

群井を用いた地下水位低下工法に関する理論的考察

大同工業大学 正会員 大東 憲二

同上 学生員 ○高島 伸

同上 学生員 時任 亮

1. まえがき

今日広く用いられている地下水位低下工法は、一定の範囲の地下水位を低下させるために揚水井で地下水を汲み上げているが、対象の帯水層が弱い被圧状態の場合、揚水井の水位低下に伴って揚水井近傍は不圧状態となる。この時、揚水量と周辺地下水位低下量の関係は、不圧井戸と被圧井戸の理論式を組み合わせなければ求められないが、被圧井戸、または不圧井戸のどちらかの理論式を用いて解析している場合が多い。本研究では、弱い被圧状態の帯水層に群井を設けて地下水位を低下させる場合を想定して、被圧-不圧井戸の群井理論を用いて揚水量と周辺地下水位低下量の関係を明らかにすることを試みた。

2. 群井の理論

群井による任意地点の水位低下量は個々の井戸による任意地点の水位低下量を加え合わせる 重ね合わせの原理に基づいて計算できる。図1のように影響圏半径 R_i の n 個の井戸があり、それぞれ $Q_1 \sim Q_n$ の揚水が行われているとすれば、これらすべての井戸の影響圏内に存在する任意の点 P における地下水位低下量 ($H - h_p$) は、被圧井戸群に対しては、次式で示される¹⁾。

$$H - h_p = \frac{2.3}{2\pi k D} \sum_{i=1}^n Q_i \log_{10} \frac{R_i}{r_i} \quad \text{--- (1)}$$

ここに、 k ; 透水係数 (m/min)、 D ; 帯水層厚 (m)

Q_{w1} ; i 番目の井戸からの揚水量 (m^3 / min)

n ; 井戸数、 R_i ; 影響圏半径 (m)

r_i ; i 番目の井戸から考える地点までの距離 (m)

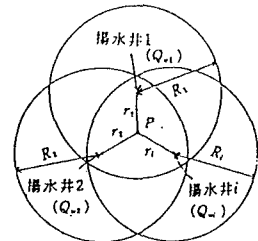


図1 群井の影響圏

3. 完全貫入の被圧-不圧井戸における群井理論

被圧帯水層中に設置された井戸から揚水する場合、揚水量が大きいと図2に示すように井戸近辺の水位が帯水層の上面より下になる。すなわち、井戸近辺では、不圧地下水となる。井戸が完全貫入である場合には、井戸への流入量は式(2)で示される²⁾。

$$Q_w = \frac{\pi k (2DH - D^2 - h_w^2)}{\ln(R/r_w)} \quad \text{--- (2)}$$

また、Muskatによれば井戸からの水位 h は式

(3) で示される²⁾。

$$h = \frac{H-D}{\ln(R/r_w)} \ln \frac{r}{r_w} + \sqrt{D^2 - \frac{D^2 - h_w^2}{\ln(R/r_w)} \ln(R/r)} \quad \text{--- (3)}$$

ここに、式中の各記号は図2に示すとおりである。

上記の2式より、影響圏内の任意の点 P における地下水位量は、重ね合わせの理論を用いることにより

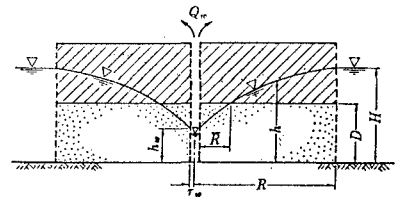


図2 完全貫入の被圧-不圧井戸

次式で表される。

$$H-h_p = \sum_{i=1}^n \left\{ H - \left(\frac{H-D}{\ln(R_i/r_w)} \right) \ln \frac{r_i}{r_w} + \sqrt{D^2 - \frac{2D^2 - 2DH + \frac{2.30}{\pi K} Q_{wi} \log(R_i/r_w)}{\ln(R_i/r_w)}} \ln(R_i/r_i) \right\} \quad (4)$$

4. 解析例

名古屋市のある地点で図3に示すような井戸の配置で井戸A、B、Cの3本から地下水を汲み上げて井戸D地点の地下水位を①2.0m(観測井が被圧)、②3.0m(観測井が不圧)低下させる。この時、井戸Aは完全貫入井であるが、井戸B、Cは不完全貫入井であるため修正係数Gが必要となる。これに関しては、昨年研究した不完全貫入の群井理論を適用した³⁾。

$$G = \frac{W}{D} (1 + 7 \sqrt{\frac{r_w}{2W} \cos \frac{\pi \cdot E/D}{2}}) \quad (5)$$

ここで、W；貫入度、 $\cos \frac{\pi \cdot E/D}{2}$ はラジアン計算

事前の調査からこの地域の帯水層厚、透水係数、影響半径が推定されていたので、それらの定数を被圧井戸の群井理論の式(1)と被圧-不圧井戸の群井理論の式(4)に代入して井戸A、B、Cからの揚水量 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 の関係式を次式のように求めた。

①. 観測井Dの水位低下を2.0mとする時

$$\text{被圧井戸； } 0.943Q_1 + 1.037Q_2/G + 1.058Q_3/G = 36.502 (\ell/\text{min}) \quad (6)$$

$$\text{被圧-不圧井戸； } \sqrt{131.18 - 1114.928Q_1} + \sqrt{132.64 - 1227.249Q_2/G} + \sqrt{132.953 - 1250.895Q_3/G} = 32.569 (\ell/\text{min}) \quad (7)$$

②. 観測井Dの水位低下を3.5mとする時

$$\text{被圧井戸； } 0.943Q_1 + 1.037Q_2/G + 1.058Q_3/G = 63.878 (\ell/\text{min}) \quad (8)$$

$$\text{被圧-不圧井戸； } \sqrt{131.18 - 1114.928Q_1} + \sqrt{132.64 - 1227.249Q_2/G} + \sqrt{132.953 - 1250.895Q_3/G} = 63.878 (\ell/\text{min}) \quad (9)$$

今、 Q_1 の揚水量を一定値($Q_1=20.0 \ell/\text{min}$)と仮定すれば、 Q_2 と Q_3 の関係は式(6)~(9)から図4に示ようになる。

5. まとめ

観測井Dが被圧の場合、被圧の群井理論式と被圧-不圧の群井理論式を用いたときの差が小さいためあえて使い分ける必要はないと思われるが、不圧の場合は、各井戸の揚水量が大きく異なる場合に差が広がる。このことから各井戸の揚水量が大きく異なる場合は、被圧-不圧の群井理論を使うことにより揚水量配分を決定するのが望ましい。

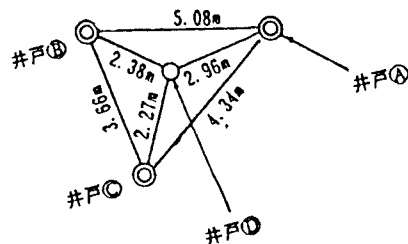


図3 揚水試験における井戸配置

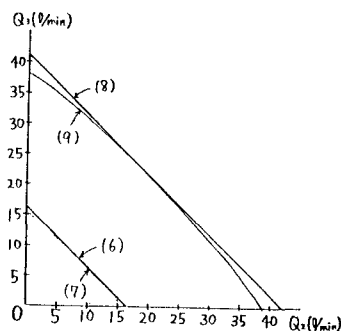


図4 被圧の群井理論と被圧-不圧の群井理論から求めた揚水量配分の関係

(参考文献)

- 1) 松尾新一郎・河野伊一郎: 地下水位低下工法, pp. 67 ~ 69, 1970.
- 2) 松尾新一郎・河野伊一郎: 地下水位低下工法, pp. 63 ~ 64, 1970.
- 3) 大東憲二 他: 土木学会中部支部 平成8年度研究発表会講演概要集, pp. 427 ~ 428, 1997.