

川崎製鉄 正員 脇 黒 和 彦
 同 上 正員 越 後 勇 吉
 同 上 正員 ○ 柳 豊 和

1. まえがき

従来ウエル基礎を採用する上で施工に関する問題点の1つとして湧水対策があるが、その対策としてウエル周辺での揚水井による地下水のくみ上げがある。この点に関し鋼管矢板ウエル工法を採用した場合、ウエル壁体の鋼管内部を利用して必要数の揚水井をもうけることができる。そこで我々が従来経験した鋼管矢板ウエル内の湧水量を把握し、揚水の設計において井戸の揚水量算定式に対し、つぎのような方法を考えてきた。

(1) 円形の場合はウエル径を揚水井戸径とする方法。

(2) 長方形の場合は換算半径を用いる方法

a. 平面積 (πR_{01}^2)

b. 周長 ($2\pi R_{02}$)

c. 相乗平均 ($2/\pi \sqrt{L_1 \cdot L_2}$)

(3) 一本の揚水用鋼管からの揚水量 (q)、揚水用鋼管本数

(n) とし、干渉による低減率を μ としたとき、

$$Q = \mu \cdot n \cdot q \quad \text{を用いる場合}$$

(4) 群井理論により各井戸の揚水量を求め任意点の水位を求める方法。

以上湧水対策として各々の方法を考慮してきたわけであるが、今回は(4)群井理論による方法にて湧水対策を施した経過を実測湧水量との比較をもつて報告する。

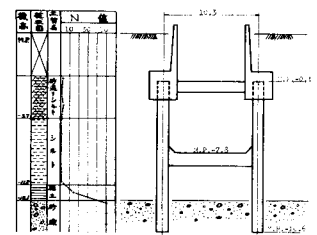


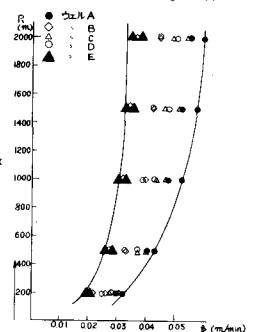
図-1 鋼管矢板ウエルの断面図

2. 水島の地盤構成と透水係数

水島製鉄所の代表的土質柱状図は、図-1に示す。揚水問題での土層モデルは高い水圧をもつた砂レキ層の上に不透水層ともいえるシルト層 ($k: 1 \times 10^{-6} \sim 10^{-7} \text{ cm/sec}$) が被っており、揚水井の状態は部分貫入された被圧井戸である。砂レキ層は $10^m/m$ より大きい粒径

のレキが24~78%も含まれており、透水係数は揚水試験の結果求められた値によると、 $1.1 \sim 4.8 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ の範囲である。しかしこれはあくまでも「見かけの透水係数」で、ストレーナーによる低減、水量移動にともなう小粒径土の推積からくる目づまり現象等、諸条件を加味したものである。さらに湧水量の計算には影響半径を決めねばならないが、透水係数との相関性が強いので過去の試験実績を図-2に示し、これより求められるようにした。なお図中で若干の巾をもたせてあるのは砂レキ層の粒径加積曲線により使いわけるようにしてある。

図-2 影響半径と透水係数の関係



3. 群井による湧水量の計算

一本の揚水井からの揚水量の算定式は部分貫入被圧井戸の場合、図-3でK.O.Z.E.N.Y.の式から、

$$Q = \frac{2\pi kc(H-h_0)}{\ln(R/r_0)} \cdot G \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{ただし } G = c' \left(1 + \sqrt{\frac{r_0}{2bc'}} \cdot \cos \frac{\pi c'}{2}\right), \quad c' = c/b \quad 1)$$

であるが、この適用範囲は $0.0001 < r_0/b < 0.1$ と考えられるため前述の換算円的方法には不適当と思われる。そこでウエル周上に設けられた揚水井鋼管を独立の井戸よりなる群井と考慮して、互に干渉しあっている状態を考慮して以下の式を導いた。

図-3において n 個の井戸 ($W_1, W_2, \dots, W_n$) を想定した場合、各々の井戸からの揚水量 ($Q_1, Q_2, \dots, Q_n$) と任意の点の水位低下は次式となる。

$$H-h_p = (1/2\pi kb) \sum_{i=1}^n (Q_i/G_i) \ln(R_i/r_i) \quad \text{----- (2)}$$

$$\text{ただし } G_i = c'_i \left(1 + \sqrt{\frac{r_i}{2bc'_i}} \cos \frac{\pi c'_i}{2}\right), \quad c'_i = c_i/b$$

なお影響半径 R_i は Muskat の仮定により $R_{Bi} \max < 0.7 R$ の時は、 $R_i = R$ - 一定と考えられる。(図-4参照) 図-4より各井戸間においてつぎの $Q_1 \sim Q_n$ を未知数とした n 元連立方程式が成立する。2),

$$2\pi kb \begin{pmatrix} G_1(H-h_1) \\ \vdots \\ G_n(H-h_n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \ln(R/r_{11}) & \dots & \ln(R/r_{1n}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \ln(R/r_{n1}) & \dots & \ln(R/r_{nn}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Q_1 \\ \vdots \\ Q_n \end{pmatrix} \quad \text{----- (3)}$$

式-3より求まる $Q_1 \dots Q_n$ を式-2に代入し図-4において任意の点 P の水位低下量を求める。ウエル B においてその計算値を図-5に示す。これは鋼管矢板ウエル工法におけるドライワークという1つの前提に対し施工計画の立案に役立つ。ただし式1~3までの誘導は、すべて図-3に示すように砂レキ層はつねに被圧状態と仮定している。

4. まとめ

(1) 透水係数の決定は揚水試験および各種実績をもとにして影響半径との相関性を考慮した図-2により求めるようにしたこと。

(2) 群井理論にもとづき水位等高線図を描き、施工計画の立案に供せしめるようにしたこと。等であるが、今後さらにこれらの考え方の妥当性を究明すべく各種観測を続ける予定である。おわりに今回の報告に際し京都大学赤井浩一教授の御指導に深謝する次第であります。

参考文献

1) Kozeny, J: Theorie und Berechnung der Brunnen, Wasserkraft und Wasserwirtschaft, 28Jahrg. 1933

2) 松尾新一郎, 河野伊一郎: 地下水低下工法, 鹿島出版会, 1970年2月

図-3 部分貫入の被圧井戸

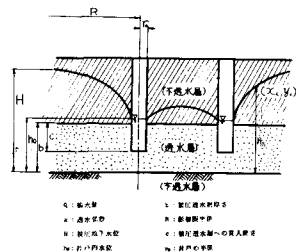


図-4 群井図

