

ディープウェル工法自動制御(WIC)システムの概要

国土交通省 近畿地方整備局 島田 哲博

鹿島建設(株) 正会員 田中 啓之 正会員 田中 耕一

近畿基礎工事(株) ○正会員 性田 学

大成基礎設計(株) 松岡 永憲

1. はじめに

地下水位低下工法では、周辺地下水への影響防止と排水処理費用を減らすために排水量の削減が望まれる。そこで、インバータで電力を供給し揚水井戸の稼動状態を自動運転管理するディープウェル工法自動制御(WIC=Well Inverter Control)システムを開発した。WICシステムはセンサー・コンピュータ・インバータで構成され、揚水井戸の稼動状態を施工条件・地下水位の条件に応じて自動制御するものである。本稿では、本システムの概要について報告する。

2. WICシステムの特徴

WICシステムでは、自動記録水位計により全ての観測井戸及び揚水井戸(ディープウェル)の井戸内水位を連続観測する。また、各揚水井戸の揚水量も電磁流量計により連続観測する。そして、各井戸からの揚水流量と水位低下量をパラメータとした解析を実施し、必要水位低下量を満足でき、かつ総揚水流量が最小となる最適な揚水井戸の運転状況を計算し、各揚水ポンプの揚水量をインバータで直接制御して滑らかに変化させることにより過剰な水位低下を抑えながら、必要な地下水位低下量を確保することが可能となる。従来のフロート運転管理で生じてしまうポンプのON/OFFに伴う井戸内水位の大きな変化が無いいため、揚水量を最小限に抑えることができる。

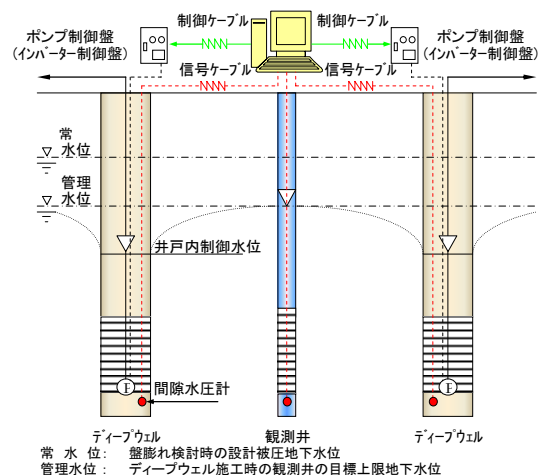


図-1 WICシステムの基本構成

3. WICシステムの制御方式

制御システムの運用手順を図-2に示す。地下水位の調節のために揚水井戸のポンプに対して目標揚水流量で制御する方式と揚水井戸内の目標水位で制御する方式があるが、今回の制御システムでは後者を採用している。

目標揚水流量で制御すると、揚水井戸周辺の地下水位が上昇する場合には目標水位を満足するために揚水流量の増加設定が必要であり、周辺地下水位が低下する場合にはポンプの空運転を防ぐために揚水流量の減少設定が必要である。目標水位で制御すると、排水流量の制限を超過する可能性があるが、揚水井戸周辺の地下水位の上昇・低下に自動的に対応して揚水流量が増減され、安全な地下水位低下量を維持できることが本方式の採用の理由である。

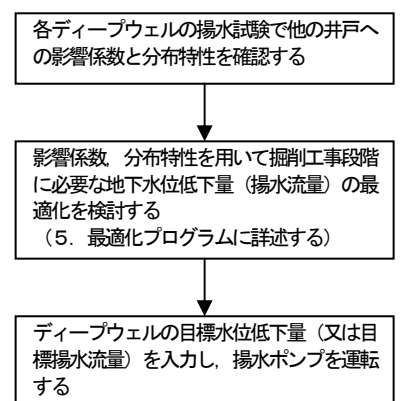


図-2 WICの運用手順

4. 水位低下量の予測式

事前に実施した数値解析結果では水位観測井戸 m 本、揚水井戸 n 本の揚水流量の増分 Δq_i ～水位低下量の増分 Δs_i の比例係数は、被圧帯水層の場合、全体の水位低下量によらず一定の関係となる。不圧帯水層では、水位低下量～揚水流量関係が水位低下量又は揚水流量の増加で変化する。しかし、確認した限りでは揚水井戸と観測井戸の相互関係で決まる分布特性 α_{ij} の相互の比率は実用の範囲で概ね変化が小さい。不圧帯水層の場合、各井戸の揚水流量の影響を示す影響係数 β_j と分布特性 α_{ij} 及び揚水流量の増分 Δq_i から段階的に水位低下量を

キーワード WIC, 揚水井戸, インバータ, 自動制御, 最適化運転

連絡先 〒615-8085 京都市西京区桂千代原町 65 番 鹿島・鴻池特定建設工事共同企業体 TEL075-383-4660

求める。実際には、工事前に実施する揚水試験により分布特性 α_{ij} と初期設定の影響係数 β_j^0 を求める。以後、段階的に、前の段階(0～N回目)の揚水流量の増分 Δq_i^N と水位低下量の増分 Δs_i^N によって β_j^N を求めた後に揚水流量の増分 Δq_i^{N+1} に対する水位低下量の増分 Δs_i^{N+1} を式(1)により求める。

$$\begin{pmatrix} \Delta s_1^{N+1} \\ \Delta s_2^{N+1} \\ \Delta s_3^{N+1} \\ \vdots \\ \Delta s_m^{N+1} \end{pmatrix} \cong \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} & \Lambda & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} & \Lambda & \alpha_{2n} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} & \Lambda & \alpha_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \alpha_{m3} & \Lambda & \alpha_{mn} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \beta_1^N \Delta q_1^{N+1} \\ \beta_2^N \Delta q_2^{N+1} \\ \beta_3^N \Delta q_3^{N+1} \\ \vdots \\ \beta_n^N \Delta q_n^{N+1} \end{pmatrix} \quad \text{-----}(1)^1$$

5. 最適化プログラム

今回、考案した揚水流量の検討方法は、揚水試験結果から揚水量と地下水位低下量の影響係数を求め、この影響係数を用いて各井戸の最大揚水流量による最大水位低下量から、漸近的に目標水位低下量に対する最小揚水流量を求めるものである。

今回採用した揚水流量の最小化を求める方法を次に述べる。また、図-3に概念図を示す。

- ①全揚水井戸で井戸干渉を考慮した最大揚水流量による揚水を実施した最大水位低下量を計算する。
- ②水位低下量が最大の揚水井戸の水位を一定幅で上昇させる。
- ③井戸干渉を考慮した揚水流量を計算し、各揚水井戸、観測井戸の水位低下量を計算する。
- ④1つの観測点の水位低下量がその目標値を下回り目標水位を満足できなくなるまで、繰り返し計算を行う。
- ⑤1つの観測点の水位低下量がその目標値を下回る1段階前で、目標水位を満足している最高水位時の揚水流量及び揚水井戸内水位を最適条件(揚水流量最小)の揚水パターンとする。

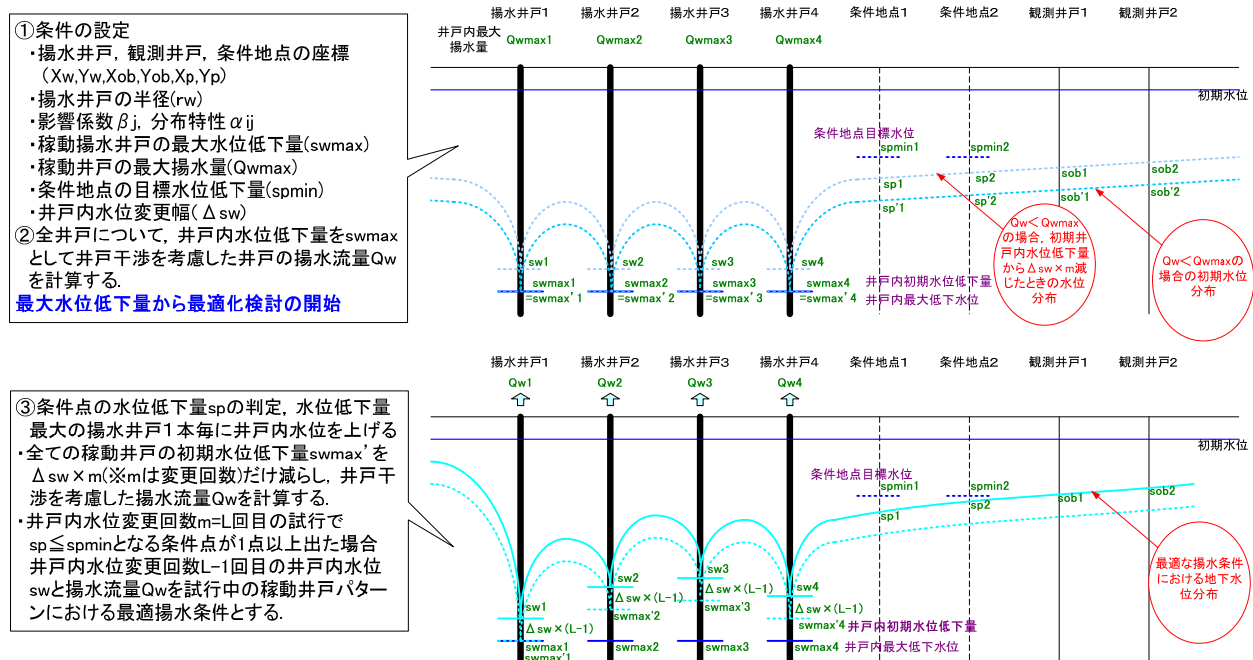


図-3 最適化プログラムの概要

6. おわりに

今回開発したWICシステムにより揚水井戸の制御管理を行うことで、周辺地下水への影響を最小限に抑え、効率的かつ経済的な地下水位低下状態を実現することが可能となり、従来のフロート式より地下水揚水量を大幅に削減できるものと期待される。本システムを実工事に適用した実績については、別稿²⁾で報告する。

参考文献

- 1) 松岡永憲ら：地盤透水性の不均質分布を考慮した新しい井戸理論の提案-不圧帯水層-，日本地下水学会 2008 年春季講演会予稿集，p. 82～87
- 2) 島田哲博ら：ディープウェル工法自動制御 (WIC) システムの適用実績，土木学会第 65 回年次学術講演会，2010.9 (投稿中)