

ウエルポイントによる現場揚水試験について

瀬 古 新 助*
戸 部 兼 雄*
佐 藤 隆 也*

1. 概 要

現場揚水試験の目的は適確な透水係数、有効空隙率等を測定し、ウエルポイントその他地下工事の設計々面に、より高い企画性を与えんとするものである。

一般に揚水試験は（既存の井戸を利用する場合を除いて）20～30 cm の揚水井戸を穿ち、その周辺に1 1/2" 程度の観測井を設け、揚水井より水を汲上げ各観測井にて地下水位を測定して円錐状水位降下状態を促える。しかし透水係数、有効空隙率の算定には、（イ）定常流とみなし得る汲上量に対する地下水面線の低下を測定しテイムの式を利用した平衡方式と、（ロ）井戸から一定量の揚水を或る時間行ってから揚水を停止し、その間の地下水位の時間的及び位置的变化を測定しタイスの式を利用する非平衡方式とがある。

試験結果の精度を高めるためには揚水による水位降下状況なるべく理想的な円錐状である事が必要である。地下水面は一般に潮汐、その他気象、人工揚水等の影響によって小さい波形を画いておるので、現場揚水試験に当っては少なくともこの波高よりもはるかに大きい水位低下高がないと正確な読みがとれなく、従って正しい透水係数等を求め難い。

低下水位を大きくするためには、汲上量が大きい事が必要であり、そのためには直径の大きな井戸が必要である。然るに、汲上量 Q は影響圏の半径 R と井戸の半径 r の対数の差に反比例するので半径の増大率に対する Q の増加量は小さいが、一方穿井の工費は大略半径の2乗に比例するから低下水位を大きくして正しい K を求めるために r を増大すると工費は急速にかさむことになる。

ここで吾々は大きな直径 (D) の井戸の代りに、直径 D の円周の上にウエルポイントを数個設置しこれ等を直径 D の井戸の個々のストレーナーと仮定して揚水試験を行い平

衡式及び非平衡式によって透水係数等を算出した。これ等の解析には土質工学的にも水理学的にも難解の点が多いので、以下一例として1956年11月千葉県五井附近で実施したこの現場試験方法を従来のそれと比較しながら報告し、御高教を乞うものである。

2. 試験方法

（1）揚水井及び揚水

直径2 m の円周上に6本のウエルポイントを設置し、これを径3", 長さ2 m のヘッダーパイプに連結する。

ヘッダーパイプはセルフプライミングポンプに連結しポンプを運転すると6本のウエルポイントから一斉に揚水が始まり地下水面は図-1のように低下し、ウエルポイントの極く近傍は別とし、やや離れた所では径2 m,

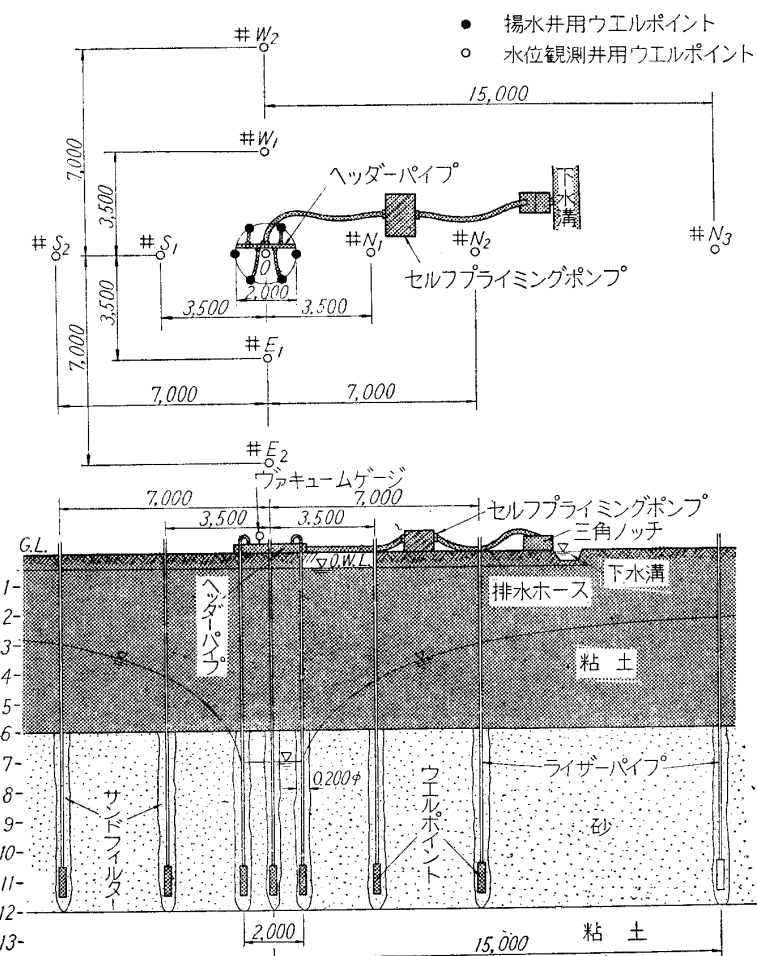


図-1 現場揚水試験要領説明図

* 中央開発株式会社

深さ 12 m の井戸から揚水を行ったのと同様な効果を得る。

(2) 地下水位の観測, 揚水量の測定, 解析計算

直径 2 m の円の中心及び 4 方向に適当な間隔をもってウエルポイントを設置し水位観測井とする。

これによって揚水の前, 中, 後刻々に変化する地下水位を測定する。又揚水量は三角堰で測定すること及び解析計算の方法は一般の揚水試験の場合と同様とした。

3. この試験方法の特徴

(1) 段取が非常に簡単であること

図-1 では 16 本のウエルポイントを打込んで揚水井及び水位観測井としているが、勿論ウエルポイントはウォータージェットで打込みこれに要する時間は 2 日(余程, 条件の悪い所で 3 日)でよい。その他パイプの連結等を 1 日加え、試験設備完了までに要する日数は 3~4 日である。従来のようにボーリング機によって穿孔, ケーシング挿入, 井戸の洗滌を行うと同様な設置を行うのに 20~30 日は要する。

又若し揚水を行った結果当初予定した水位観測井の位置が適当でなく、円錐状水位降下曲線が正確に得られないと認められた場合は簡単に設置替えをすることが出来る。

これは試験の成果をより正確なものにするのに極めて有利な点である。(従来は観測井の設置に手間がかかるので、多少その位置が悪いと思われてもそのまま試験を続行して不満足な結果に甘んじなければならなかった場合が多かった。)

(2) 揚水量並びに水位降下量の大きい事

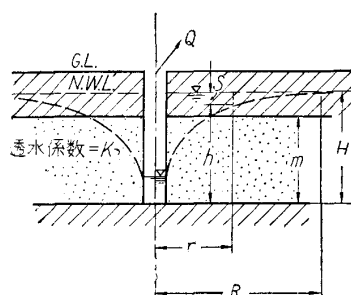


図-2

ティーム式によると、ある点の水位低下量 (S) は揚水量 (Q) に比例する。

$$Q = 2\pi mK \frac{H-h}{\log \frac{R}{r}} \quad (\text{ティーム})(\text{図-2 参照})$$

$$\therefore H-h=S=\frac{Q \log \frac{R}{r}}{2\pi mK}$$

しかし S はなるべく大きい方が試験の精度は良い事は前述の通りである。

自然地下水面が静水面である場合はまれで、大抵の場合、波を打っている。この波は潮汐の影響によるもののように規則的なものもあるが降雨とか付近の井戸の揚水等のために生ずる全く不規則なものが多い。図-3 はその一例であるが、この最大値と最小値では約 2 cm の差がある。(これは比較的小さい方である。)

揚水試験で測定される水位 S は、揚水効果による低下量 s' に自然水位の変化量 s とが加わったものであるから s' は s に比して充分大きくなければならないわけである。

図-4 は、図-3 と同じ現場における水位低下曲線であるが揚水開始後約 4 時間で略々平衡状態に達したものである。

ここでは揚水井から 15 m 離れた地点で 180 cm の水

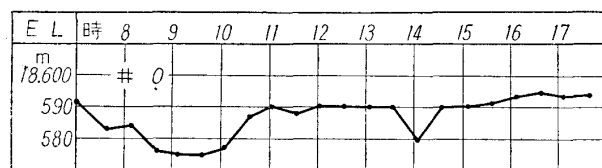


図-3 時間一地下水位曲線

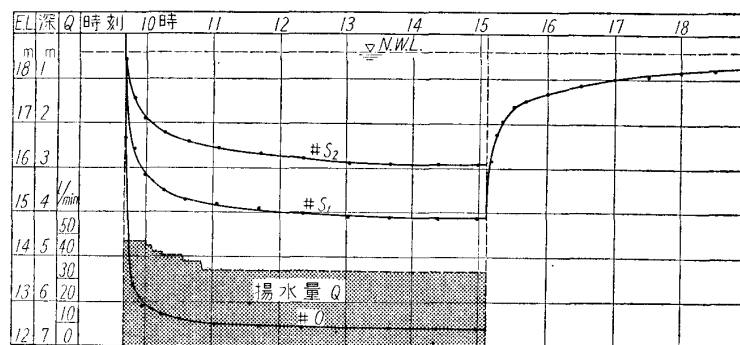


図-4 時間一水位一揚水量曲線



写真-1 地下水位測定



写真-2 揚水量測定

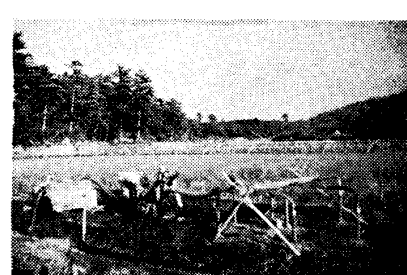


写真-3 試験設備

位降下を示しており、上述の 2 cm 程度の自然水位の変化は約 1.1% に過ぎず無視して差支えない。又他の例では自然変動量 4 cm に対して水位降下量 25 cm であった。即ち $\frac{s'+s}{S} \div 6$ となる。この比はこの程度が最小であり、これ以上小さくなると試験結果の信頼度が低くなる。

図-4 の例では、透水試験は $K \div 1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ $m \div 6 \text{m}$, $H \div 11.5 \text{m}$ である。ここで揚水した水量は $Q = 34 \text{l/min} = 0.034 \text{m}^3/\text{min}$ であり、ウエルポイント 1 本当り 6l/min 弱であった。

(3) ウエルポイント 1 本当りの揚水量が知り得ること

ウエルポイント 1 本当りの最大揚水量はウエルポイントの計画に最も必要な資料の一つである。これは地盤の透水係数、有効空隙率、真空度、自然地下水位とポンプ軸との高低差によって定まるものであるが、これ等諸因子の相関関係は求め難く理論的には仲々定まらない。目下資料を集めており、これ等の相関関係をいずれ見出すつもりではあるが現在の所ウエルポイント 1 本当りの揚水量は現場で実験する以外に具体的な決定法はないようである。この点この試験では必然的にこの重要な資料が得られるわけである。

(4) 試験結果の妥当性の検討

自然地盤は、理想的状態即ち、透水層は均一である事、不透水層上面は水平であり共に無限に広がっている事等の条件を備えている事は極めて希れである。従って、上述の試験結果の K , λ 等を使用したウエルポイント計画には若干の安全率を見込んでおく必要がある。

この試験は極めて小規模ではあるが一種のウエルポイント工事である。即ち算出された K , λ を用いて、観測井 0 の水位降下状況を計算し、この計算値と実測された値とを比較して見る事が出来る。

この比較は上述の安全率を決定する指針となるものであり、これによって頭書に述べたウエルポイント工事の計画を更に一段と企画性を高める事が出来る。図-5 はその一例であるが、このように実測値が計算値を下廻る場合は安全率は殆んど不要である。

る。

(5) この試験方法の欠点

(イ) ウエルポイントの設置はすべてウォータージェットで行うので 1 分間 0.5m^3 1 本当り $2 \sim 5 \text{m}^3$ 程度の水の得られない所では不可能である。

(ロ) 砂利、王石層等でウエルポイントの打込の不可能な所では行い得ない。

4. 実 例

図-1 は昭和 33 年 11 月 6 日千葉県五井付近で行った現場揚水試験の要領である。

図-3 は同現場における自然水位の変化状況である。

図-4 は測定結果の一部である。

計算された透水係数及び有効空隙率は図-5 の通りである。

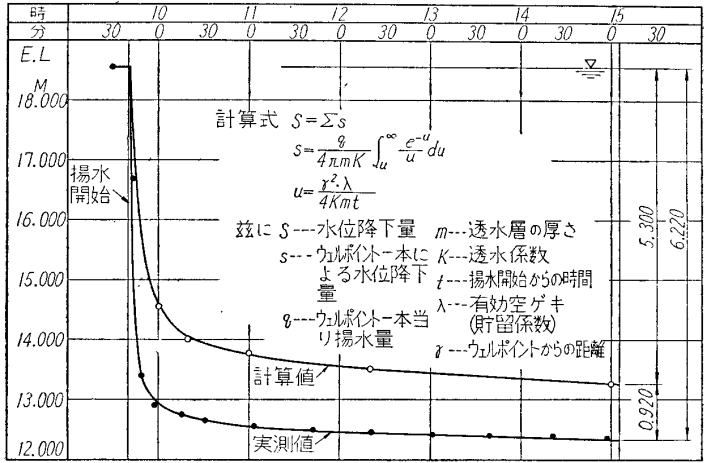


図-5 井 0 における実測値と計算値の比較

表-1 揚水試験結果 透水係数 有効空隙率 (貯留係数)

計 算 式		透水係数(K)	有効空隙率 貯留係数(λ)
平 衡 式	テ ィ ム $K = \frac{Q(\ln r_2 - \ln r_1)}{2\pi m(h_2 - h_1)}$	cm/sec 1.10×10^{-3}	—
非 平 衡 式	タ イ ス ノ ミ ツ (回復) $S = \frac{Q}{4\pi Km} \int_u^{\infty} \frac{1-u}{u} du$ $u = \frac{r^2 \cdot \lambda}{4 K m t}$	1.04×10^{-3}	2.24×10^{-3}
	$S = \frac{Q}{4\pi Km} \ln \frac{t-c}{t'}$	1.16×10^{-3}	—
平 均		1.1×10^{-3}	2.24×10^{-3}