SWP 工法による影響検討について

SWPの特色である真空圧による地下水位の低下を再現できるように、数値計算モデル を構築していることが最大の特徴である。またSWPは瞬間的に真空圧をかけるために地 下水に急激な圧力変化を及ぼし真空圧の影響が急速に伝搬していく状況を再現する必要が ある。

現在、開発している計算モデルは水理実験結果*)に基づいて構築したものである。SWPを 使用する際に予めシミュレーションをして設置計画をたてることが望ましい。

シミュレーションは以下の手順で行う。



1. 計算手法

計算方法は一般的なダルシー則を使用する。

(1) 連続の式

$$\left(C_{w} + \alpha_{0}S_{s}\right)\frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial z}$$
(1)

ここに、 C_w :比水分容量、 S_s :比貯留係数(単位の水頭上昇が起きたときに単位体積の土 中に貯留される水量)、h:圧力水頭、t:時間、u,v:x, z方向の Darcy 流速である。なお、 α_0 は、不飽和領域では圧力水頭の変化による空隙率の変化が生じないものと仮定して、次 式の値をとるダミー変数である。

不飽和領域: $\alpha_0 = 0$ 、飽和領域: $\alpha_0 = 1$



図-1 解析モデル

(2) 運動方程式

$$u = -k \frac{\partial h}{\partial x}$$
(2)
$$v = -k \left(\frac{\partial h}{\partial z} - 1 \right)$$
(3)

ここに、 k は透水係数である。

2. 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地下水の流れの数値解析に適用される境界条件は、以下のようになる。

(1) 圧力水頭および境界条件が既知の境界

$$h(x, z, t) = h_b \tag{4}$$

ここに、 は境界上での圧力水頭の値である。

(2)流体フラックスが既知の境界

 $\left[u,v\right] \cdot n = q_b \tag{5}$

ここに、nは外向き法線ベクトル、q_hは境界上での法線方向の流体フラックスである。

3. 計算条件

3.1 不飽和特性

飽和一不飽和地盤において圧力水頭の計算を行うには、不飽和地盤における圧力水頭と 体積含水率、圧力水頭と透水係数および圧力水頭と比水分容量の関係を現す水理特性が必 要である。不飽和地盤の水理特性は、次式で示される Van Genuchten の理論式を適用する。



ここに、 k_s : 飽和透水係数、 θ_s : 飽和体積含水率、 θ_r : 残留体積含水率、 α 、m(=1-1/n)、n:定数である。ここでは、砂と礫が混じった混合土で求めた

図-2にこれらのパラメータを式(6)の Van Genuchten の理論式に代入して描いた不飽 和特性曲線を示している。

x方向(水平方向は数十cm程度)の格子間隔、z方向の格子間隔(鉛直方向は不飽和を 考慮して数cm程度)の大きさにしている。

3.2 飽和透水係数

飽和透水係数は現地実験や粒度分布から得られたデータを採用する。

3.3 計算時間間隔

計算時間間隔は、急激に真空圧をかけるため計算が発散しないように初期は微少にし、 その後現象が安定したのを確認しつつ徐々に大きくする。



図-2 不飽和特性曲線

4. 解析結果の整理

解析した結果は目的とする層を含めて解析開始から現象が安定するまでの時間を必要 に応じて(だいたい10シーン)で次頁のような水頭、流速ベクトル図及び取水量データ を計算して報告書を作成する。図-3には解析エリア、図-4には SWP 周辺の流速およ び水頭の分布を示しています。



 赤線:遮水矢板、青色:SWPのスクリーン部分

 解析は遮水壁に囲まれた部分の中央から半分でシミュレーションを行った。

 図-3
 対象エリア





24 時間後



ケース1





72 時間後



336 時間後

5. 水理実験

シミュレーションでは現象の把握が出来ない場合は水理模型実験を行います。以下にこれまで使用してきた実験装置を紹介します。(九州産業大学の施設)









以下の図は左端に井戸を設置してディープウェル工法(緑)とSWP工法(赤、茶、青)の吸引圧を 変えた場合の比較である。



(井戸深度:51cm, ストレーナ長:4cm)





凡例	ベクトル(cm/s)
	0.000
\sim	0.020以下
\rightarrow	1.000



















