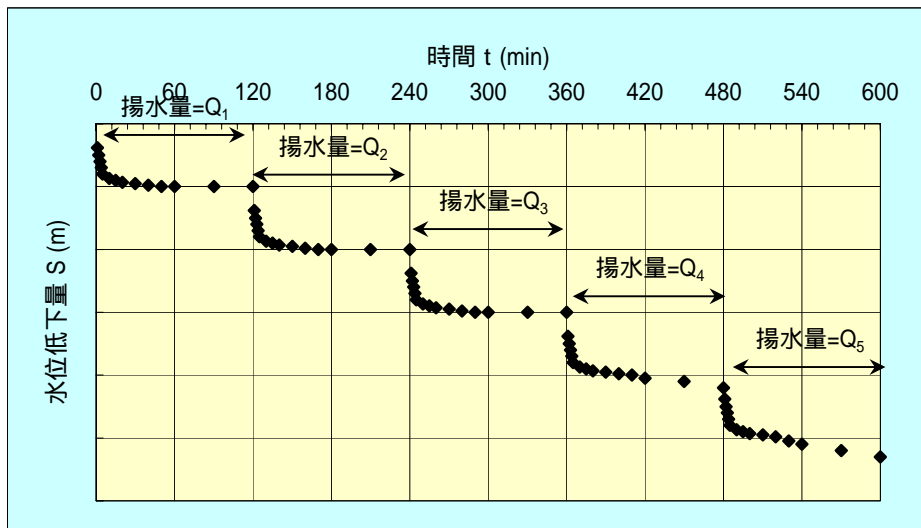


図1 - 1. 段階揚水試験の一般的な測定グラフ

各段階の揚水時間は2時間程度を目安とし、計8～10時間で終了する

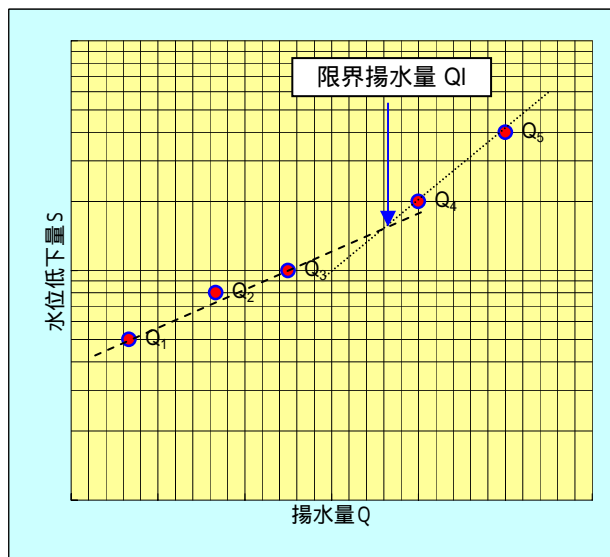


図1 - 2. 揚水量 - 水位低下曲線

(株)アスカソイルコ - ナ - 資料

その2 < 連続揚水試験の概要 >

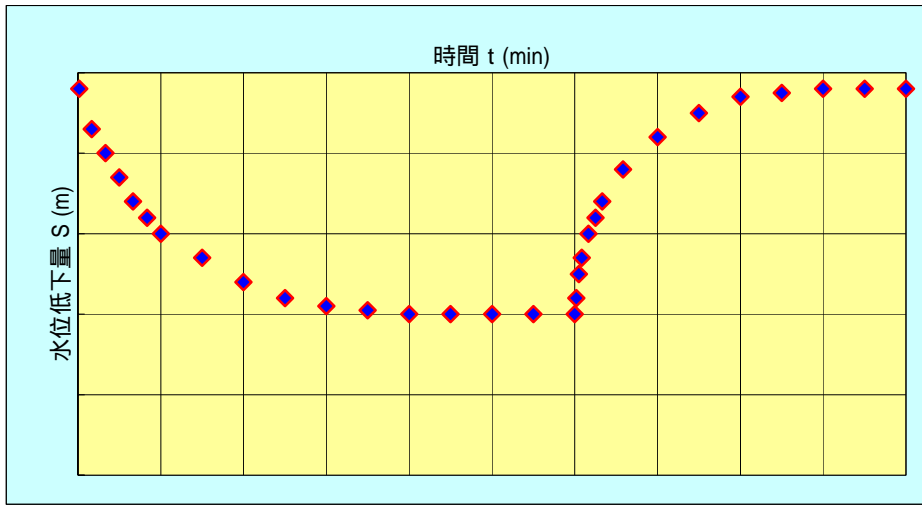


図2 - 1 . 連続揚水試験の一般的な測定グラフ

揚水時間は平衡状態(一定水位)となった後数時間を目安とし、ほぼ初期水位まで孔内水位が回復した時点で試験を終了する

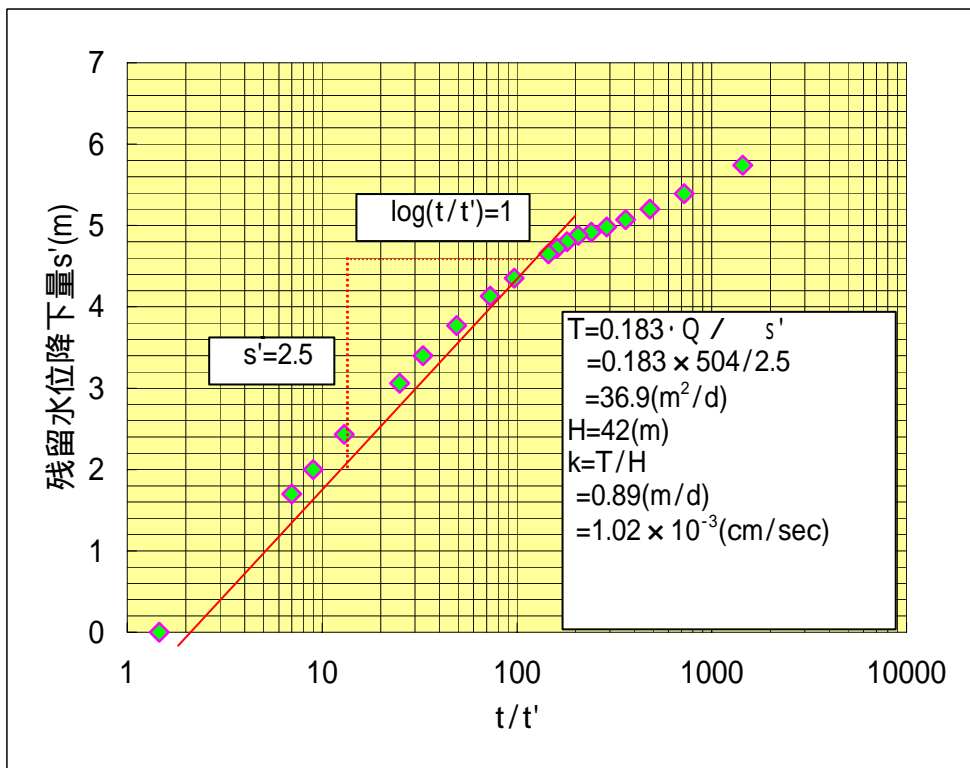


図2 - 2 . 回復法によるt/t'とs'の関係