

地下ダム貯水湖の塩水挙動と止水壁の健全性評価

Assessing salt-water behavior in subsurface dam reservoir and soundness of cut-off wall

高田大輝*・鈴木麻里子**・井上一哉**
Hiroki Takada, Mariko Suzuki and Kazuya Inoue

1. 緒論

塩水阻止型地下ダムは止水壁による地下水貯留効果と塩水侵入抑制効果を有する水利構造物である。地下ダムの長期供用に向けて、機能診断手法の立案、簡便な止水壁の健全性評価が求められており、本研究では、貯留域に残留する塩水塊を管理する目的で計測される電気伝導度分布に着目し、止水壁の健全性評価指標としての有用性を検討する。

2. 塩水侵入実験

本実験では、高さ94 cm、幅92 cm、奥行き3 cmの矩形水槽に試料を充填し、図1に示す模擬地盤を形成した。現象の可視化に適した珪砂を使用し、実サイトの透水係数の比を考慮して各試料を選定した。施工の困難さから止水壁下部が弱部になりやすい点や止水壁の損傷は一樣に発生する可能性を考慮し、図2に示す3つのケースを対象とした。上流の定水頭タンクに淡水、下流に着色した濃度3.5%の塩水を供給し、表1に示すように水位を3段階に変化させた。水位差のない状態をL1と称して、塩水を貯留域に侵入させた後、非越流(L2)および越流状態(L3)に変動させて残留塩水塊の挙動を捉えた。取得した画像のピクセル明度と色素濃度の校正曲線にて塩水濃度を求め、止水壁上流に挿入した電圧センサにて画像解析では判別の難しい低濃度の塩水を観測した。

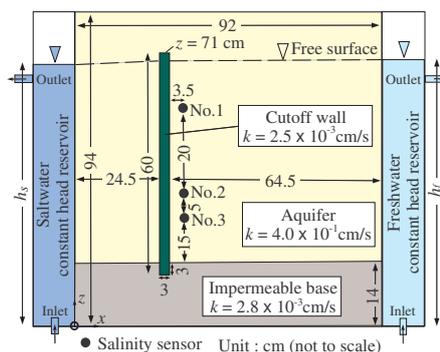


図1：模擬地盤概略図

3. 数値解析

実験結果の妥当性を検証すべく、SEAWAT¹⁾による密度流解析を実施した。浸透流方程式および移流分散方程式の分散項は共役勾配法に基づく差分法、移流分散方程式の移流項はTVD法を採用し、両方程式の連成解析にて濃度分布を求めた。

4. 結果と考察

塩水侵入後、非越流状態(L2)を維持して216分時点の濃度分布を図3、越流状態(L3)に変えて30分時点の濃度分布を図4に示す。非越流状態(L2)では、残留塩水塊は貯留域内に所定の位置で停滞している。健全な止水壁を有するCase αに対して、Case β、Case γでは残留塩水塊の面積が増大している。越流状態(L3)では、塩水塊は貯留域外に流出過程にあり、止水壁の状態に応じて塩水塊の輸送経路に変化がみられる。

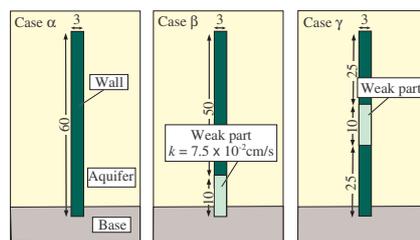


図2：3つの実験ケース (Case α, β, γ)

表1：上流端水位の設定

水位(想定)	h_s (cm)	h_f (cm)
L1 (水位低下時)	69.0	69.0
L2 (非越流状態)	69.0	70.0
L3 (越流状態)	69.0	72.0

* 三重県庁：Mie Prefectural Government.

** 神戸大学大学院農学研究科：Graduate School of Agricultural Science, Kobe University.

キーワード：地下ダム，塩水浸入，健全性評価

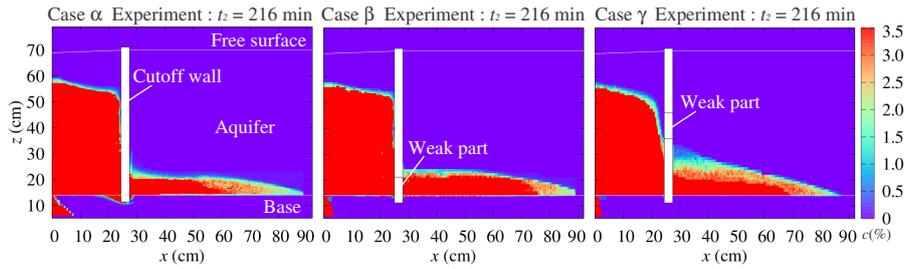


図3：貯留域内で停滞する残留塩水塊の濃度分布 (L2)

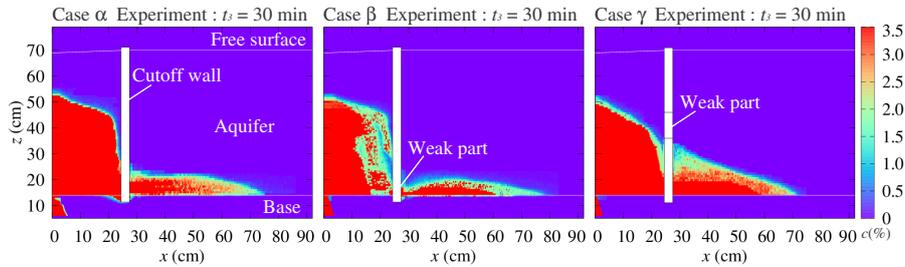


図4：貯留域から流出過程にある残留塩水塊の濃度分布 (L3)

止水壁の健全性と塩水分布の変化を関連付けるため、図3と図4の止水壁上流 $x = 31 \text{ cm}$ の濃度分布をそれぞれ図5と図6に示す。実験結果はプロット、解析結果は実線で示しており、解析結果は実験結果を概ね再現している。非越流状態 (L2) では、弱部を有する Case β と Case γ で塩水分布が鉛直方向に拡大している。図3に示すように、Case β では、下部の弱部が貯留域への塩水供給を促して高濃度の塩水域が拡大、Case γ では、中央の弱部に向かう淡水流れが塩水を輸送し、低濃度の塩水域が拡大したといえる。越流状態 (L3) に遷移すると、Case β の塩水分布は鉛直方向に縮小する反面、Case γ の塩水分布は拡大する。図4に示すように、Case β では、下部の弱部に向かう鉛直下向きの流れが強まり、塩水が下部に引き込まれて貯留域外へ流出した過程を反映している。一方、Case γ では、中央の弱部に向かう鉛直上向きの流れが塩水を押し上げ、塩水が鉛直方向に拡大して流出した過程を反映している。図4に示すように、止水壁の下流側においても弱部の位置に応じた塩水分布の変化がみられ、止水壁周辺の電気伝導度観測は止水壁の健全性を示す有力な情報になるといえる。

5. 結論

本研究では、室内実験と数値解析にて止水壁の健全性判定の有用性について検討した。その結果、止水壁の状態に応じた残留塩水塊の変化傾向を捉え、止水壁上流で計測される鉛直方向の電気伝導度分布は止水壁の健全性と損傷部を示す指標となる可能性を示した。参考文献：1) Langevin, C.D. and Guo, W.: MODFLOW/MT3DMS-based simulation of variable-density ground water flow and transport, *Ground Water*, 44(3), pp.339–351, 2006。

謝辞：本研究は、(一社) 土地改良建設協会「2020年度国営事業地区等フィールド調査学生支援事業」による支援を受けました。

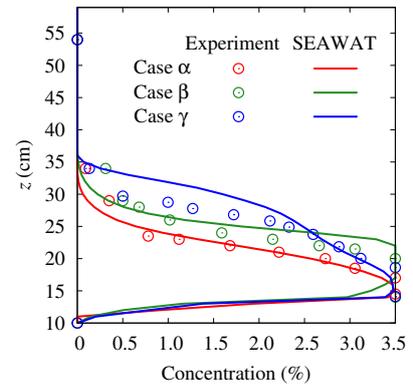


図5：鉛直方向の濃度分布 (L2)

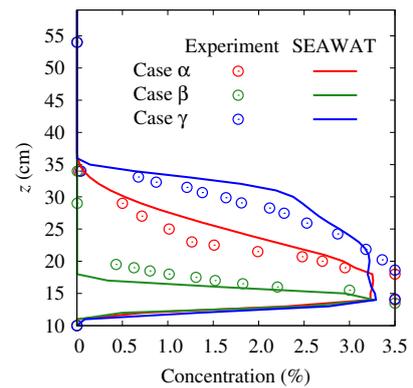


図6：鉛直方向の濃度分布 (L3)