

京都府南山城地域における水源揚水井の維持管理計画に関する研究

関西大学大学院理工学研究科 学生員 ○中寺 美月
 関西大学環境都市工学部 フェロー 楠見 晴重
 関西大学環境都市工学部 フェロー 大西 有三

1. はじめに

京都盆地は、良質な地下水が豊富に存在しており、その貯水量は211億tとされ、琵琶湖の推量に匹敵する⁽¹⁾。中でも対象地域である京都府南山城地域では地下水の利用が盛んであり、上水道水源を地下水に依存している。地下水を汲み上げるためには揚水井の利用が不可欠であり、長期間にわたり揚水を続けていると、井戸の揚水能力が低下し、最終的には機能不全状態に至る。掘りかえには膨大なコストがかかり、現状の対策として行われている洗浄工事の洗浄間隔は経験則に基づき決定されている。したがって、維持管理に関する定量的な検討は十分に行われていない。そこで、本研究では過去の地下水利用データを分析し、揚水井の性能低下の将来予測とその将来予測に基づいた経済分析手法を行うことで、戦略的かつ合理的な水源揚水井の維持管理計画の検討を行う。

2. 井戸の老朽化

揚水井は、揚水を長期的に継続していくにつれて、運転水位の低下や揚砂量の増加等の様々な井戸障害が発生し、必要な揚水量を確保できなくなる。揚水量が減少する原因は、他井の干渉によるものと、ストレーナーの目詰まり減少によるものが主である。中でも、経年的な運転水位の低下や揚水量の減少はストレーナーの目詰まりが原因であることが多い。図.1は井戸のストレーナー部分の目詰まり現象のメカニズムを示したものである。目詰まりの原因は地下水流動影響で流入した土粒子による物理的要因、あるいは、生物的・化学的要因によるものが主である。また、対象地域の揚水井では、水位低下という形で井戸障害が発生している。従って、揚水井を継続的に利用するためには、目詰まりの進展を防ぐために適切な管理を実施する必要がある。

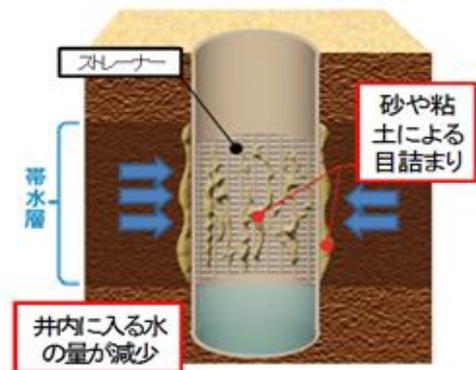


図.1 目詰まり現象のメカニズム

3. 揚水能力の評価指標

維持管理の検討に重要なことは、揚水井の性能低下状況を把握し、将来の低下予測を精度良く予測することである。対象地域では、揚水能力を洗浄工事の度に評価しており、その評価指標は統一されていなかった。主に用いられていた指標は透水係数と比湧出量である。検討を行う際、既往の研究では比湧出量を指標に用いており、実測データから透水係数の定量評価は行われていなかった。しかし、他の性能指標でも検討が必要であるため、本研究では透水係数を指標に用いて、揚水井の経年的な性能低下挙動を明らかにした。

4. チームの平衡式による透水係数の算出

性能低下挙動分析を行うためには、モニタリングに適した指数が必要である。本研究では、対象地域の実測データから算出できる指標を用いる。そのため、透水係数の算出にチームの平衡式(式(1))を適用した。この式は、自由水面の帯水層から揚水を行う場合、井戸から一定流量を趣旨医師、それに伴う地下水水位の変化から透水係数を求めることが出来る式である⁽²⁾。

キーワード：地下水，揚水井，維持管理，

連絡先：〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号 関西大学地盤環境工学研究室 TEL 06-6368-0837(6507)

$$k = \frac{2.3Q \log(R/r)}{\pi(H^2 - h^2)} \tag{1}$$

ここに、Q：揚水量 (m³/sec) ,H：自然水位 (m) ,h：運転水位 (m) ,r：井戸の口径 (m) ,R：影響圏半径 (m) である。

5. 性能低下予測モデルの構築

インフラを管理する場合、資産全体の予算計画や戦略レベルにおける補修戦略を導出する為に、統計的な性能低下予測モデルが用いられる。性能低下予測には、経年的に健全度が低下する傾向を一本の曲線により表現する「単一性能低下曲線モデル」と、性能低下予測を確率論的に推定し、施設群の性能低下予測への適用性が高い「マルチコブ連鎖モデル」に大きく分けられる。本研究においては、「単一性能低下曲線モデル」を用いた性能低下の将来予測を行った。

6. 洗浄工事による揚水能力の回復

性能低下予測モデルを作成するにあたり、過去の揚水試験結果から洗浄工事の効果を反映する必要がある。図2は洗浄工事前後の揚水試験の結果である。この洗浄工事前後の揚水試験のデータから、透水係数を導出するためにヤコブの非定常式を用いた。ヤコブの非定常式とは、時間変化を伴う揚水や地下水位低下などの非定常境界に伴う現象を検討する場合に適用する式である。図3は、揚水試験から求めた透水係数の洗浄効果を将来予測モデルに取り入れたものである。

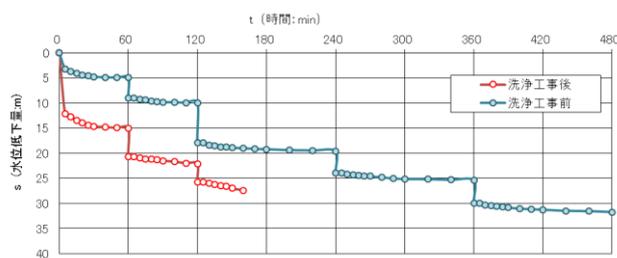


図.2 洗浄工事前後の揚水試験結果

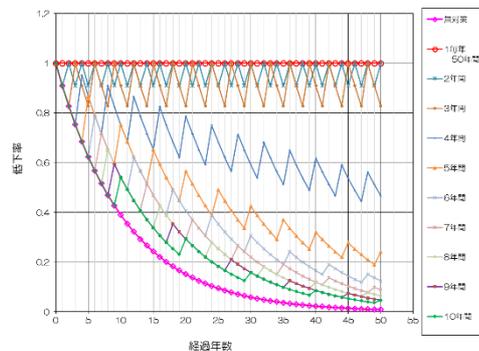


図.3 将来予測モデル

7. 経済分析手法による維持管理計画

維持管理計画の検討手法として、費用便益分析を行う。また、性能低下は水道料金による収入に与える影響が大きい為、便益を含めた検討が必要である。本研究では、維持管理シナリオによる直接的な便益の差を確認するため、純現在価値について算定を行う。図4は、揚水井における費用便益分析の結果を示したものである。本分析において、理想洗浄工事間隔は、この揚水井で3年に1回という結果になった。さらに、最適な維持管理シナリオは、各揚水井の透水係数の性能低下特性により違いが生じた。

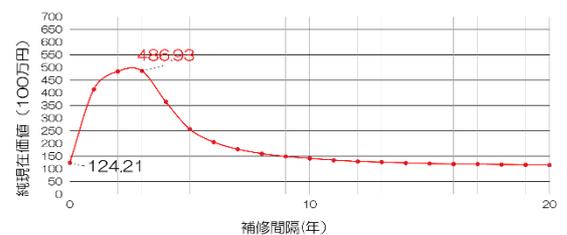


図.4 将来予測モデル

8. まとめ

本研究は、これまで経験的に判断されていた揚水井の目詰まり現象を、定量的に評価したものである。過去の揚水試験、点検結果を用いて定量的評価手法の提案に基づいた将来の性能低下予測を行った。さらに、経済分析手法を導入し、最適な維持管理計画を検討した。その結果、各揚水井において最適な維持管理計画を提案することができた。従来の経験則的な維持管理に対して本手法の有用性は、費用面まで包括した合理的な維持管理計画の構築であり、維持管理手法の提案に寄与できることが期待される。

参考文献

- 1) 谷口敬一郎, 京都府南山城地方の地下水資源について, 物理探査第45巻, pp.54-62, 1992.
- 2) 地下水ハンドブック編集委員会: 地下水ハンドブック, 建設産業調査会, p.415, 1980.