

東海大学 正員 森田 定市
 " " 太田 正彦
 " " ○本間 重雄

1. まえがき

筆者らは、揚水時における地下水位低下の現象を実用上さしつかえない精度で合理的に予測し得る簡便な実用式の導出を主眼として一連の実験的研究を行なってきた¹⁾。その結果、2次元砂モデルによる完全貫入状態での揚水実験を通じて、揚水時の自由地下水水面形状を $y = a_0 x^2 + a_1 x + a_2$ (y : 地下水位、 x : 揚水点からの水平距離)なる簡単な2次放物線で十分近似できることを明らかにし、図-1に示すように水面形の曲率 a_0 が揚水量 Q に対してべき関数的に変化する傾向を確認した。本報告では現実の揚水条件により近い部分貫入溝からの揚水現象を再現した実験結果を通じて、先に提案した水面形の近似的表現法に対する部分貫入の影響について検討する。

2. 実験概要

実験には前面ガラス張り、背面には10cmピッチでピエゾメーターを設置した2次元砂モデルを用いた。ここで部分貫入状態は揚水点における鉛直上昇流の発生が得られるよう水槽の排水側に揚水トレンチを設けることによってモデル化した(図-2参照)。このモデルにおいて砂層長 L 、トレンチ幅 L_T 、給水位 H_i 、揚水トレンチの貫入深さ D を実験変数として図-2右のように変化させ、これらの組合せにより14種のモデルを設定し、各モデルについて0.5~1.0 l/min きざみで定量揚水を行なった。定常状態に到達した時点での自由水面の読み取りは、ガラス面からの直接視認とピエゾメーターの指示値より間接的に求める方法と併用した。

3. 部分貫入時の水面形

実験から得られた部分貫入揚水時の定常状態における自由水面の形状は完全貫入時と同様、給水側近傍において曲率が大きく、揚水側に接近するにつれて曲率を減じ、各点の水位 y は水平距離 x の2次関数で与えられる傾向が強い。そこで水面形を完全貫入時と同様の2次放物線に回帰してみると非常に高い相関性を示し、相関指数では全てのケースにわたり0.998以上が得られた。(回帰分析には水平距離と各点の水位を給水位 H_i で除して無次元表示によるデータを使用) 図-3は回帰分析により得られた切片の座標 a_2 が揚水量 Q によって変化する様子を貫入率 D/H_i をパラメータとして示したものである。図中●印は完全貫入状態 $D/H_i = 1.0$ の実験結果である。砂層長が100cm ($L/H_i = 1.5$) の場合には貫入率 D/H_i が小さくなる程、完全貫入の水面形から離れてくるが、砂層長が200cm ($L/H_i = 3.0$) になると貫入率の影響はほとんどみられなくなり完全貫入時の a_2 に重なってきている。

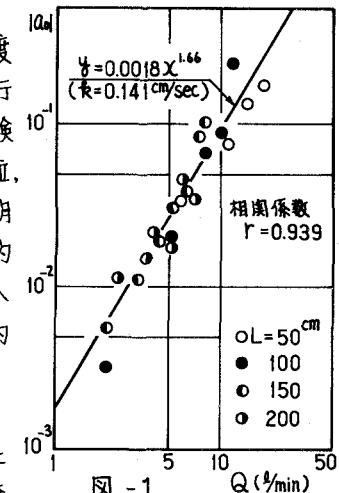


図-1

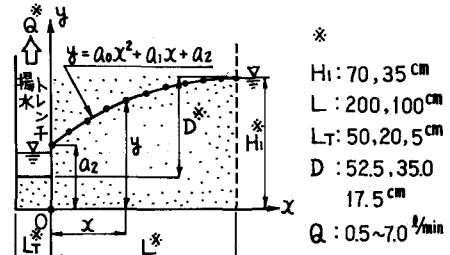


図-2

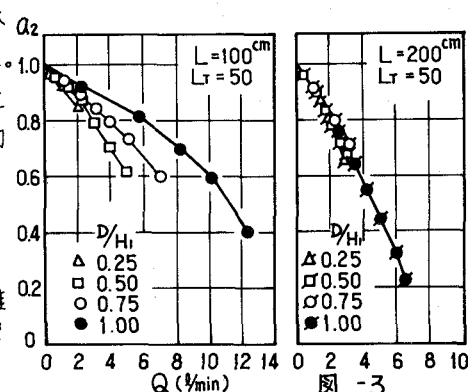


図-3

図-4は回帰分析結果から得られた χ^2 の係数 a_0 と揚水量 Q の関係を同様に貫入率ごとに示したものである。図中、太線は図-1より得られた完全貫入時の $|a_0| - Q$ カーブである。この図からも D/H_1 が1に近づくほど完全貫入時の曲線に近づき、 $L/H_1 = 3.0$ および6.0の場合の水面形(図中●、◆印)が完全貫入時の水面形にはほぼ一致してくる様子が観察される。

次に貫入率 D/H_1 と砂層長比 L/H_1 が複合的に水面形に影響を与えていくという以上の結果をふまえ、水面形に及ぼす両者の影響の度合いを2次元的方視点から検討してみる。今、縦軸に D/H_1 を、横軸に L/H_1 をとった座標上に各実験ケースの位置をプロットし、その上に各実験ケースで得られた a_0 の完全貫入時の a_0 に対する倍率 α ($\alpha = \frac{a_0}{a_0'}$ 、ここに a_0' :部分貫入時の回帰水面形の χ^2 の係数、 a_0 :完全貫入時の回帰水面形の χ^2 の係数で図-1より読み取った値)を求めてプロットしてみると図-5が得られる。この図でハッチングを施した $\alpha = 1$ の領域、すなわち完全貫入時と部分貫入時の水面形が一致する領域の現状方は揚水量に関係なくほぼ同一の形状をなしており、この傾向から判断すると L/H_1 がおおむね3.0~3.5以上の条件下で行なわれる揚水については水面形の近似的表現法上、部分貫入の影響をほぼ無視できるものと思われる。また、トレーンチ幅 L_T の影響については図-4の□△印で示したように、定性的には L_T が小さくなるほど水面形の曲率は小さくなつてより完全貫入時の曲線に近づき、トレーンチ幅の縮小が部分貫入の影響を軽減する要因となっていることが判明している。なお図中の●◆印のケースが $L_T = 50\text{ cm}$ であるにもかかわらず完全貫入時の水面形に重なっているのはこれらのケースが $L/H_1 = 3.0$ および6.0で行なわれたため、上述の砂層長比の影響が現われているにすぎない。図-5によれば部分貫入の影響を無視し得ない領域での揚水においては、水面形は完全貫入のそれとは大きくはずれることになるが、水面形自体は2次放物線により近似され得るので図-5中の $\alpha = \frac{a_0}{a_0'}$ と貫入率 D/H_1 の関係より図-6に示す結果が得られる。これから部分貫入の影響は $a_0' = \alpha \cdot a_0$ の形で簡単に評価しうることになる。

4.あとがき

本報告で提唱している揚水時における自由地下水水面形状の近似的表現法のメリットは曲線式の曲率が χ^2 の係数 a_0 のみで表現でき、しかも揚水点から給水源までの距離 L を起点とする $y = a_0 x^2$ なる式を簡単な代数式で表現しうることにある。さらに a_0 を揚水量と透水係数の関数としてとらえておけば、揚水量および地盤の透水性に対応して変化する自由水面の形状は単に a_0 のみの変化だけで表現し得ることになる。今後さらに本近似的表現法を定量化の方向に進むとともに、本予測法の簡便さを生かした復水工法施工時の水面形把握等、残された検討課題の解明に努めたい。最後に本研究を行なうにあたり多大なる御指導を賜わった日本大学理工学部最上武雄教授、東海大学工学部稻田信穂教授に深く感謝いたします。(参考文献): 1) 土木学会 32回年次学術講演概要 III-37 "揚水時における自由地下水水面形状の近似的表現について" 2) 東海大学工学部紀要 1976-No.2, 1977-No.2

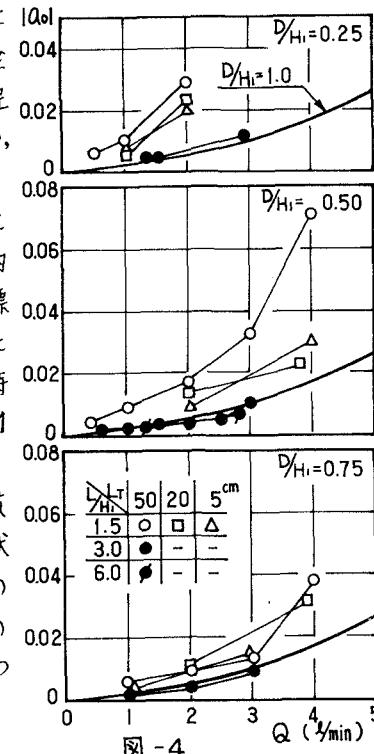
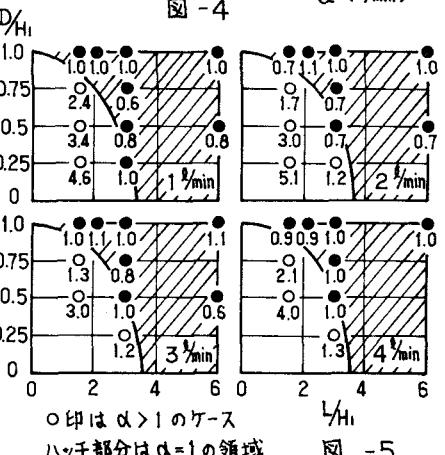


図-4



○印は $\alpha > 1$ のケース
ハッチ部分は $\alpha = 1$ の領域

図-5

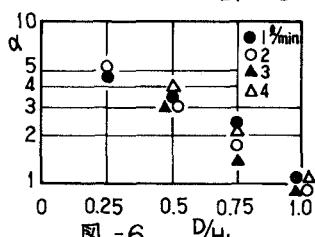


図-6