

東海大学 正員 森田 定市
 (株)新日本開発工業 〃 太田 正彦
 東海大学 〃 〇本間 重雄

1. まえがき

都市土木工事などにおいて地下水のくみ上げに伴って周辺の井戸枯れや地盤沈下などの建設公害がしばしば発生しているが、これらの地下水位低下に起因する公害の防止対策として復水工法が有望視されてきている。

筆者らは第33回土木学会年次学術講演会において「揚水時の自由地下水面形状に及ぼす復水の影響」について二次元砂モデルによる実験的研究の成果の一端を発表した。今回は更に復水の条件を様々に変化させたモデル実験を実施して、復水条件(復水位置、復水井の貫入深さ、および復水位置での維持水位)と復水量ならびに自由地下水面形状との関連を検討するとともに、現場における施工例をもとに研究成果の検証を試みたので発表する。

2. 実験概要

実験装置は前報に記したものと同一二次元砂モデルを用い、復水井の揚水位置からの離れ L_r 、復水井の貫入深さ D_r 、および復水点での維持水位 H_r を実験変数として次のように変化させた実験ケースを設定した。このとき給水側水位 H_1 は 70.0 cm に固定した。(図-1参照)

L_r : 43.0, 63.0, 83.0, 103.0 cm

D_r : 70.0, 52.5, 35.0, 17.5 cm

H_r : 70.0, 65.0, 60.0, 55.0, 45.0 cm

測定は揚水量 Q_d 、復水量 Q_r 、水面形および砂層各部におけるポテンシャルについて行なった。

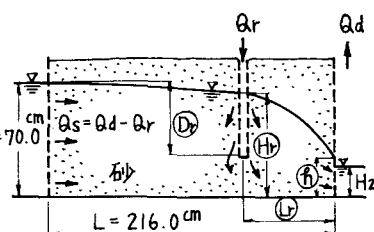


図-1 〇印: 実験変数

3. 復水時の水面形の特徴

復水時の水面形の現われ方には、(1)復水を伴わない単純揚水時の水面形に似た上に凸の2次放物線形的形状の水面形が復水井の上、下流に現われる場合(図-2)、(2)地表の水路から地中への定常浸透が行なわれる場合に見られる注水点からの水平距離に対して指数関数的に減少する下に凸の水面形が現われる場合(図-3)の2通りが見られた。

これらの水面形の現われ方を最も大きく支配している復水条件は復水井の貫入深さであって、復水井が単純揚水時の水面の下まで貫入している場合には前者の水面形が、単純揚水時の水面の上側で止まっている場合は後者の水面形が現われる傾向が見られた。すなわち復水井の貫入深さが単純揚水時の水面の上側にあるか、下側にあるかによって水面形のパターンが決定される傾向がある。

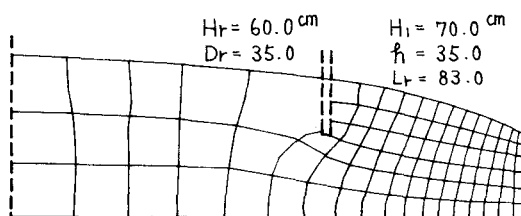


図-2

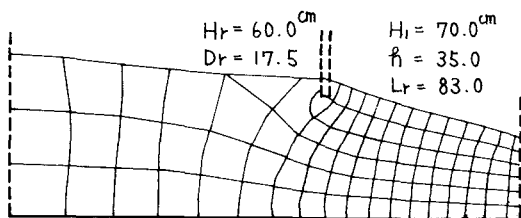


図-3

4. 復水時の水面形の近似表現

復水時の水面形が復水条件(D_r , H_r , L_r)をパラメーターとして復水量(Q_r)および揚水量(Q_d)に対して取り扱いが簡単な代数式で近似表現できれば実用上便利である。今、図-2の水面形が現われるケースについて復水時水面形を復水井を境にしてその上流側部分と下流側部分とに分け、それぞれの部分を最小自乗法により、

$$y = a_0 x^2 + a_1 x + a_2 \quad \text{ここに } x = \text{揚水位置および復水位置からの水平距離}(H_1 \text{ で無次元化})$$

$$y = \text{水槽底板からの水面の高さ}(H_1 \text{ で無次元化}) \quad \text{なる2次放物線に回帰し、}$$

水面形の曲率を示す χ^2 の係数 α_0 と復水量および揚水量との関係を示すと図-4、図-5、図-6のとおりとなる。図-4は上流側部分についての α_0 と給水源から復水井へ向う浸透流量 $Q_s (= Q_d - Q_r)$ の関係を示したもので、復水条件の違いや実験誤差による多少のばらつきはあるものの単純揚水時の $\alpha_0 \sim Q$ の関係と同じようにべき関数的関係がみられる。ただし曲線の曲率は単純揚水時に比べてはるかに小さく直線に近い。したがって上流側部分の水面形は直線に近いことに注目すれば H_1 と H_r を結ぶ直線によって近似することも可能である。図-5は下流側部分について復水位置での維持水位(H_r/H_1 で表示)と α_0 の関係を揚水位(h)をパラメーターとして示したものである。 α_0 は同じ L_r に対しては D_r や h などの復水条件に関係なく H_r/H_1 と一定の直線関係を示す。図-6は H_r/H_1 の変化に対する揚水量、復水量(いずれも同じ h に対応する単純揚水時の揚水量 Q_0 をベースにとって流量比で表示)の変化を示したもので、 $\alpha_0 \sim Q_0$ 関係より決定される単純揚水時の復水位を起点として H_r の増加に伴ない Q_d/Q_0 、 Q_r/Q_0 とも $H_r/H_1 = 1.0$ のある点に向って収れんに行く。これらにより復水時の下流側水面形は単純揚水時の $\alpha_0 \sim Q_0$ をベースにして H_r 、 L_r などの復水条件を媒介として表現できる可能性がある。

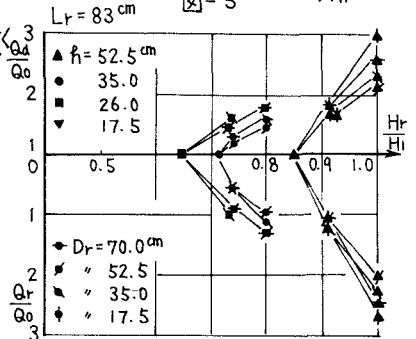
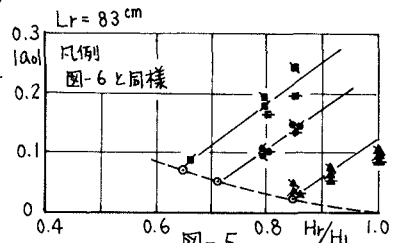
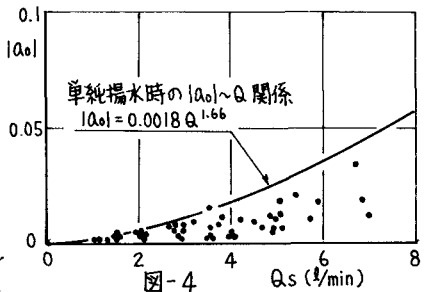


図-6

5. 施工例にみる復水時の地下水面形

復水を伴う揚水工事の実例として新潟市中下水処理場建設工事の例を示す。下水処理場地点は新潟市の鳥屋野潟と信濃川とはさまれた後背湿地跡で、地盤は $G_L - 1.0 \sim 3.0$ mに腐植土層を、 $G_L - 4.0 \sim 8.0$ mに下部沖積粘土層をはさむ砂層から成っている。復水工法は地下水位低下によって発生する地盤沈下を防止するために実施されたもので、揚水点から約220 m離れた位置でディープウェル形式の注入井より行なわれた。図-7は工事中の水位観測井戸の配置状況を示したもので、図-8は復水時の水位観測結果を示したものである。施工例にみる水面形は復水井の上下流においてともに上側に凸の形状を示しているが、これは筆者らの実験によって得られた復水時の水面形とほぼ同様の現われ方であり、復水時の水面形の近似的表現を研究する上で大変興味深い。

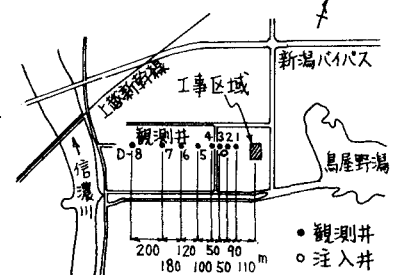


図-7

6. あとがき

現場における復水時の地下水面形に対して実験研究を通じて考えてきた近似的表現法を適用できる可能性がある。今後更に現場データの分析を行なって近似的表現法の確立に努めたい。研究を行なうにあたり御指導にまわった日本大学最上教授および東海大学稲田教授ならびに現場データを提供して下さった新潟市下水道建設課 永井圭三郎氏に深く感謝いたします。【参考文献】

- 1) 第33回土木学会年次学術講演会Ⅲ-265
- 2) 新潟市中下水処理場(ポンプ場)建設における地下水注入還元工法 永井圭三郎 土木施工 Vol.17, No.5

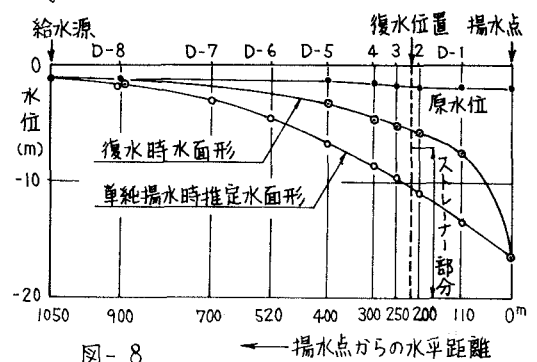


図-8