

飛鳥建設（株）構造技術部 正○小林 薫 正 峯谷 明
飛鳥建設（株）東京支店 正 日野宣隆 正 中山裕司

1. はじめに

近年、大規模掘削工事等において地下水低下工法を実施する場合、施工期間、工程等を考慮した非定常解析で水位変動を予測し、排水計画や揚水管理を行うことが増えてきた。そこで、本報文では開削工事において盤ぶくれ対策として実施した揚水による地下水位の観測結果と、準3次元浸透流解析（PC-GWAPG¹⁾）による解析結果を比較し、揚水停止に伴う回復水位及び水位低下による帯水層定数の変化について考察する。

2. ディープウェル配置及び揚水計画概要

図-1に掘削平面図、断面図及びディープウェル（DW）、間隙水圧計配置図を示す。

本揚水に先立ち実施した確認揚水試験ではDW9本（図-1の●印）で定揚水量（ $Q=0.3 \text{ m}^3/\text{min}/\text{本}$ ）で3日間揚水した後、揚水を停止し水位を回復させた時の間隙水圧計（図-1の▲印）及び他のDW（図-1の○印）の水位を計測した。また、本揚水では、図-2に示す盤ぶくれ対策としての所定水位（破線）を間隙水圧計で確認しながら、揚水井及び揚水量を変化させ管理した。

3. 帯水層定数の同定結果

確認揚水試験の間隙水圧計の水位低下データ（図-3の○印）を用いて、逆解析²⁾（UNISSF）により帯水層定数（透水量係数、貯留係数）を同定した。同定値は表-1に示すように透水量係数及び貯留係数共に多孔式揚水試験³⁾から求めた範囲のほぼ上限値となっている。

4. 同定値を用いた解析値と観測値の比較

(1) 揚水停止時の回復水位の予測

確認揚水試験においては、施工時のポンプトラブルや停電等に対処するためにポンプ停止に伴う水位回復を観測しておくことが望ましいが、実際には行われなことも多い。そこで、水位低下時の非定常データから同定した帯水層定数を用いて予測した回復水位と観測結果の比較を行い、回復水位の予測について考察する。

図-3に間隙水圧計位置での回復水位の解析値と観測値（●印）を示す。揚水停止直後において解析値の水位回復が多少速い傾向が見られるが、解析値と観測値はほぼ一致しており、実用上十分な精度といえる。また、同定値を用いた観測井（DWNo.9）の水位変動を図-4に示すが、水位低下時及び水位回復時共に解析値と観測値は良く一致している。尚、他の観測井についても同様な結果が得られた。以上のことから、今回の解析モデル及び帯水層定数の同定値が妥当であり、水位低下時のデータの同定値を用いて水位回復時の挙動を精度良く予測することが可能といえる。

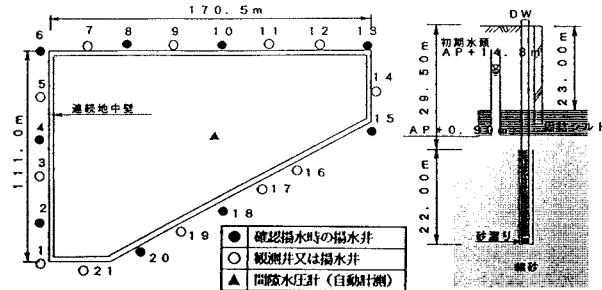


図-1 掘削平面図、断面図及びDW、間隙水圧計配置図

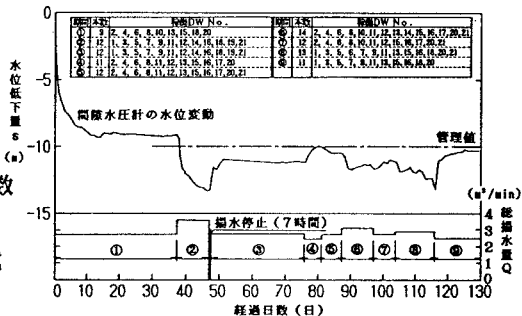


図-2 揚水量経時変化

表-1 帯水層定数同定結果

	多孔式揚水試験 による算定値	逆解析による 同定値
透水量係数 $T(\text{m}^2/\text{min})$	6.36×10^{-2} 1.16×10^{-1}	1.15×10^{-1}
貯留係数 S	1.00×10^{-4} 3.40×10^{-3}	3.00×10^{-3}

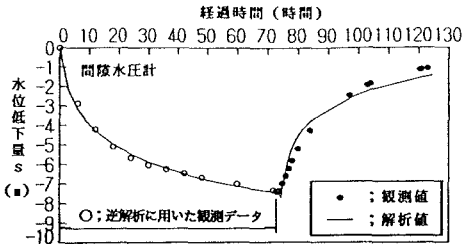


図-3 回復水位の予測結果（間隙水圧計）

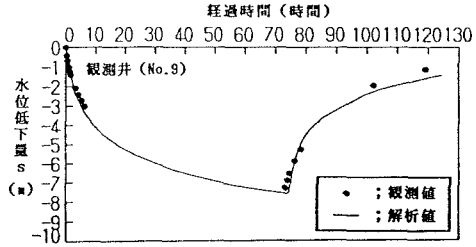


図-4 観測井(No.9)の解析結果と観測結果の比較

(2) 水位低下による帯水層定数の変化について

稼働揚水井及び総揚水量の変化を考慮した解析結果と観測値を図-5に示す。DW9本揚水時（総揚水量 $Q=2.7\text{m}^3/\text{min}$ ；0～38日）においては解析値と観測値は非常に良く一致しているが、DW12本揚水以降（ $Q=3.6\text{m}^3/\text{min}$ ；38日～）については、揚水量の変化に水位変動が追従しているものの、水位低下量の解析値は全体的に観測値より小さい傾向にある。これは、DW12本揚水時に水位低下量が大きくなり被圧帯水層の大部分が被圧状態から不圧状態へ変化したことによる帯水層定数の変化が主因と考えられる。ここで透水量係数のみに着目してDW12本揚水時の観測データから逆解析により透水量係数を再度同定した結果、確認揚水試験時の同定値の0.9倍程度となった。再設定した透水量係数を用いて解析したDW12本揚水以降の水位変動を図-6に示す。

透水量係数を変化させることにより、水位低下量の解析値は観測値とほぼ一致していることから、水位低下による被圧帯水層の状態変化により透水量係数が変化したことを定性的に示している。

今回、大きな水位低下により帯水層定数が施工期間中に変化したため、確認揚水試験で設定した帯水層定数による水位低下量の解析値は観測値より小さくなる傾向を示したが、施工途中段階で帯水層定数を見直すことによりその後の水位変動の解析結果が観測値とほぼ一致したことから、稼働揚水井及び総揚水量が逐次変化する場合においても実務レベルで予測可能といえる。

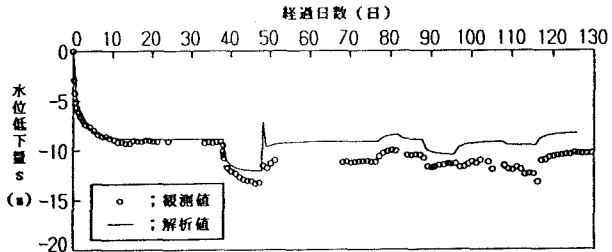


図-5 実施工時の間隙水圧計の水位変動

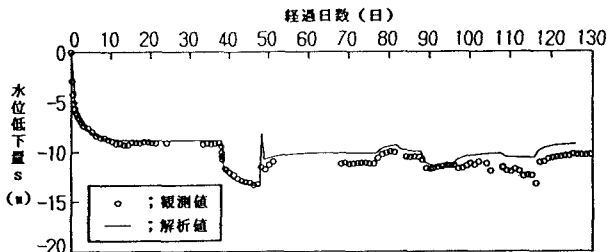


図-6 実施工時の間隙水圧計の水位変動

5. まとめ

- 1) 確認揚水試験の間隙水圧計位置での水位低下データで逆解析により同定した帯水層定数を用いて水位回復時の挙動をほぼ予測できる。
- 2) 今回のような長期揚水を実施する場合、施工途中で帯水層の状態が変化し確認揚水試験で設定した帯水層定数が変化する可能性がある。施工途中段階で帯水層定数を見直すことにより、より精度の高い地下水変動予測が可能である。

尚、帯水層定数の変化について、施工終了時に再度揚水試験を実施し検討する予定である。

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概要, PP. 531～532, 1982

2) 小林, 峯谷他: 地下水変動解析システムの概要とその適用事例, とびしま技報, No. 44, PP. 103～109, 1993. 3

3) 小林, 峯谷他: 準3次元浸透流解析を用いた現場揚水管理の適用性, 第47回土木学会年講Ⅲ, PP. 1182～1183, 1992