

統計的手法を利用した地下ダムにおける地下水の挙動解析

Groundwater analysis at the underground dam with the statistical method

寺西 俊*, 小林 晃*

TERANISHI Shun, KOBAYASHI Akira

1. はじめに

地下ダムは、山地を持たない離島や乾燥地帯における水源確保に関して大いに効果を発揮し、水利用状況の大幅な改善が見込めると期待される。地下ダムの挙動を知るためには、地下水盆の地下水流動モデルを作成することが有効であるが、そのためには精度の高い透水性の分布の推定が必要である。しかし、実際は地盤内の透水性の分布は複雑であり、実測される透水係数等は費用がかかるなどして情報が限られている。そこで本研究では、対象地域を宮古島の砂川ダムとして統計的手法によって透水性の分布を推定することを試みた。そして、有限要素メッシュの全要素を不均一にして浸透流解析を行った。本発表ではその予備解析の結果を紹介する。

2. 統計的手法

本研究では地盤統計学のクリギング(Kriging)と呼ばれる手法によって、透水性の分布を既知のデータから推定した。そのシステムを次式(1)に示す。

$$\begin{cases} \sum_{\beta=1}^n v_{\beta}(u)C(u_{\beta}-u_{\alpha}) + \mu(u) = C(u-u_{\alpha}) \\ \sum_{\beta=1}^n v_{\beta} = 1 \end{cases} \quad (\alpha, \beta = 1, \dots, n) \quad (1)$$

ここで、 $v_{\beta}(u)$ は重み係数、 $C(u)$ は共分散関数、 $\mu(u)$ はラグランジュ乗数、 n は測定点数、 u は測定地点である。方程式の左辺は、各測定点間の共分散を記述しており、右辺は各測定点と推定対象の位置の間の共分散を記述している。

3. バリオグラム

通常型クリギングでは重み係数の総和が1という条件から、距離との相関を示すセミバリオグラム(非類似度) $\gamma(h)$ をシステムに組み込む。バリオグラムが有限の値 $\gamma(\infty)$ をもつ場合、セミバリオグラム関数と共分散関数は等価であり以下の関係式(2)を持つ。

$$C(h) = C(0) - \gamma(h) \quad \gamma(h) = \frac{1}{2} (z(x_{\alpha} + h) - z(x_{\alpha}))^2 \quad (2)$$

砂川ダムで取られた測定値から求めた物性のセミバリオグラムを図1～3に示す。

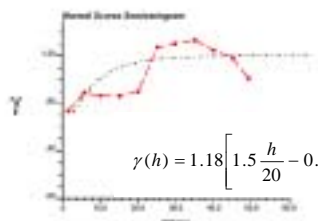


図1 透水係数のバリオグラム
Bariogram of permeability

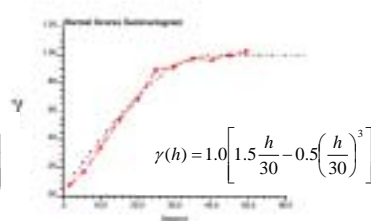


図2 基盤深度のバリオグラム
Bariogram of basement depth

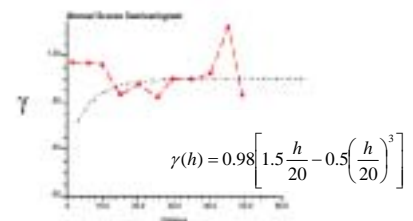


図3 有効間隙率のバリオグラム
Bariogram of effective porosity

求めたセミバリオグラムに基づいて透水係数をクリギング推定したものが、図4である。基盤深度と有効間隙率も同様の推定を行った。データは173個であったが、クリギングによって貯留域を1680個(48×35)の要素に補間した。止水壁は透水係数を 1.0×10^{-5} (cm/sec)と設定し、要素の等価透水係数を求めた。貯留域は東西約2 km、南北約3 kmである。貯留域の西側は、透水係数が低くなっている。これは流入粘土の影響であると考えられる。また中央部から東側にかけては、かなり高くなっている。これは地盤内の空洞の影響を受けたものであると考えられる。

4. 浸透流解析

クリギングによって透水性の分布を出し、有限要素メッシュ(約60×60m)の全要素を不均一とした。その情報を元に地下水の準三次元浸透流解析を行った。

上流、左右岸部は不透水とした。下流端の海岸部分は地下水位が標高0mに固定した。初期水位は一部の値しか知ることができなかったため、上流側の最大値を31mとし下流に向かうにつれ低くなるように設定した。涵養量は、平成6年3月1日からの100日間の降雨量の40%を全領域で一定とした。図5～7に図4に示す地点A,B,Cの水位変動の結果を示す。

5. まとめ

空洞の影響で有効間隙率が大きく推定されてしまったため、実際の値よりも水位変化がやや小さくなったが、各地点での水位変動傾向は類似している。特に上流側では、水位値は低いが変動割合は似ている。止水壁より南側は水位変化がない。精度は少し低いものの、地下ダムモデルは作成することができた。以上により、本研究で推定した物性分布は実際現象の再現性を有することが分かったので、今後さらに長い降雨データを用いて、境界条件及び初期条件のキャリブレーションを行う予定である。

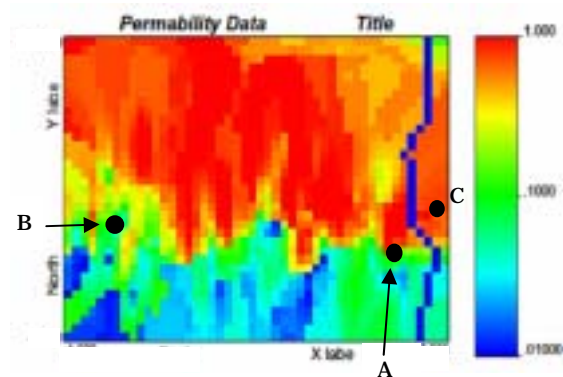


図4 貯留域の透水係数の分布

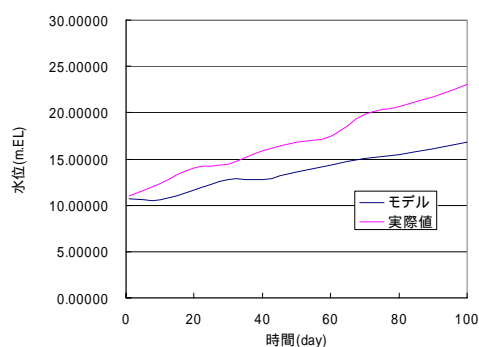


図5 下流の地点Aでの水位変動

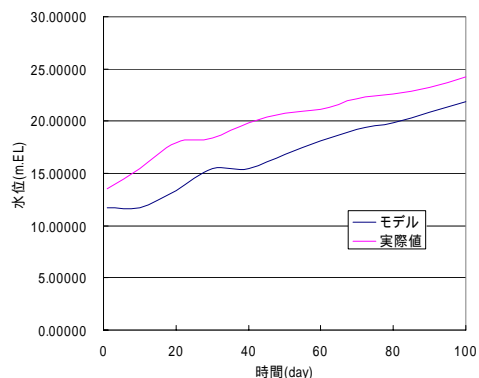


図6 上流の地点Bでの水位変動

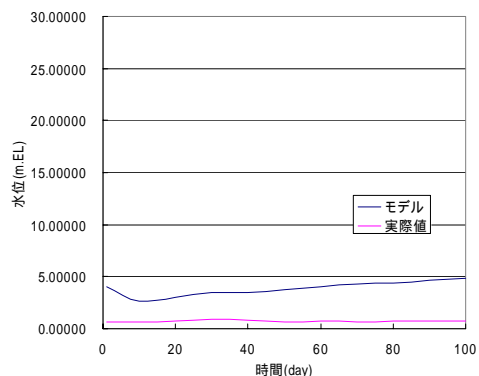


図7 止水壁の南側Cでの水位変動