

II-160 地下ダム建設後のダム内残留塩水の淡水置換について

九州大学 工学部 学生員 中川 啓 九州産業大学 工学部 正会員 細川土佐男
九州大学 工学部 正会員 神野 健二 西松建設(株)技術研究所 正会員 田尻 要

1. はじめに

沖縄地方などの島嶼部では、降雨量が多いにもかかわらず地上ダムに適した地形に乏しく水資源が不足している。そのため、このような地域では、地下ダムを建設することにより水資源を確保する事業がすすめられている。地下ダムが沿岸部に建設された場合には塩水くさびがすでにダム内に侵入していると考えられるが、このダム内に残された塩水を排水し、淡水に置換することで地下ダムの容量を有効に利用できる。本研究では、このような状況が起きる地域を想定して、地下ダム建設後すでに侵入した塩水の淡水置換に関する数値計算をおこない検討した。

2. 解析対象地の概要

解析対象地である沖縄県I島S低地の断面図を図-1に示す。現地の地質は、2つの粘土シルト層をはさみ、上位より沖積層、洪積層、基盤に分けられる。

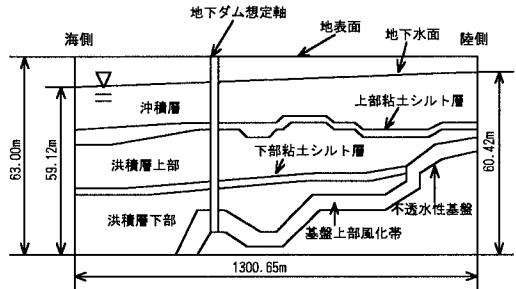


図-1 解析対象地の断面図

3. 基礎式

①地下水の流れの基礎式

$$\{C_w + \alpha_0 \cdot S\} \frac{\partial h}{\partial t} = -\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} + q \cdot \delta(x - x_m) \cdot \delta(y - y_m) \quad (1)$$

②塩分濃度に関する基礎式（移流分散方程式）

$$\frac{\partial(\theta \cdot C)}{\partial t} + \frac{\partial(u' \cdot \theta \cdot C)}{\partial x} + \frac{\partial(v' \cdot \theta \cdot C)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x}(\theta \cdot D_{xx} \frac{\partial C}{\partial x} + \theta \cdot D_{xy} \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial y}(\theta \cdot D_{yx} \frac{\partial C}{\partial x} + \theta \cdot D_{yy} \frac{\partial C}{\partial y}) - q \cdot C \quad (2)$$

ここで、 t : 時間、 h : 圧力水頭、 k : 透水係数、 ρ : 流体密度、 ρ_f : 淡水密度である。 C_w は比水分容量、 S は比貯留係数である。 α_0 : 不飽和領域では0、飽和領域では1とする。 q : 揚水量 (+: 揚水、 -: 注入) (cm^3/sec)とする。 $\theta \cdot C$ は単位体積の砂の中にある土中水の塩分濃度を表す。また、 u' 、 v' はx方向およびy方向の実質流速、 u, v : x, y方向のダルシー流速、 $D_{xx}, D_{xy}, D_{yx}, D_{yy}$: 分散係数。

4. 計算条件および境界条件

表-1に各層の計算条件を示す。横方向分散定数 α_L は縦方向分散定数 α_L の0.1倍の値を与えた。また、不飽和パラメータは粒度分布に基づき、Mualemの土質カタログと比較し類似した粒度分布(No. 3101)についての h と θ との関係を現地地盤データと考えた。このデータにVan Genuchtenが提案した理論式を適用して得られる不飽和特性を用いた。X方向差分格子間隔は667cm、Y方向差分格子間隔は50cmとした。境界条件は、海側では塩水圧境界、陸側では淡水圧境界、基盤では不透水性境界、地表面では涵養量を一定流量フラックスとして与える境界とした。

5. 計算の方法

まずは、現状で塩水くさびが侵入していると考えられる位置まで塩水くさびを侵入させ、その状態から地下ダムを考慮し、さらに表-2に示す揚水量で塩水を排水した。排水位置および概念は図-2のとおりである。なお、地下ダム近傍の格子点は密に配置した。また、涵養量として、降雨量から蒸発散量を差し引いた過去

表-1 各層の計算条件

	k_s (cm/s)	α_L (cm)	空隙率
沖積層	6.52E-3	3.60	0.10
上部粘土シルト層	3.08E-4	3.60	0.06
内花上部層	4.16E-3	3.60	0.20
下部粘土シルト層	1.01E-4	0.06	0.06
内花下部層	5.97E-4	50.0	0.06
基盤上部風化帯	1.50E-4	0.60	0.06

表-2 塩水排水井戸の排水量 (m³/day)

W1	Q11	Q12	Q13	Q14
620m [*]	36.3	36.3	3.63	3.63
W2	Q21	Q22	Q23	
907m [*]	36.3	3.63	3.63	

*) 海岸からの距離

12年間の平均値である0.957mm/dayを与えている。これをCase-1とする。しかしながら、この涵養量のみでは不足することが考えられるので、塩水の排水と同時に淡水の注入を涵養井戸によっておこなうCase-2を加えた。涵養井戸は、図-2の様に設置した。涵養井戸による淡水注入量は塩水の排水量とほぼ同量を与えている。図-3に淡水注入量と塩水排水量の推移を示す。

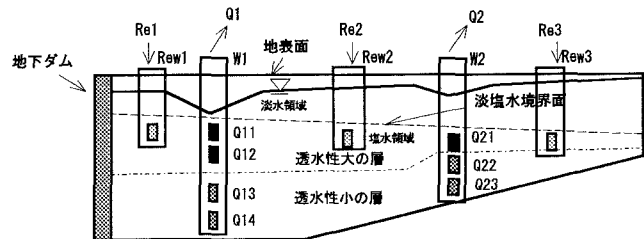


図-2 塩水排水井戸とストレーナの配置概念図

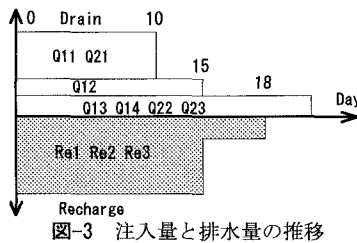


図-3 注入量と排水量の推移

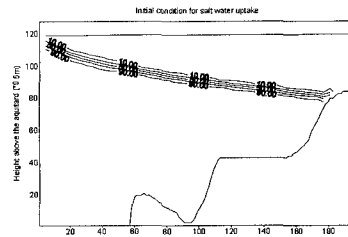


図-4 塩水排水計算の初期状態

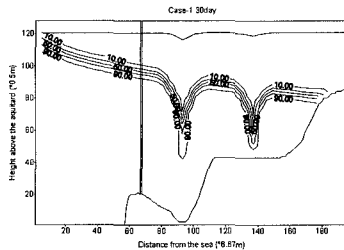


図-5 Case-1の塩水排水開始後30日

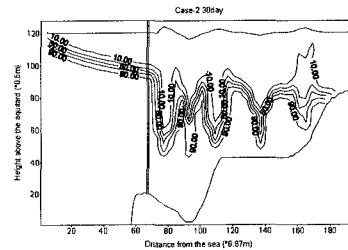


図-6 Case-2の塩水排水開始後30日

6. 結果と考察

図-4に塩水排水計算の初期状態を示す。図-5には、Case-1の30日後、また図-6にはCase-2の30日後の塩分濃度分布を示している。Case-2では淡水を注入しているが、Rew3の上方では低濃度域が広がっているように見える。これは、注入井戸のストレーナの位置を設定した高さが低すぎたことに原因があると考えられる。しかしながら20%以上の高濃度域は、Case-1よりもCase-2の方が下方へ向かっており、すなわち淡水を注入しながら塩水を排水する方が、淡水への置換が進み効率のよいことが確認された。

7. おわりに

海岸域に計画される地下ダム建設後、ダム内に残留した塩水を淡水に置換する場合、淡水を注入しながら塩水を排水する方法がよいことがわかった。今回の計算例では、30日後の結果までしか求めておらず、今後完全な置換が終わるまでに、何日必要とされるかなどの点を検討する必要がある。