

井戸の最適設置および運転条件設定アシストシステムの開発

鹿島建設(株) 正会員 ○笹岡里衣 中島悠介 永谷英基
 正会員 上本勝広 フェロー会員 笹倉 剛
 (株) カジマアイシーティ 正会員 吉田 豊
 (株) アサノ大成基礎エンジニアリング 松岡永憲 孫 躍

1. はじめに

開削工事等では地盤の安定掘削のため、揚水井を設置し地下水位を低下させることがあるが、複数の揚水井が設置される群井の場合、掘削範囲全域が目標の水位になるよう観測井の水位を確認しながら各井戸の揚水流量を決定する。しかし、従来の多くは各井戸に対する揚水配分量は担当者の判断に委ねられており、必ずしも適切に設定されているとは言えなかった(図-1)。これに対し、過去に揚水流量最適化の検討は行われているが^{1),2)}、下水放流量の低減や周辺の地下水環境への影響抑制の観点から、実務上は限界揚水流量や揚水井内水位などの制約条件下で必要水位低下量を満足しつつ、合計の揚水流量を最小とすることが望まれる。また、井戸の本数を削減できればコスト削減にもつながる。そこで、井戸の設置、および運転条件の決定を支援することを目的に、最適な揚水流量配分を算定するシステムを構築した。

本報では、当システムを使用した解析モデルによる揚水流量配分の算出とそれに伴う水位低下量の検証結果について報告する。

2. 揚水井の最適運転条件の決定フロー

当システムを活用した揚水井の最適運転条件の決定フローを図-2に示す。はじめに、単井からの揚水流量と各観測点(観測井)の水位低下量の関係を線形関数で表現する。この関係は揚水試験、もしくは3次元浸透流解析等により求められる。今回の検証では後者の方法から、揚水流量100L/minとその時の揚水開始30日後の水位低下量の関係とした。次に、各観測点の目標水位および揚水流量や揚水井内水位などの制約条件(上限値、あるいは下限値)を設定し、線形計画法(例えば、シンプレックス法)を用いて関係式を解いた。これにより、目標水位を満足する各揚水井の最適な揚水流量配分が算出される。これらの揚水流量設定の妥当性については3次元浸透流解析を行い、必要な水位低下量が確保されていることを確認した。

3. 解析モデルによる揚水流量配分の検討

(1) 検討概要

盤ぶくれ対策として被圧帯水層(透水係数 $=3.5 \times 10^{-3} \text{cm/s}$)を対象に図-3に示す井戸(揚水井11本、観測井13本)の設置を想定した。当システムを用いて、観測井の本数が図-3の全数(13本)とその約半数(7本)の2ケース(それぞれCase A, Case B)に対し揚水流量配分を算出し、揚水開始から30日後の水位低下量について両

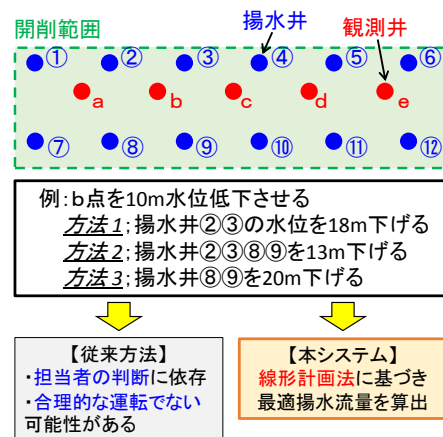


図-1 開発背景

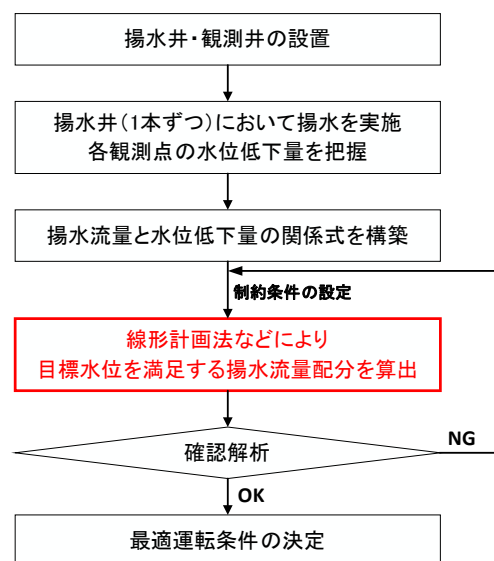


図-2 揚水井の最適運転条件の決定フロー

キーワード 地下水位低下工法, 水位管理, 自動制御, 線形計画法

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6499

ケースの算出結果を比較した。Case A, Case B ともに各観測点における目標水位低下量 Δs (低下量を正とする)は地点によって区画割を行い、 $\Delta s=8.3, 9.2, 9.4\text{m}$ のいずれかとした。なお、関係式を解く際の制約条件は Case A, Case B ともに限界揚水流量を 200L/min, 揚水井内の水位低下量を 15.0m までと設定した。

(2) 算出結果

表-1 に本システムを用いて算出した揚水流量を示す。目標水位低下量を満足するための総揚水流量は観測井の本数を半分とした Case B においても約 20L/min だけ多くなる程度であった。これらの揚水流量配分に対する水位低下量(揚水開始から 30 日後)の算出結果を表-2, および図-4 に示す。いずれのケースについても各観測点における水位低下量は目標値を達成していることがわかる。しかし、土留め壁内部の水位低下量をみると目標値を満足しない領域(破線)が発生しており、この傾向は、観測井本数の少ない Case B において広域である。実務において、安定した水位低下量を保持するためには、事前に水位が低下しにくい点を適切に把握し観測井を設置したうえで、日々の運転管理において水位低下量を確認しながら揚水流量を微調整することが重要と考えられる。

4. まとめ

地下水位低下において、揚水流量の決定は従来、担当者の判断に依存していたため、最適に設定されていたとは言い難い。そこで、井戸の設置および運転条件を決定する際の支援ツールとして線形計画法を用いた揚水流量配分システムを構築した。

当システムを適用することで、井戸の合理的な設置が可能となり、揚水井の最適な運転管理に期待できる。今後は、精度向上を図るとともに、復水井への機能拡張など、更なる利便性の向上を目指す予定である。

表-1 揚水流量の計算結果

揚水井 (観測井本数)	揚水流量 (L/min)	
	Case A (13本)	Case B (7本)
限界揚水流量	200.0	200.0
DW-1	71.6	156.2
DW-2	27.8	4.0
DW-3	200.0	200.0
DW-4	200.0	200.0
DW-5	200.0	200.0
DW-6	200.0	141.2
DW-7	200.0	200.0
DW-8	200.0	200.0
DW-9	200.0	200.0
DW-10	200.0	200.0
DW-11	122.2	139.8
合計	1821.6	1841.2

AとBの差:20L/min

表-2 水位低下量の計算結果

観測井	水位低下量 Δs (m)			
	Case A		Case B	
	目標値	計算値	目標値	計算値
MW-1	8.3	8.4	設置なし	(7.8)
MW-2	8.3	8.5	8.3	8.5
MW-3	8.3	8.7	8.3	8.6
MW-4	8.3	9.3	設置なし	(9.5)
MW-5	9.2	9.6	9.2	9.7
MW-6	9.2	10.0	設置なし	(10.1)
MW-7	9.2	11.2	設置なし	(11.2)
MW-8	9.2	9.8	設置なし	(9.8)
MW-9	9.2	9.8	9.2	9.8
MW-10	9.2	9.8	9.2	9.7
MW-11	9.2	9.7	設置なし	(9.7)
MW-12	9.4	10.0	9.4	9.9
MW-13	9.4	10.7	9.4	10.6

※(): 同地点における水位低下量

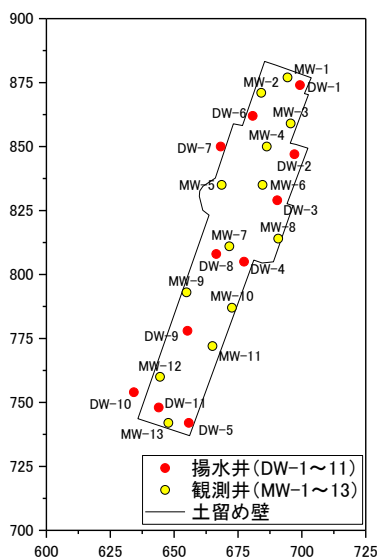
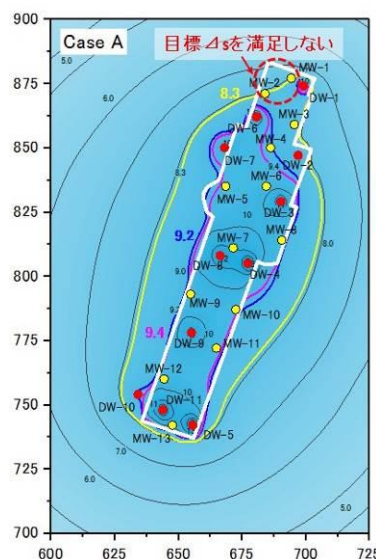
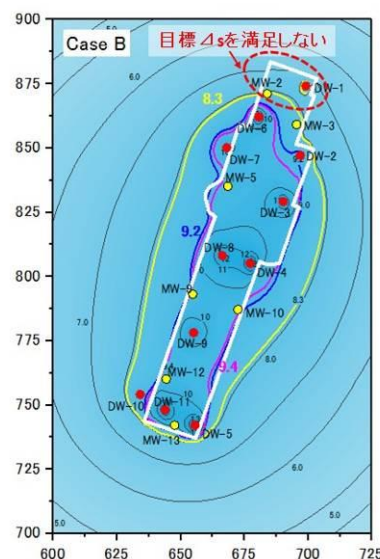


図-3 解析モデル



(a) Case A



(b) Case B

図-4 水位低下量(揚水開始30日後)

参考文献

- 1) 竹下祐二ら：地盤掘削工事における最適化手法を用いた排水設計方法に関する考察，土木学会論文集，No.493，III-27，pp.153-163，1994。
- 2) 進士喜英ら：ディープウェル工法適応時の各井戸揚水流量決定方法の改良，日本地下水学会 2007 年秋季講演会講演要旨，pp.268-273，2007。