

準三次元浸透流解析を用いた現場揚水管理の適用性

飛鳥建設（株）構造技術部 正 小林 薫
 〃 正 峯谷 明
 東京支店 正 胡桃沢満直
 〃 正 日野 宣隆
 〃 正〇中山 裕司

1. はじめに

建設工事の地盤掘削工において地下水位低下工法を実施する場合、水位低下量及び揚水量を精度良く予測することは、安全性・経済性において非常に重要な課題である。

本報文は河川整備事業の一環として建設される調整池工事において、盤ぶくれ対策として実施したディープウェル工法の揚水管理（水位低下量及び揚水量予測）手法として、準三次元浸透流解析を用いる場合の適用性について、確認揚水試験の結果から考察するものである。

2. 計画概要

ディープウェルは当初、被圧地下水を初期水位より約10m低下（盤ぶくれ安全率 $F_s=1.1$ を確保）させるために、粒度分布及びボーリング柱状図より求めた透水係数（ k ）と滞水層厚（ D ）から重ね合わせ理論（井戸効率 $=0.365$ ）により設計し、掘削周囲に21本を計画していた。

しかし、当工事のような大規模掘削において適切な揚水管理を行うには、不確定要因（滞水層定数、井戸干渉等）を正確に把握することが重要であるため、事前に多孔式揚水試験を実施し滞水層定数の算定を行った。また、準三次元浸透流解析（PC-GWAPG）¹⁾による水位低下量の予測結果と確認揚水試験結果を比較し、解析の適用性及び当初計画の妥当性の確認を行った。

図-1に掘削平面図及び揚水井、観測井及び間隙水压計配置図を示す。図-2には代表的な土層断面図、山留め壁及び揚水井の深度関係を示す。山留め壁は、被圧滞水層には貫入していない。

3. 多孔式揚水試験による滞水層定数の算定

4ヶ所の揚水井（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ）で実施した揚水試験からTheis法により求めた透水量係数（ T ）と貯留係数（ S ）の平均値を表-1に示す。 T 及び S は、揚水井毎にバラツキがあり掘削領域内での滞水層の不均一性が考えられるがここでは平均値を代表値とした。

また、段階揚水試験において揚水量の増大により砂の吸込みが見られたため、井戸1本当たりの適正揚水量は $300\text{l}/\text{min}^2$ とした。

なお、Jacob法により求めた滞水層定数もほぼ同様な値であった。

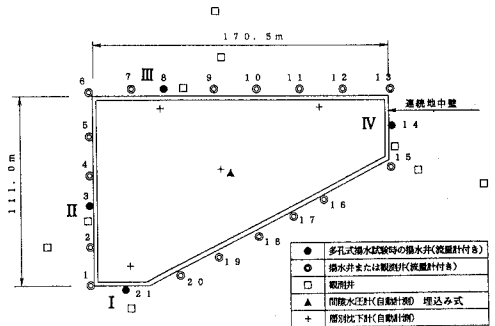


図-1 掘削平面、揚水井、観測井及び計測器配置図

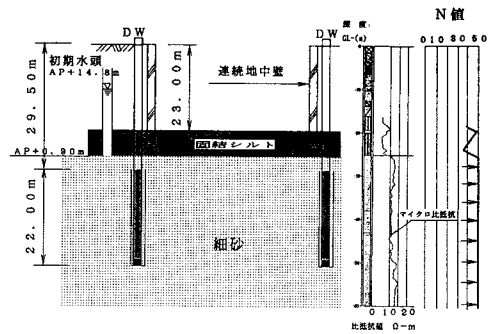


図-2 土層断面、山留め壁及び揚水井の深度関係

表-1 Theis法による滞水層定数一覧表

揚水井No.	透水量係数 $T (\text{m}^2/\text{min})$		貯留係数 S	
	範囲	平均値	範囲	平均値
I ~ IV	6.36×10^{-2} 1.16×10^{-1}	1.09×10^{-1}	1.00×10^{-4} 3.40×10^{-3}	1.48×10^{-3}
I, II	6.36×10^{-2} 9.23×10^{-2}	7.41×10^{-2}	1.29×10^{-4} 2.74×10^{-3}	8.82×10^{-4}

4. 予測解析値と確認揚水試験結果との比較

表-2に確認揚水試験ケース及び解析条件を示す。各ケースでの揚水井及び観測井の位置は図-1に示している。

解析は試験ケースに準じて行い、確認揚水試験時の水位低下量を予測した。

図-3は揚水井3本の場合の代表的な水位低下量の予測結果と観測値を示している。予測値①は掘削領域内の4ヶ所（揚水井Ⅰ～Ⅳ）で求めた透水量係数の平均値を用いた結果であり、予測値②は3本の揚水井の近傍の2ヶ所（揚水井Ⅰ、Ⅱ）で求めた透水量係数の平均値を用いた結果であるが、予測値①が観測値と若干異なっているのに対し予測値②は観測値とかなり良く一致している。これは揚水井3本の場合には揚水が局所的であり滞水層定数のローカル性の影響と考えられる。

図-4は揚水井9本の場合の代表的な予測値と観測値を示している。予測値は4ヶ所で求めた透水量係数の平均値を用いた結果であるが予測値と観測値はよく一致している。これは解析に用いた透水量係数が掘削領域全体の平均的な値として妥当であることを示している。

図-5は、前述の透水量係数を用いて揚水井9本の場合の領域中央部での長期の観測値及び予測値の結果を示しているが、予測値と観測値は非常によく一致している。

以上の結果より、掘削領域が広く滞水層定数にローカル性がある場合においても掘削領域全体の平均的な透水性を評価することにより水位低下量を準三次元浸透流解析で精度良く予測できるといえる。

また、ディープウェル9本の稼働で水位が約10m低下したことから、安全率等を考慮すると当初の設計が妥当であったことを確認した。

5. まとめ

- 1)当工事のように掘削面積が広く領域内で滞水層が不均一である場合についても、領域全体の平均的な透水性（滞水層定数）を評価し準三次元浸透流解析を行うことによりディープウェルによる領域内の被圧地下水低下量を精度良く予測することが可能である。
- 2)被圧地下水位の観測と準三次元浸透流解析を組み合わせることにより、安全かつ経済的な揚水管理が可能である。

今後も観測データを基に解析の適用性について検討し、より精度の高い揚水管理を行っていきたいと考えている。

謝辞

本研究の考察を行うにあたり、岡山大学工学部西垣 誠助教授、竹下祐二助手から貴重な御助言をいただいたことをここに付記し、心から感謝の意を表します。

- 〔参考文献〕1)高坂，河野，西垣：有限要素法による広域地下水の準3次元浸透解析，第37回土木学会年次学術講演会概要集Ⅲ，PP.531～532, 1982
2)小林，他：群井による地下水低下量算定に用いる理論式の適用性，第47回土木学会年講Ⅲ

表-2 確認揚水試験ケース及び解析条件

ケース	揚水量 l/min/本	確認揚水井本数(本)	揚水井 番号	透水量係数 T (m ² /min)	貯留係数 S	滞水層の 厚さD(m)
A	300	3	1, 3, 21	①1.09×10 ⁻¹ ②7.41×10 ⁻²	3.00×10 ⁻² *1)	2.5
B	300	9	1, 4, 6, 8, 10 13, 15, 18, 20	1.09×10 ⁻¹		

*1)逆解析的に算定した値 注)影響圏半径R=1000m

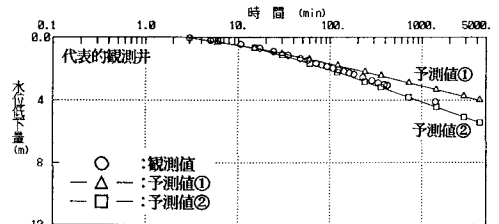


図-3 予測結果と観測値の比較（ケースA①と②）

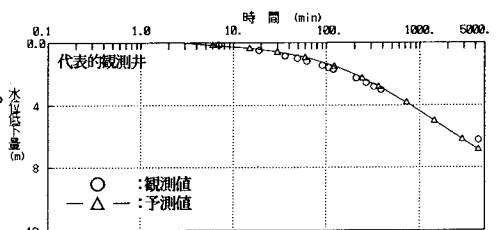


図-4 予測結果と観測値の比較（ケースB）

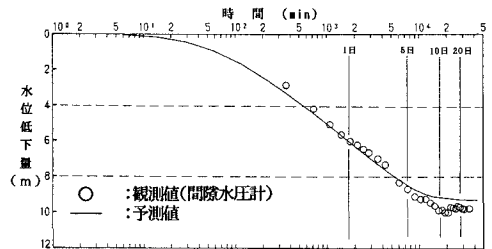


図-5 長期的な予測と観測値の比較（ケースB）