

## 揚水注水一体型井戸の適用性に関する数値解析的基礎検討

鹿島建設(株) フェロー会員 ○笹倉 剛, 正会員 上本 勝広  
正会員 齋藤 潤, 中島 悠介

### 1. はじめに

地下水位低下工法による工事区域外での地盤沈下や、井戸枯れ等が問題となる場合、復水井を使用して工事区域外の地盤に注水を行う復水工法が併用される。しかしながら、従来の復水工法では、一度地上に揚げた地下水を再び地盤中に戻すため、エネルギーロスが大きい；地上の配管設備が複雑になり、施工性の低下や維持管理コストの増加が生じる；駅周辺や住宅密集地のように復水井が設置が困難な場合がある等の課題がある。

本報では、以上の課題を解決する手段として、1本の井戸で揚水と注水を同時に行う揚水注水一体型井戸を採り上げて、その効果を3次元浸透流解析により評価した結果を報告する。

### 2. 揚水注水一体型井戸の構造

図-1に考案した井戸の概略を示す。井戸の断面のうち、一方が揚水側であり、他方が注水側である。深度方向には、注水側から揚水側に循環する短絡流が生じないように、セメントベントナイト(以下CB)により離隔をとっている。また、同じ理由で、揚水側と注水側との間に止水板を設けた場合も検討した。

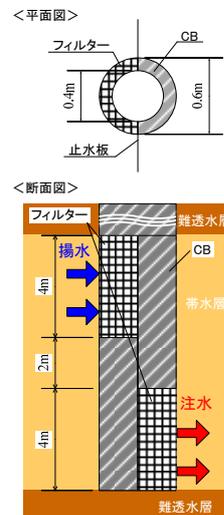


図-1 井戸概略

### 3. 3次元浸透流解析

#### (1) 解析条件

層厚 20m の難透水層下に層厚 10m の帯水層が存在する被圧条件を対象とした。各土層および井戸周囲に配したフィルター材、CB の特性を表-1に示す。帯水層の不飽和特性は図-2のように設定した<sup>2)</sup>。なお、帯水層底面(GL-30m)は不透水境界とした。また、初期の地下水位はGL-2.0mに設定し、解析領域

表-1 各要素の特性値<sup>1),2)</sup>

要素	飽和透水係数 $k$ (cm/s)	比貯留係数 ( $l/m$ )	飽和体積含水率 ( $\theta$ )
難透水層	$1.0 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-4}$	0.1
帯水層	表-2による	$1.0 \times 10^{-4}$	0.2
CB	$1.0 \times 10^{-6}$	$1.0 \times 10^{-4}$	0.1
フィルター	$1.8 \times 10^0$	$1.0 \times 10^{-4}$	0.2

(300m×300m)の最外周の要素を水頭固定境界とした。

井戸要素は解析領域の中心に配置し、図-3に示すように、ケーシングは不透水境界、スクリーン部は流量固定境界としたうえで、所定の揚水量、注水量を与えた。揚水深度はGL-20m~24m、注水深度はGL-26m~30mとした。なお、解析コードはAC-UNSAFを用いた。

#### (2) 検討ケース

検討ケースを表-2に示す。Case.0では、当井戸との効果の比較を目的として、注水を行わない場合を実施した。Case.2以降では、井戸周辺の短絡流を防止する止水板を図-1に示すように設置した。止水板の幅は井戸の削孔径 $d=0.6m$ に対し、 $d$ (Case.2, 3)および $2d$ (Case.4, 5)を設定した。なお、止水板は図-4のように帯水層要素の一部をCB要素に置き換えることでモデル化した。Case.3以降では、透水係数の異方性を考慮し、鉛直方向の透水係数 $k_H$ を水平方向の透水係数 $k_V$ の1/10とし、鉛直方向流れの影響を比較した。Case.5では揚水量、注水量を増加させ、水頭変化領域の拡大傾向を検証した。

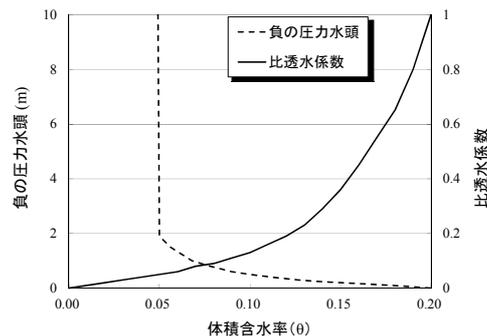


図-2 不飽和特性

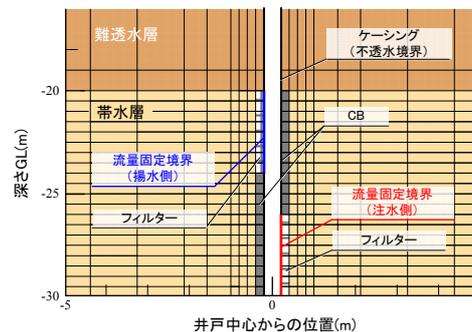


図-3 井戸周囲の境界条件

キーワード 地下水位低下工法, 復水工法, 浸透流解析

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社技術研究所 TEL042-489-6552

4. 解析結果

表-2 検討ケース

No.	帯水層の透水係数		揚水量 (L/min)	注水量 (L/min)	止水板
	$k_H$ (cm/sec)	$k_V$ (cm/sec)			
Case.0	$1.0 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-3}$	60	60	なし
Case.1					なし
Case.2					片側0.6m
Case.3					片側0.6m
Case.4					片側1.2m
Case.5	$1.0 \times 10^{-4}$	200	200	片側1.2m	

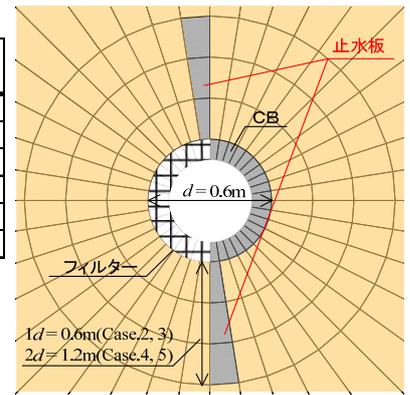


図-4 止水板のモデル化

定常状態に達した後の井戸近傍の水頭変化コンター断面図を図-5に示す。Case.0では4~

8mの水頭低下が井戸から10m離れた範囲まで及んだ。Case.1では、揚水側で水頭の低下、注水側で水頭の上昇が見られたが、水頭の変化が及ぶ範囲は、井戸近傍のごく狭い領域に限られることを確認した。止水板を設置したCase.2では、短絡流の防止により井戸近傍での揚水側の水頭低下はCase.1に比べ大きくなった。しかし、水頭低下範囲はCase.0に比較して狭く、短絡流が止水板の設置範囲外まで広がっていることが推定される(図-6参照)。また、Case.3(止水板幅d)とCase.4(止水板幅2d)の水頭低下範囲にほとんど差が見られないことから、短絡流の影響は当検討でのいずれの止水板設置範囲よりも遠くまで及んでいると考えられる。したがって、実適用に際しては、必要となる止水板の幅について、さらなる検討が必要と思われる。

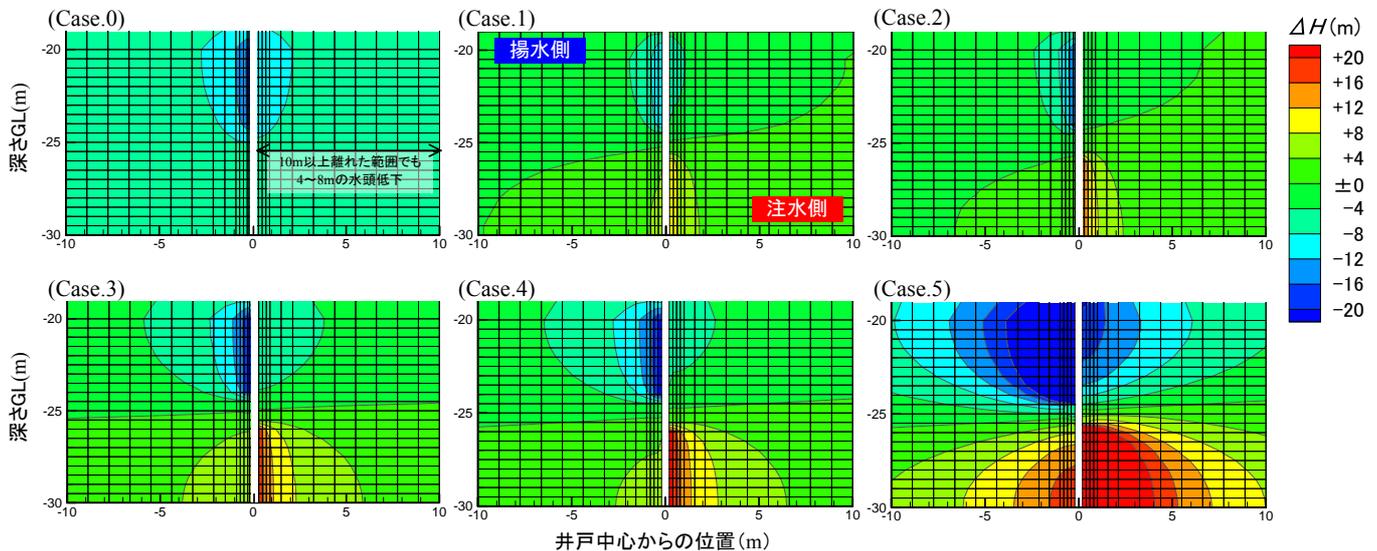


図-5 帯水層の水頭変化コンター図

Case.2とCase.3の比較では、透水係数の異方性を考慮することで、水頭変化の領域が水平方向に広がることを確認した。これは鉛直方向の透水係数が小さくなり、水平方向の流れが支配的になったためと考えられる。流量を増加させたCase.5では、水頭変化領域は大幅に拡大するが、水平方向への短絡流の影響により、揚水側の注水深度においても水頭が上昇する結果となった。

5. まとめ

揚水注水一体型井戸について3次元浸透流解析を実施し、注水側-揚水側間の短絡流の防止に効果的な止水板の設置により、任意の限定領域で地下水位を低下させることの可能性を確認した。今後、解析による群井効果の確認や模型実験による検証、止水板の施工方法について検討を進める予定である。

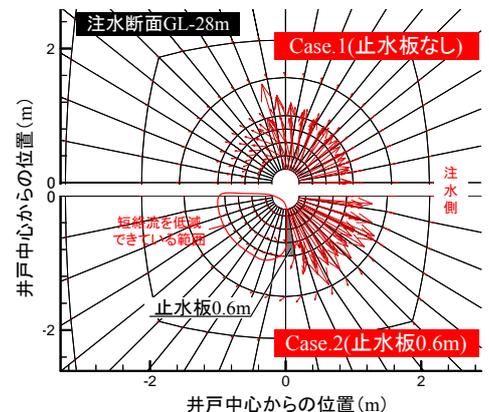


図-6 井戸周囲の流速ベクトル

参考文献

- 1) 土質工学会：根切り工事と地下水-調査・設計から施工まで-、1991.1.31.
- 2) 財団法人国土技術研究センター：河川堤防構造検討の手引き、2002.7