

揚水試験結果を利用したディープウェルの効率的な設計に関する一考察

東京電力 正会員 江村 和明
正会員 眞砂 洋、永津 勉

1. はじめに

ディープウェルの設計については、一般的には地質調査時に得られた数值的なデータ（透水係数）、表-1.1に示す経験式から求めた影響圏半径及び経験値としての井戸効率を用いて実施されているため、設計時と実施工時の揚水量、地下水位低下量に大きな差が生ずることが少なくない。

そこで、筆者らは事前に実施した揚水試験結果から、表-1.1 一般的に用いる井戸効率と影響圏半径透水量係数、貯留係数の算出だけでなく、井戸効率並びに影響圏半径の算出に着目したディープウェルの設計を行い、上記方法による設計に比較し、効率的となることを確認したため、その手法について報告する。

井戸効率	36.5%（日本道路協会, 1957）
影響圏半径	Siechardt 等の算定式から求め値

2. 揚水試験結果を用いた井戸効率及び影響圏半径の検討

2.1 井戸損失

井戸効率とは、井戸損失と井戸干渉から定まる値である。井戸損失は、個々の井戸の性能を表す指標であり、図-2.1に示すように揚水時における井戸内水位とすぐ外側の井戸際水位との差のことをいい、次式で表される¹⁾。

$$\text{井戸損失} = \text{井戸際水位 } s / \text{井戸内水位 } s_w$$

井戸干渉は、複数の井戸を設置して水位低下を図る場合、井戸相互間の干渉により単井の場合に比べて揚水効率、水位低下効率が劣る現象である。設計に用いる井戸効率は、この井戸損失と井戸干渉を加味したもので、一般的には 36.5%として用いている。設計当初は、井戸本数は未知であるため、まず揚水試験結果より、井戸損失のみを求めた。片対数紙状で直線になる¹⁾ 揚水試験時の観測井の水位をグラフ上にプロットし、直線を延長し井戸際の水位を読み取る（図-2.2参照）。その値を井戸際水位 s とし、試験時に計測した井戸内水位 s_w との関係から井戸損失を算出した。揚水量を一定とし、連続揚水試験を実施した時の井戸損失を図-2.3に示すが、時間の経過とともに損失が小さくなり（効率は大きくなる）、最終的（定常状態）には、約 70%となった。

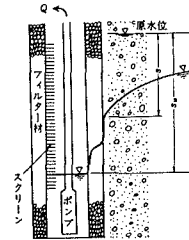


図-2.1 井戸損失模式図

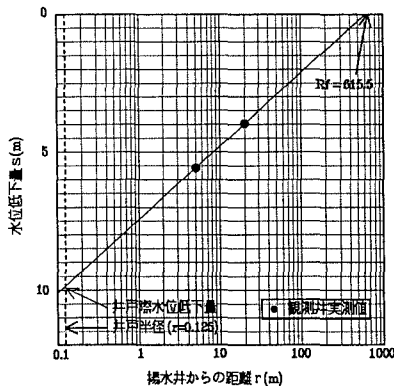


図-2.2 井戸際水位の推定（定常時）

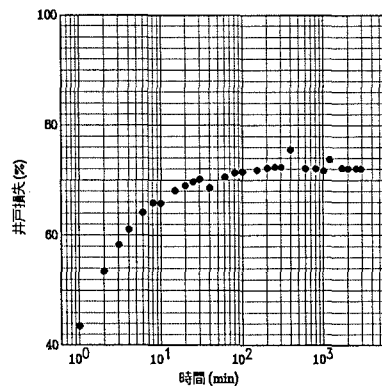


図-2.3 非定常状態での井戸損失

2.2 影響圏半径

井戸損失を求めたグラフと同様に定常時の観測井実測値を用いて、直線を逆に延長し、横軸との切片、つまり水位降下量が0mの地点の揚水井からの距離を影響圏半径Rとして求めた結果（図-2.2参照）、揚水試験時の影響圏半径は、615.5mとなった。

次に、各種提案式の差が及ぼす影響を、浸透流解析を行い、揚水試験を逆解析することによって検証してみることにした。一本の井戸の揚水による水の流れは井戸を中心に放射状となるため、軸対称二次元浸透流解析を行い、その境界条件に上記の影響圏半径を入力し揚水試験の逆解析を実施した。その結果、境界条件の入力値（＝影響圏半径R）の違いにより、水位に図-2.4に示すような差が生じたが、揚水試験時観測井実測値と上記の方法から求めた影響圏半径を用いた解析結果が比較的近似しており、この値を影響圏半径とすることとした。

2.3 井戸効率の算出

井戸効率は、井戸損失と井戸干渉により求まり、井戸干渉は井戸の本数とその配置（井戸間の距離）により求めることから、井戸配置を仮定（4本）し井戸干渉を求めた。その結果、井戸の相互干渉により、1本の場合に比べ1本当たりの可能揚水量が減少しており、これより井戸干渉を算定すると81.8%となった。よって、前述の井戸損失と井戸干渉から井戸効率を求めると、井戸効率＝井戸損失×井戸干渉＝70.0%×81.8%＝57.3%となる。

3. まとめ

今回の設計においては、表-3.1に示すように原設計と比較して、影響圏半径の検討によって必要排水量が減少し、一方井戸効率の検討により最終的な井戸一本あたりの可能揚水量が増加したため、結果的に井戸の本数を4本削減することができた。

4. おわりに

上記のように、揚水試験の結果を有効に利用することにより、設計井戸本数を大幅に削減することができた。揚水試験については、一般的には透水量係数、貯留係数という地盤のマクロ的な水理情報の収集を目的とし実施され、フィールドの設計においてはこれらの情報のみを利用し、設計されることが多い。

そこで、今回のように揚水試験結果を利用し、井戸効率と影響圏半径を見直すことによって、フィールドの設計を行えば、より効率的で現実に適応した設計が可能になると考える。今回報告した手法については、実現場で確認を行い、再評価していきたいと考えており、今後のフィールドの設計施工の一助になれば幸いである。

—— 参考文献 ——

- 1)根切り工事と地下水、土質工学会
- 2)高坂：影響圏半径に関する2,3の考察、第26回土質工学会研究発表会、p1743～1744

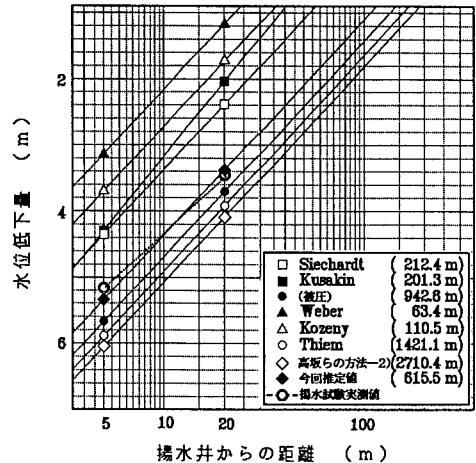


図-2.4 各方法による影響圏半径と地下水位

表-3.1 今回の方法による設計結果

検討項目	原設計	今回設計
影響圏半径 (m)	212.4	615.5
井戸効率 (%)	36.5	57.3
必要排水量 (m³/min)	2.75	1.94
井戸一本当たりの可能揚水量 (m³/min)	0.37	0.50
井戸本数 (本)	8	4