

III-387 群井による地下水位低下工法に関する研究

岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
岡山大学大学院 学生会員 ○ 下村雅則

1. はじめに

土木工事において経済的、安全に工事を遂行するために、地下水位低下工法が行なわれている。その際、単一の井戸から揚水するよりも複数本の井戸から揚水する場合が多い。従来より群井の理論式は、重ね合わせより求められたものが多く、井戸相互の干渉を考慮したものは少ない。本報告では、漏水のある場合および不完全貫入の場合について、従来より提示されている理論式または、誘導した理論式の妥当性を数値解析による3次元浸透解析により検討した結果について述べる。

2. 井戸干渉を考慮した理論式

直線上に井戸を配置した場合および正多角形状に井戸を配置した場合について、地下水位低下量と揚水量の関係は次式で表わされる。

i) 直線上に井戸を2本配置

(漏水のある場合)

$$Q_{w1} = Q_{w2} = \frac{2\pi kbs}{K_0\left(\frac{r_w}{\lambda}\right) + K_0\left(\frac{d}{\lambda}\right)} \quad (1)$$

(不完全貫入の場合)

$$Q_w = \frac{2\pi kbsG}{\ln(R^2/r_w d)} \quad (2)$$

ii) 直線上に井戸を3本配置

(漏水のある場合)

$$Q_{w1} = Q_{w3} = \frac{2\pi kbs \left[K_0\left(\frac{r_w}{\lambda}\right) - K_0\left(\frac{d}{\lambda}\right) \right]}{\left[K_0\left(\frac{r_w}{\lambda}\right) \right]^2 - 2 \left[K_0\left(\frac{d}{\lambda}\right) \right]^2 + K_0\left(\frac{r_w}{\lambda}\right) K_0\left(\frac{2d}{\lambda}\right)}$$

(不完全貫入の場合)

$$(3) \quad Q_{w1} = Q_{w3} = \frac{2\pi kbsG \ln(d/r_w)}{2 \ln(R/d) \ln(d/r_w) + \ln(d/2r_w) \ln(R/r_w)} \quad (5)$$

$$Q_{w2} = \frac{2\pi kbs \left[K_0\left(\frac{r_w}{\lambda}\right) - 2K_0\left(\frac{d}{\lambda}\right) + K_0\left(\frac{2d}{\lambda}\right) \right]}{\left[K_0\left(\frac{r_w}{\lambda}\right) \right]^2 - 2 \left[K_0\left(\frac{d}{\lambda}\right) \right]^2 + K_0\left(\frac{r_w}{\lambda}\right) K_0\left(\frac{2d}{\lambda}\right)}$$

$$(4) \quad Q_{w2} = \frac{2\pi kbsG \ln(d/2r_w)}{2 \ln(R/d) \ln(d/r_w) + \ln(d/2r_w) \ln(R/r_w)} \quad (6)$$

iii) 正n角形状に井戸を配置

(漏水のある場合)

$$Q_w = \frac{2\pi kbs}{\ln(1.123^n \lambda^n / n r_w l^{n-1})} \quad (7)$$

(不完全貫入の場合)

$$Q_w = \frac{2\pi kbsG}{\ln(R^n / n r_w l^{n-1})} \quad (8)$$

ここで、 d は井戸間隔、 λ は漏出因子、 $K_0(x)$ は第二種零次ベッセル関数、 l は中心から井戸までの距離、 G は不完全貫入井のときの揚水量と完全貫入井のときの揚水量の比である。本研究では、 G 関数の値に Forchheimerの式を用いた。

$$(G \text{ 関数}) \quad G = \sqrt{\frac{L + 0.5 r_w}{b}} \sqrt[4]{\frac{2b - L}{b}} \quad (9) \quad (\text{漏出因子}) \quad \lambda = \left(\frac{kbb'}{k'} \right)^{1/2} \quad (10)$$

3. 数値解析との検討結果

直線上に井戸を配置した場合、前述した理論式の妥当性を検討する目的で井戸半径、井戸間隔、透水係数、井戸間隔等を変化させて有限要素法による3次元浸透解析を行なった。検討結果を表-1、表-2に示す。この結果より次のことがわかる。漏水のある場合、理論式は井戸半径、井戸間隔、漏出因子にかかわらず十分適用できる。不完全貫入井の場合、理論式は井戸半径、井戸間隔にかかわらず井戸の貫入率が1に近いとき、つまり完全貫入に近いほど適用できる。正多角形状に井戸を配置した場合については、1本の井戸を配置した場合の揚水流量を Q_0 、正4角形、正5角形、正6角形、正8角形のそれぞれの場合について1本の井戸からの揚水流量を Q_w として、井戸干渉を表わすモノグラフを作成した。その図を図-1、2、3、4に示す。

表-1 漏水のある場合の理論式の検討

井戸間隔 $d(m)$	井戸半径 $r_w(cm)$	漏出因子 $\lambda(cm)$	理論値と 解析結果の比
5	31.83	1.00E+04	1.045
		3.16E+04	1.054
	63.66	1.00E+04	1.048
		3.16E+04	1.058
	127.32	1.00E+04	1.056
		3.16E+04	1.064
10	31.83	1.00E+04	1.049
		3.16E+04	1.059
	63.66	1.00E+04	1.052
		3.16E+04	1.061
	127.32	1.00E+04	1.058
		3.16E+04	1.067
20	31.83	1.00E+04	1.044
		3.16E+04	1.055
	63.66	1.00E+04	1.046
		3.16E+04	1.058
	127.32	1.00E+04	1.050
		3.16E+04	1.062

表-2 不完全貫入井の場合の理論式の検討

井戸間隔 $d(m)$	井戸半径 $r_w(cm)$	貫入率 L/b	G関数	理論値と 解析結果の比
5	31.83	0.22	0.566	1.224
		0.89	0.978	1.036
	63.66	0.22	0.586	1.296
		0.89	0.987	1.030
	127.32	0.22	0.625	1.336
		0.89	1.006	1.017
10	31.83	0.22	0.566	1.219
		0.89	0.978	1.037
	63.66	0.22	0.586	1.296
		0.89	0.987	1.031
	127.32	0.22	0.625	1.347
		0.89	1.006	1.016
20	31.83	0.22	0.566	1.144
		0.89	0.978	0.973
	63.66	0.22	0.586	1.211
		0.89	0.987	0.963
	127.32	0.22	0.625	1.253
		0.89	1.006	0.945

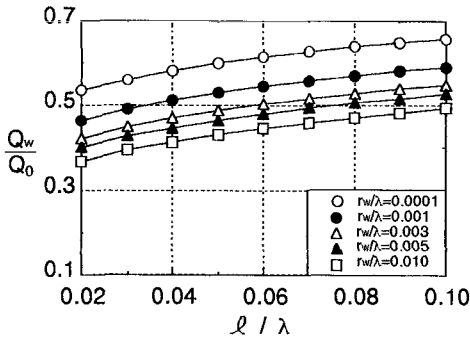


図-1 井戸干渉のモノグラフ(正4角形)

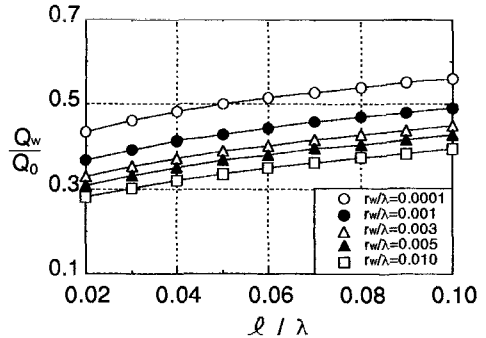


図-2 井戸干渉のモノグラフ(正5角形)

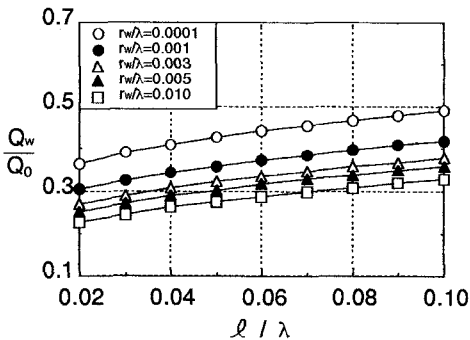


図-3 井戸干渉のモノグラフ(正6角形)

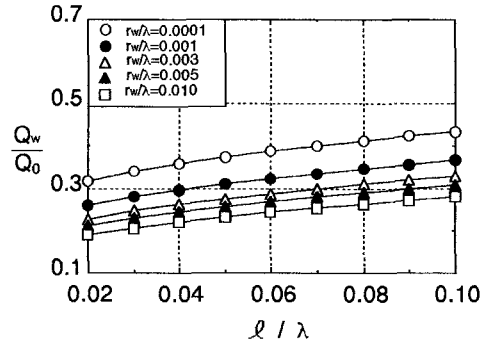


図-4 井戸干渉のモノグラフ(正8角形)