

地下水位潮汐応答の反射を考慮した地下止水壁透水係数推定手法開発の試み An attempt to develop of a method for estimating the hydraulic conductivity of subsurface barrier wall considering the reflection of groundwater tidal response

○白旗克志*, 福元雄也*, 吉本周平*

○SHIRAHATA Katsushi, FUKUMOTO Yuya, YOSHIMOTO Shuhei

1. はじめに

南西諸島には、透水性の地層が広く分布し河川ができず農業用水源を地下水に求めざるを得ない地域がある。一部地域では塩水浸入阻止型地下ダムが建設され、管理者は建設時に貯留域深部に残留した塩水の分布を定期的な一斉測定により把握し、止水機能を確認しながら農業用水源として運用している。本報告では、既往の地下水位の潮汐応答分析に基づく地下止水壁の機能評価技術を改良し、止水壁面での水位振動の反射を考慮することによって止水壁の透水係数をより正確に推定する手法を開発する試みについて紹介する。

2. 観測方法・分析方法

実証調査対象としている塩水浸入阻止型地下ダムには、止水壁を挟むように海側と内陸側で対になった地下水観測孔がある。図1に用いる観測孔の位置を示す。4地点のうち Wu/Wd は、相対的にダム軸沿いの西寄りであって通常の止水壁を挟む地点である。Eu/Ed は相対的に東寄りの地点で、それらが挟む止水壁には海岸湧水を維持するための横ボーリング孔が貫いていて高透水性の部分があり、実証調査では地震等により止水壁が損傷した状態を模擬するものと位置づけている。各地点に自記計を設置し地下水位を分解能 1mm, 30 分間隔で観測した。ここでは 2023 年 9 月から 10 月の約 2 ヶ月間の観測データを用いる。

観測データから地下水位標高の時系列データを整理し、バンドパスフィルタによりトレンド成分等を除去した後、主要潮汐振動成分 (M2 分潮) の周期を考慮したフーリエ解析 (解析データ長: 696 時間) によってその振幅を算出し、止水壁を挟む 2 地点の振幅比を計算した。既往手法ではこの後水位の正弦振動伝播の理論式を用いて振幅比から止水壁の透水係数を計算する際、止水壁と帯水層の境界面で起こる水位振動の反射の影響を考慮しなかった¹⁾。開発しようとする透水係数推定手法は、反射の影響を表す計算項を水位振動伝播の理論式に導入することで、止水壁の透水係数計算の誤差の大幅な低減を図るものである。

3. 結果と考察

図2に水位データの一部を示す。既往の観測結果と同様、止水壁の海側 (Wd, Ed) の地下水位変動には、帯水層の南に接する海の潮位変動が伝播することにより、潮位と同じく概ね 25 時間に 2 回上下する周期的変動 (潮汐応答) が明瞭に認められた。通常の止水壁における内陸側

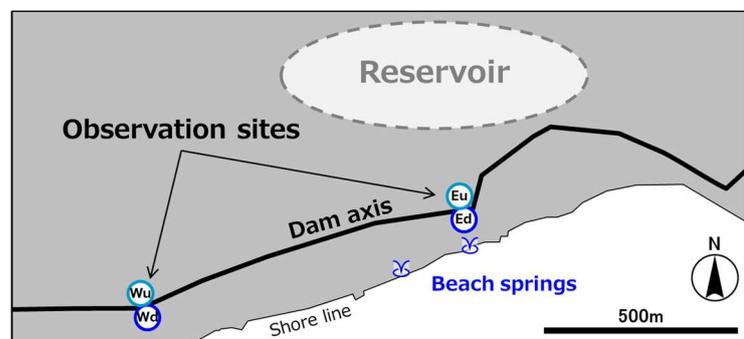


図1 観測地点位置図

Fig. 1 Locations of observation sites

* 農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード: 地下水, 潮汐応答, 止水壁, 透水係数, 機能評価

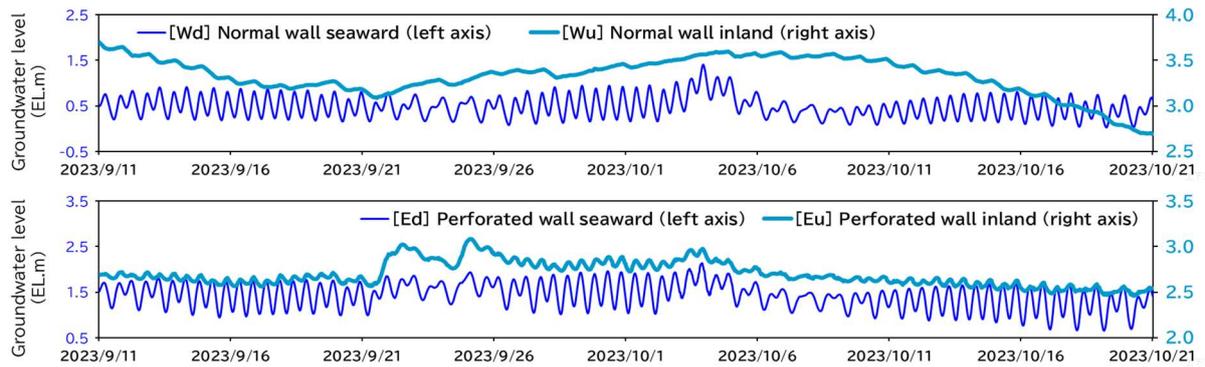


図2 ダム軸近傍の4地点の地下水位観測結果

Fig. 2 Groundwater-level observation data collected from four sites near the subsurface-dam axis

(Wu) の水位変動にそのような潮汐応答が認められないことは、そのこと自体が止水壁の透水性が低く保たれていることを表している。潮汐応答と違い概ね1日1回の水位の上下動は、揚水機場のポンプの中断運転の影響と考えられる¹⁾。一方、高透水路がある止水壁の内陸側 (Eu) の水位変動には潮汐応答が認め

表1 計算された地下止水壁の透水係数

Table 1 Calculated wall hydraulic conductivity neglecting/considering the reflection of groundwater tidal response

Site pair	Start of analyzed time series	Calculated wall hydraulic conductivity (m/s)	
		(neglecting reflection)	(considering reflection)
Wd/Wu (Normal wall)	2023/9/11 0:00	2.9×10^{-10}	5.1×10^{-9}
	2023/9/16 0:00	2.6×10^{-10}	3.8×10^{-9}
	2023/9/21 0:00	3.5×10^{-10}	8.6×10^{-9}
	2023/9/26 0:00	4.0×10^{-10}	1.3×10^{-8}
Ed/Eu (Perforated wall)	2023/9/11 0:00	3.0×10^{-9}	5.8×10^{-7}
	2023/9/16 0:00	3.0×10^{-9}	5.7×10^{-7}
	2023/9/21 0:00	2.8×10^{-9}	5.3×10^{-7}
	2023/9/26 0:00	2.7×10^{-9}	4.9×10^{-7}

られ、高透水路を通じて海側の潮汐応答が内陸側に伝播しているものと考えられる。

表1に、反射を考慮して計算された止水壁の透水係数の例を、同一の観測データを対象として反射を無視した既往の方法で計算した結果と比較して示す。対象地下ダム通常止水壁の真の透水係数は、既往文献²⁾あるいは設計値を参照すれば $6 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-8}$ m/s 程度と考えられる。観測地点の組 Wd/Wu の計算結果をみると、既往の計算方法ではそれより1オーダー以上小さく算出されるが、反射を考慮したことで少なくとも透水係数のオーダーを正確に算出でき、誤差が大きく低減されている。

なお通常止水壁 (Wd/Wu) と高透水路がある止水壁 (Ed/Eu) において計算される透水係数を比べると、後者のほうが大きいことは既往の方法でも反射を考慮した計算方法でも変わらない。このため、地下水位の潮汐応答の分析によって止水壁の損傷等による機能異常・機能低下を監視可能であること¹⁾は、反射を考慮した透水係数計算方法を用いた場合でも変わらず期待できる。

4. おわりに

地下水位の潮汐応答分析に基づく地下止水壁の機能評価技術を改良し、止水壁の透水係数を正確に推定する手法の開発に取り組んでいる。今後観測地点を拡充し分析・計算の事例を蓄積しながら、手法の実証を続ける予定である。

謝辞 本研究は生研支援センター「オープンイノベーション研究・実用化推進事業」(JPJ011937)、JSPS 科研費 JP22K05893 の支援を受けて行った。現地観測では沖縄本島南部土地改良区および沖縄総合事務局関係各位の御協力と御配慮をいただいている。記して謝意を表す。

引用文献 1) 白旗ら (2023): 2023 年度 (第 72 回) 農業農村工学会大会講演会, 3-12, 2) Nawa & Miyazaki (2009): Paddy and Water Environment, 7(2), 71-82