

## 数値計算による改良型真空深井戸工法の地下水位と排水量の検討

地下水位, 排水量, 真空深井戸

○九州産業大学工学部 正会員 細川 士佐男  
 (株)アサヒテクノ 正会員 高橋 茂吉  
 シェスタクラブ 中山 比佐雄  
 (株)アサヒテクノ 尾崎 哲二

## 1. はじめに

近年, 国土面積に限りがある我が国では地下空間を有効利用する機会が多くなっている。また, 空間の深度も深くなっている。地下空間の工事に当たって必ず直面するのが地下水の排除である。この対策を的確に行うか非かが工事の安全性と工期に大きく影響する。これまで工事には深井戸による重力排水工法, 真空圧を利用した真空深井戸工法が利用されている。これに対して, 著者の一人高橋は真空深井戸工法を改良して井戸周辺の水位が低下しても井戸内に地盤の空気が混入せず真空圧の効果が広範囲に亘る改良型真空深井戸工法を提案してきた。また, この工法の施工時に目詰まり対策として井戸スクリーン周辺域の地盤の洗浄を行っている。この洗浄によって周辺域の透水係数は大きくなる。

本研究は, 洗浄により周辺域の透水係数が大きくなるのが改良型真空深井戸工法の地下水位の低下及び排水量にどのような変化を及ぼすかを数値計算により検討を行った。

## 2. 解析領域

図1には, 解析の対象とした鉛直断面の飽和-不飽和領域の概略を示している。図の左側には井戸を配置し, 図中には境界条件説明のための記号A~Iを記入している。また, 洗浄で透水係数が大きくなると仮定した範囲を点線CLMDで囲んでいる。

## 3. 基礎式と境界条件

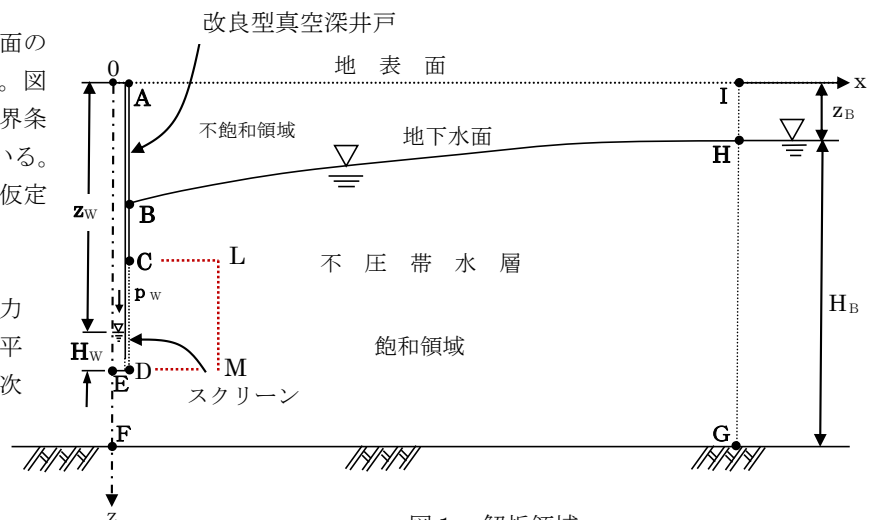
2次元飽和-不飽和領域における圧力水頭に関する基礎式は, 図のように水平方向にx軸, 鉛直下向にz軸をとると次式で示される。

$$(C_w + \alpha_0 S_s) \frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial z} \quad (1)$$

$$u = -k \frac{\partial h}{\partial x} \quad (2)$$

図1 解析領域

$$v = -k \left( \frac{\partial h}{\partial y} + 1 \right) \quad (3)$$



ここに,  $C_w$ : 比水分容量,  $S_s$ : 比貯留係数,  $h$ : 圧力水頭,  $t$ : 時間,  $u, v$ :  $x, z$  方向の Darcy 流速,  $k$ : 透水係数である。なお,  $\alpha_0$  は不飽和領域では  $\alpha_0 = 0$ , 飽和領域では  $\alpha_0 = 1$  の値をとるダミー変数である。

表1には, 図中の各境界における境界条件を示している。境界AIは地表面における単位面積当たりの鉛直下向きへの降雨による浸透量あるいは上向きの蒸発量を与える境界であるが, ここでは0としている。

数値計算は, 陰形式差分法の反復法で行った。格子間隔はx方向に30cm(大きさ4980cm), z方向10cm(大きさ3000cm), 地盤の透水係数は  $k=3.87 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ , 飽和体積含水率0.52, 比貯留係数  $S_s=1.0 \times 10^{-4} (1/\text{cm})$  である。不飽和領域を含めた不圧帯水層の計算で用いる不飽和特性は, 実験室で求めた体積含水率と圧力水頭の関係を Van Genuchten の式に適用して求めた。このときのパラメータは  $\alpha=0.152 (1/\text{cm})$ ,  $m=0.321$ ,  $n=1.47$  である。井戸内の真空圧は圧力水頭に換算して-3.0m, 井戸の水位は EL.21.1m, 帯水層の圧力水頭の初期値は EL.0.0m を地下水面とした静水圧分布で与えている。なお, 領域の外側の貯水槽の水位は EL.0.0m としている。

数値計算は, 洗浄範囲の透水係数を  $1.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$  (ケース1),  $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/s}$  (ケース2),  $1.0 \times 10^{-1} \text{cm/s}$  (ケース3),  $1.0 \text{cm/s}$  (ケース4) とした場合の4ケースについて行った。

## 3. 結果及び検討

図2~図6には, 縦軸に高さ, 横軸に井戸中心からの距離(ともにm単位)をとって, 24時間排水後のm単位の圧力水頭の等値線を示している。図1に示す洗浄範囲の透水係数が地盤のそれとほとんど変わらないケース1の等値線は, ストレーナに向かって洗浄域まで緩やかに低下し, 洗浄域からは勾配が急になっている。図3にはケース1の抽出図に流況を示している。等値線はケース2から3と傾きが大きくなり, ケース3では地下水面の先端が洗浄域の右上

コーナーに接している。

ケース 4 の等値線はケース 3 とほとんど同じ形状を示している。

図 5 には、1ton 当たりの排水時間の累積を縦軸に、経過時間を横軸にとって累積時間の変化を示している。排水の累積時間の変化は、初期の段階では大きく、時間の経過に伴って小さくなっている。

表 1 境界条件

境界	境界条件
AB, BC EF, HI	不透水境界 $\frac{\partial h}{\partial x} = 0$
CD	静水圧境界 $h_b = (H_w - z - z_w) + \frac{p_w}{w}$ $H_w$ : 井戸の水深 $z_w$ : 井戸水位の深度 $p_w$ : 井戸内の圧力 $w$ : 水の単位体積重量
DE	不透水境界 $-k \left( \frac{\partial h}{\partial y} - 1 \right) = 0$
GH	静水圧境界 $h_b = (H_B - z_B - z)$ $H_B$ : 外周の水深 $z_B$ : 外周の水位の深度
AI	地表面 $-k \left( \frac{\partial h}{\partial z} - 1 \right) = R$ R : 降雨強度または蒸発強度

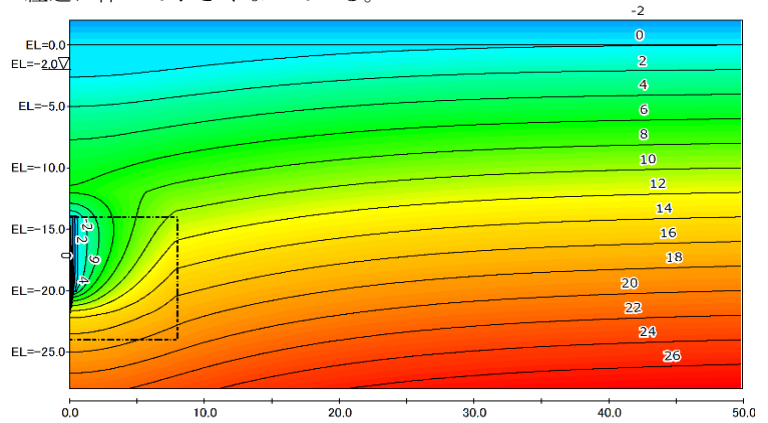


図 2 ケース 1

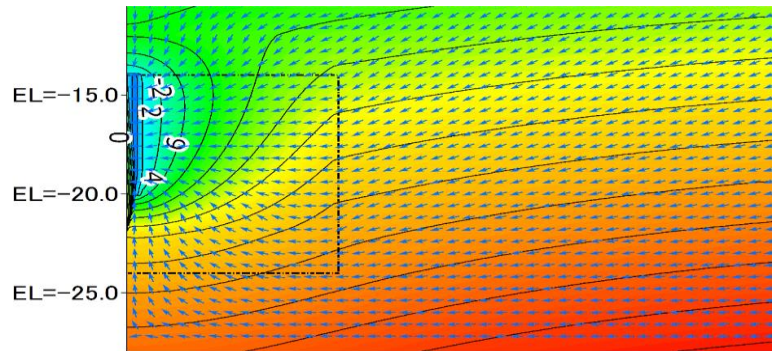


図 3 ケース 1 の抽出図

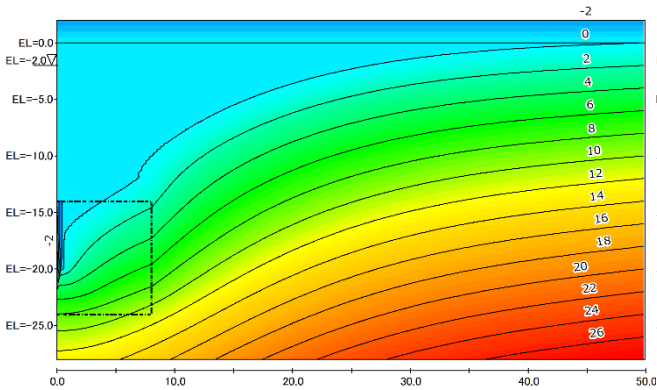


図 4 ケース 2

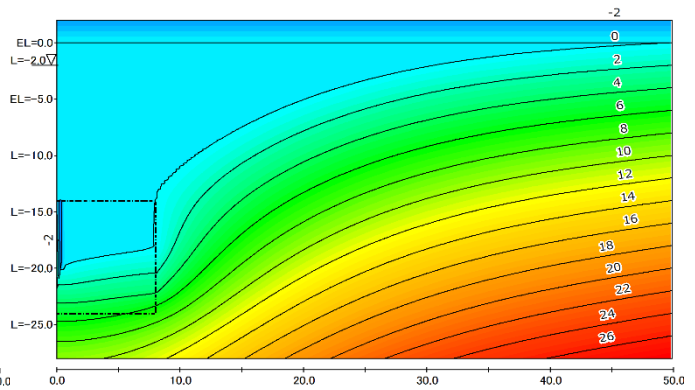


図 5 ケース 3

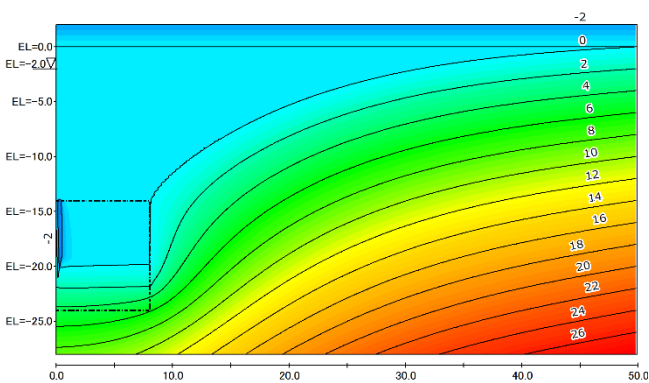


図 6 ケース 4

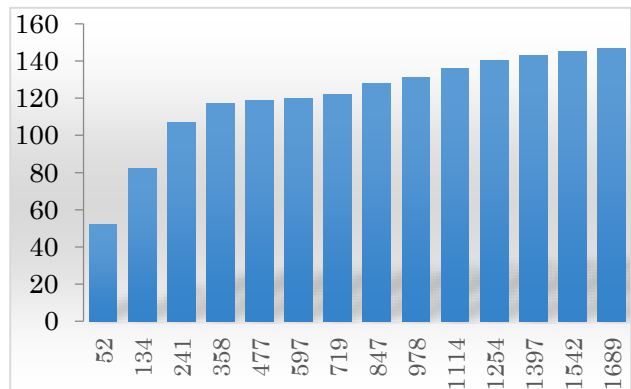


図 7 ケース 1 の排水量