

日産基礎工業(株) 正 露木延夫
東京大学工学部 正 玉井信行

1. まえがき

水資源開発の一つとして既設取水施設の見直しを行なうことは有意義なことと思われる。

著者らは、多摩川の河川敷内にある既設取水施設の近くに揚水井を新設した場合の地下水位変動について現場揚水試験をもとに地下水シミュレーションを行ったのでここに報告するものである。

2. 水理解析の手法及び境界条件

解析に当ては、帯水層内では単一様流の仮定が成立するものとする。ここでは、式(2.1)を基礎方程式として汎関数を用いて有限要素法による定式化を行ない数値シミュレーションに用いる離散形式の式を導いた。

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) = S \frac{\partial h}{\partial t} - W \quad (2.1)$$

ここで、 T : 透水量係数、 h : 自由水面の位置、 S : 貯留係数、 W : 単位面積当りの鉛直涵養量、 x, y は、水平面内での直角座標である。

(1) 計算領域の決定

計算領域は、図-1に示す通りである。このうち、コンクリートブロック積護岸部(B~C区間)については、護岸の影響を考慮して細分割した。現在稼働中の集水埋管は、E~F~Gに沿って布設されている。揚水井の想定設置箇所は、4ヶ所(1号井~4号井)で各揚水井間の距離は50m、4号井から集水埋管までの距離は、約300mである。図-2に揚水井周辺部の詳細図を示した。

(2) 境界条件について

① 河川水面に接する境界部(B~C~D区間)については河川水位観測値をもとに境界線上に位置する各節点の水位を定め、この水位を定水頭位境界とした。② 集水埋管に沿う境界部については集水埋管での取水可能限界低水位を設定し、これを定水頭位境界とした。③ 堤内側の境界部(A~G区間)については際立った補給涵養がないことから不透水境界とした。

(3) 各揚水井の想定揚水量について

地下水シミュレーションで想定する各揚水井毎の揚水量は目標とする取水量を考慮して表-1のような組合せにした。

3. 水理定数の決定

(1) 現場揚水試験結果について

現場揚水試験は、図-1の3号井戸地点で実施した。揚水井の構造は図-3に示す通りである。この揚水井を使って揚水量 $Q=$

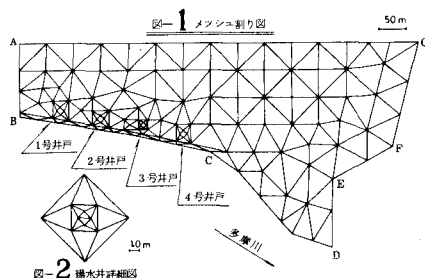


図-2 揚水井詳細図

表-1 各揚水井の想定揚水量

揚水井 計算例	1号井戸	2号井戸	3号井戸	4号井戸	計(t/d)
1	6,000	6,000	6,000	6,000	24,000
2	8,000	8,000	8,000	8,000	32,000
3	—	16,000	—	16,000	32,000

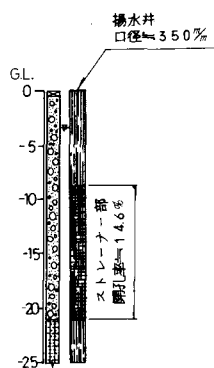


図-3 揚水井構造図

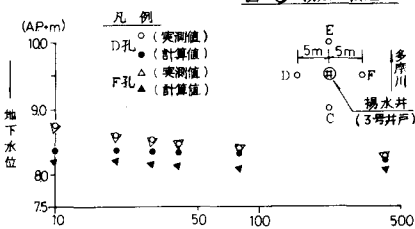


図-4 実測値と計算値による水位低下の比較

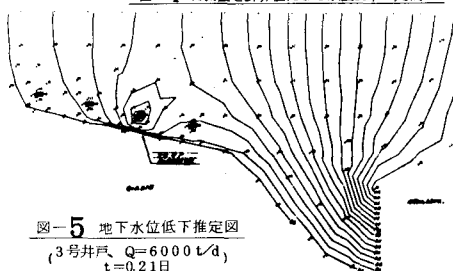


図-5 地下水位低下推定図
(3号井戸、 $Q=6000 \text{ t/d}$,
 $t=0.21 \text{ 日}$)

6000(m³/d)で連続20時間実施した。この結果、水理定数として、①透水係数: $k=1.0 \times 10^{-7} \sim 2.0 \times 10^{-7}$ (cm/sec), ②透水量係数: $T=2.0 \times 10^{-2} \sim 4.0 \times 10^{-2}$ (cm²/sec), ③時留係数: $S=4.0 \times 10^{-3}$ が得られた。

(2)地下水シミュレーションで用いる水理定数

帯水層の水理定数値は、現場揚水試験結果の再現計算より決定した。①透水係数: k は、 $k_x=1.3 \times 10^{-7}$ (cm/sec), $k_y=1.6 \times 10^{-7}$ (cm/sec)。②ブローチ積護岸部の透水係数: k_x' , k_y' は、動水勾配の比率から $k_x'=0.145 k_x$, $k_y'=0.145 k_y$ 。③時留係数: $S=2.475 \times 10^{-3}$ 。④間隙率: $\theta=0.15$ である。図-4には、 $Q=6000$ (m³/d)における水位低下の実測値と計算値との関係を示した。

4. 解析及び結果

揚水に伴う井戸周辺の地下水位の低下状況を代表的な時間毎に図化(図-5～図-8)してその平衡状態に至る過程を調べた。

この結果、以下の知見が得られた。①想定した各井戸より揚水した場合影響範囲は、揚水井を中心にして半月状に形成され河川からの補給涵養効果が顕著である。②水位低下領域は主に揚水井の位置、揚水量、水理地質条件によって左右される。③同一揚水量であれば、大容量の井戸を少数設けるよりも小容量の井戸を数多く設けた場合のほうが影響範囲は小さく、しかも図-9で示すように揚水井付近の水位低下量も極端には大きくなりな

ない。次に、揚水井の新設による既設集水埋管への影響を動水勾配の変化により評価することを試みた。地下水シミュレーションによると想定揚水量での集水埋管付近の動水勾配: i' は、表-2の数値となり、これらの値は、現在の動水勾配($i=0.15$)にほぼ等しく、揚水井の新設によっても集水埋管の機能が十分に保持されうることが知られた。

更に、定性的にはあるが、同じく表-2より揚水量の増加とともに、動水勾配は減少し、又、総揚水量が同じであれば、2井戸よりも4井戸で揚水した方が有利であることがわかる。

5. あとがき

今回の地下水シミュレーションにより、河川に隣接した地域での互いに影響し合う井戸群の設置に伴う地下水位の挙動についてある程度の知見が得られた。今後、適用例を増し、より汎用性のある手法を完成していく所存である。

謝辞: 本研究の遂行に当って、菅氏(芝浦工大)、池内氏(現建設

省)、池谷君(東京大、修士2年)各位の助力に感謝します。又、現場揚水試験の実施及び試験結果のまとめに当って、当社渉外部塚田氏、技術部山岡氏、調査部の方々に感謝します。

参考文献: 1)玉井信行「多摩川中流部における低水時の流出の構造並びに水質特性に関する基礎的研究」(1977年)

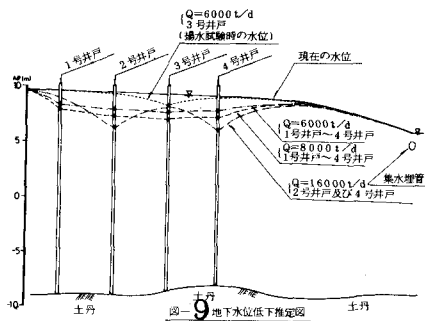
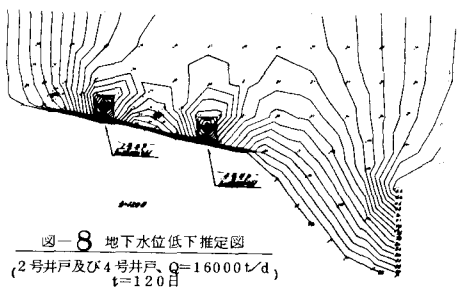
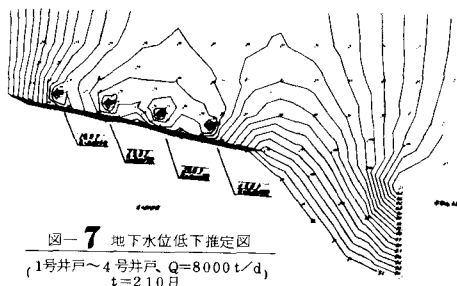
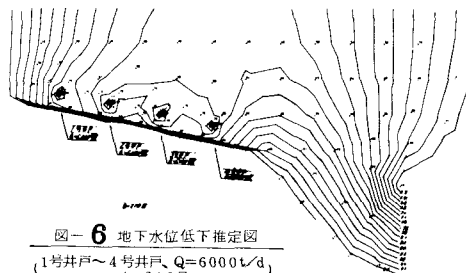


表-2 既設集水埋管付近の動水勾配: i

	平均動水勾配: i	総揚水量: ΣQ
計算例1	0.0145	24,000
計算例2	0.0141	32,000
計算例3	0.0136	32,000